

GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

PAKET KEAHLIAN TEKNIK AUDIO VIDEO
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)



- . Perencanaan Sistem Audio
- . Komunikasi Efektif, Empatik, dan Santun



DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2016

GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

PAKET KEAHLIAN TEKNIK AUDIO VIDEO
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)



PROFESIONAL :
Perencanaan Sistem Audio



DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2016

Penulis:

Drs.Hendro Hermanto,MT., 085234362212, email:
hendrohermanto53@gmail.com

Penelaah:

Rugianto, SPd., MT., 085253309714, email: rugianto@gmail.com



Copyright@2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif dan Elektronika, Direktorat Jendral Guru dan Tenaga Kependidikan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajarannya yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kumpetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTIK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk program Guru Pembelajar (GP) tatap muka dan GP online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Februari 2016
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 195908011985031002

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	x
PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang	1
B. Tujuan Pembelajaran	1
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup.....	2
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	2
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: AKUSTIK.....	5
A. Tujuan.....	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktifitas Pembelajaran	14
E. Latihan/Tugas	15
F. Rangkuman	19
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	19
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PSIKOAKUSTIK TELINGA MANUSIA.....	21
A. Tujuan.....	21
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	21
C. Uraian Materi	21
1. Anatomi dan fungsi telinga manusia.....	21
2. Ambang dengar dan batas sakit.....	22
3. Kuat Suara	22
5. Hubungan dari sumber-sumber bunyi	26
6. Pendengaran secara ruangan.....	27
D. Aktifitas Pembelajaran	28
E. Latihan/Tugas	29
F. Rangkuman	34

G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut	34
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: MIKROFON	35
A. Tujuan.....	35
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	35
C. Uraian Materi	35
1. Karakteristik mikrofon.....	35
2. Struktur dan prinsip kerja macam-macam tipe mikrofon.	38
3. Konektor dan sambungan mikrofon.....	48
D. Aktifitas Pembelajaran	50
E. Latihan/Tugas	51
F. Rangkuman	54
G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut	54
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4: RANGKAIAN PENGUAT DEPAN AUDIO (UNIVERSAL PRE-AMPLIFIER).....	55
A. Tujuan.....	55
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	55
C. Uraian Materi	55
1. Arsitektur rangkaian penguat depan universal audio (universal pre-amplifier).	55
Gambar 4.6. Rangkaian blok penguat universal.....	59
2. Merencana rangkaian penguat depan universal audio	59
3. Lebar Daerah Frekuensi	81
4. Pengukuran Kualitas Penguat Suara	82
5. Persyaratan Norma Hi-Fi.....	88
D. Aktifitas Pembelajaran	89
E. Latihan/Tugas	90
F. Rangkuman	103
G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut	103
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5: RANGKAIAN PENGATUR NADA (TONE CONTROL) PENGUAT AUDIO	105
A. Tujuan.....	105
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	105
C. Uraian Materi	105

1. Arsitektur rangkaian penguat pengatur.....	105
2. Pengatur kuat suara.....	106
3. Pengatur Nada.....	108
D. Aktifitas Pembelajaran	121
E. Latihan/Tugas	122
F. Rangkuman	127
G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut	127
KEGIATAN PEMBELAJARAN 6: RANGKAIAN PENCAMPUR (<i>MIXER</i>) AUDIO	129
A. Tujuan.....	129
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	129
C. Uraian Materi	129
1. Arsitektur Rangkaian Pencampur (<i>mixer</i>) Penguin Audio.....	129
2. Rangkaian Pencampur (<i>mixer</i>) Penguin Audio.....	130
D. Aktifitas Pembelajaran	135
E. Latihan/Tugas	136
F. Rangkuman	144
G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut	144
KEGIATAN PEMBELAJARAN 7: RANGKAIAN PENGUAT DAYA AUDIO ...	145
A. Tujuan.....	145
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	145
C. Uraian Materi	145
1. Dasar Penguin Akhir	145
2. Rangkaian Penguin Daya	150
3. Rangkaian tegangan bolak-balik	154
4. Pengukuran Kualitas Penguin Suara (pada Penguin Daya/Akhir)	157
D. Aktifitas Pembelajaran	159
E. Latihan/Tugas	160
F. Rangkuman	165
G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut	165
KEGIATAN PEMBELAJARAN 8: RANGKAIAN PROTEKSI LOUDSPEAKER, MUTINGLIMITER DAN INDIKATOR AUDIO.....	167
A. Tujuan.....	167

B.	Indikator Pencapaian Kompetensi.....	167
C.	Uraian Materi	167
1.	Rangkaian Proteksi Loudspeaker.....	167
2.	Rangkaian Indikator Sistem Audio	170
D.	Aktifitas Pembelajaran	174
E.	Latihan/Tugas	175
F.	Rangkuman	181
G.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	181
	PENUTUP	183
A.	Kesimpulan.....	183
B.	Tindak Lanjut	183
C.	Evaluasi	184
D.	Kunci Jawaban	185
	GLOSARIUM.....	193
	DAFTAR PUSTAKA.....	196

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gong sebagai salah satu sumber bunyi.....	5
Gambar 1.2.Terbangkitnya bunyi dengan penebalan dan penipisan partikel udara	6
Gambar 1.3. (a)Gelombang transversal dan(b) gelombang longitudinal	6
Gambar 1.4. Frekuensi tinggi dan rendah.....	7
Gambar 1.5. Daerah frekuensi bunyi	7
Gambar 1.6. Ilustrasi tekanan bunyi 1 μ bar.	8
Gambar 1.7. Alexander Graham Bell	8
Gambar 1.8. Penguatan macam-macam sumber bunyi	9
Gambar 1.9. Panjang gelombang	10
Gambar 1.10.Interferensi	11
Gambar 1.11. <i>Destructive interference.</i>	12
Gambar 1.12. Rambatan bunyi	12
Gambar 1.13.Hubungan bunyi lintasan langsung dan tak langsung.	13
Gambar 1.14. Waktu gema dalam keterpengaruhannya dengan volume ruang	13
Gambar 2.1. Susunan telinga.....	21
Gambar 2.2. Ketergantungan tekanan suara dan frekuensi	23
Gambar 2.3. Skematis “ Pengaturan kuat suara sesuai pendengaran”	24
Gambar 2.4. Penurunan perasaan mendengar untuk frekuensi tinggi dengan bertambahnya usia.....	24
Gambar 2.5. Perbandingan frekuensi 2: 1	25
Gambar 2.6. Harmonisa instrumen musik.....	25
Gambar 2.7. Suara keseluruhan pada	26
Gambar 2.8. Kenaikan kuat suara pada sumber bunyi yang sama kuat.	26
Gambar 2.9. intensitas bunyi dan.....	27
Gambar 2.10. Prinsip pemindahan stereo	27
Gambar 3.1. Hubungan konstruksi dan karakteristik arah	36
Gambar 3.2. Karakteristik arah yang banyak digunakan	37
Gambar 3.3. Konstruksi dasar.....	38
Gambar 3.4. Rangkaian	39
Gambar 3.5. Potongan mikrofon telepon (kiri) dan	39
Gambar 3.6. Simbol dan konstruksi mikrofon elektromagnetis.....	40
Gambar 3.7. Tanggapan frekuensi mikrofon elektromagnetis (kiri) dan Bentuk mikrofon elektromagnetis dari Sennheiser (kanan)	40
Gambar 3.8. Simbol mikrofon dinamik dan konstruksinya	41

Gambar 3.9. Tanggapan frekuensi sebuah mikrofon dinamik (kiri) dan kanan beberapa bentuk mikrofon dinamik, a) mikrofon kerah MD214 b) mikrofon studio MD421 c) mikrofon komando MD430 (dari Sennheiser)	41
Gambar 3.10. Kunstruksi	42
Gambar 3.11. Tanggapan frekuensi mikrofon pita (kiri) dan	43
Gambar 3.12. Kunstruksi mikrofon kristal (kiri) dan	43
Gambar 3.13. Konstruksi mikrofon kondenser (kiri) dan	44
Gambar 3.14. Rangkaian blok	46
Gambar 3.15. Sebuah contoh mikrofon kondenser jenis mikrofon arah untuk studio tipe MKH 406 P 48 dari Sennheiser	46
Gambar 3.16.Tanggapan frekuensi sebuah mikrofon kondenser.....	46
Gambar 3.17. Kunstruksi mikrofon elektret.....	47
Gambar 3.18. Contoh beberapa mikrofon elektret	47
Gambar 3.19. Kurva frekuensi mikrofon terarah.....	48
Gambar 3.20. Mikrofon dan kabelnya	49
Gambar 3.21. Proses peniadaan	49
Gambar 3.22. Kabel mikrofon dengan sistem simetris	49
Gambar 4.1. Rangkaian Blok PenguatSuaralengkap	55
Gambar 4.2. Susunan penguat depan.....	56
Gambar 4.3. Kunstruksi Pemungut Suara	57
Gambar 4.4. Alur sinyal pada	58
Gambar 4.5. Kurva standar RIAA dan penguatan penguat penyama	58
Gambar 4.6. Rangkaian blok penguat universal.....	59
Gambar 4.7. gambar skema lengkap.....	60
Gambar 4.8. Rangkaian arus searah	61
Gambar 4.9. Akibat titik kerja bergeser.....	62
Gambar 4.10. Rangkaian pengganti transistor tanpa R_E	63
Gambar 4.11. Rangkaian pengganti transistor dengan R_E	64
Gambar 4.12. pengaruh penetapan tegangan kolektor U_C terhadap tegangan sinyal yang dihasilkan	66
Gambar 4.13. Grafik tegangan basis-emitor (U_{BE}).....	67
Gambar 4.14. Penguatan (h_{FE}) fungsi arus kolektor (I_C).....	68
Gambar 4.15. Rangkaian 2 tahanan dalam arus searah dan bolak balik.....	69
Gambar 4.16 Rangkaian tahanan pada tegangan DC	69
Gambar 4.17 Rangkaian tahanan pada tegangan AC.....	69
Gambar 4.18. Arus AC dan DC pada rangkaian penguat transistor.....	70
Gambar 4.19. Pemilahan antara jaringan umpan balik negatif dan penguat	70

Gambar 4.20. Rangkaian blok penguat	71
Gambar 4.21. Penguat hanya dengan umpan balik negatif “dalam”	71
Gambar 4.22. Impedansi masukan (h_{ie}) fungsi arus kolektor (I_c)	73
Gambar 4.23. Penguat dengan	75
Gambar 4.24. Pembatasan	75
Gambar 4.25. Umpan Balik “luar”.....	76
Gambar 4.26. Penguat dengan	76
Gambar 4.27. Penguat dengan	77
Gambar 4.28. Penguat dengan	78
Gambar 4.29. Penguatan V_U terhadap frekuensi.....	81
Gambar 4.30. Lebar daerah frekuensi	81
Gambar 4.43. Frekuensi harmonisa.....	83
Gambar 4.44. Tata cara mengukur faktor cacat	83
Gambar 4.45. Cacat intermodulasi.....	84
Gambar 4.46. Tata cara pengukuran	84
Gambar 4.47. Tata cara mengukur	85
Gambar 4.48. Tata cara pengukuran S/N	86
Gambar 4.49. Pengukuran cakap silang	87
Gambar 4.50. Pengukuran cakap silang	87
Gambar 4.51. Tata cara mengukur	88
Gambar 5.1. Gambar diagram sebuah penguat suara	105
Gambar 5.2. Gambar simbol Potensiometer dan karakteristiknya	106
Gambar 5.3. Karakteristik pendengaran	106
Gambar 5.4. Pengatur kuat suara	107
Gambar 5.5. Rangkaian pengganti pengatur kuat suara dengan <i>loudness</i>	107
Gambar 5.6. Tanggapan frekuensi sebuah pengaturan kuat suara sesuai pendengaran	108
Gambar 5.7. Diagram blok	109
Gambar 5.8. Pengatur nada paling sederhana.	109
Gambar 5.9. Pengatur nada pasif	110
Gambar 5.10. Tanggapan frekuensi pengatur nada pasif	111
Gambar 5.11. Diagram blokpengatur nada pasif (kiri) dan aktif (kanan)	111
Gambar 5.12.Rangkaian lengkap penguat pengatur nada	112
Gambar 5.13.Rangkaian arus searah	113
Gambar 5.14. Rangkaian arus searah penguat depan universal	113
Gambar 5.15. Pemilahan rangkaian penguat pengatur nada.	114
Gambar 5.16.Penguat beban terbuka	115

Gambar 5.17. Penyederhanaan.....	116
Gambar 5.18. Penguat dengan umpan.....	116
Gambar 5.20. Pengatur nada pada jaringan.....	117
Gambar 5.21. Pengatur nada pada	117
Gambar 5.22. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada tinggi	118
Gambar 5.23. Tanggapan frekuensi pengatur nada	121
Gambar 7.1. Dua mikrofon dihubungkan secara langsung.....	129
Gambar 7.2. Diagram blok pencampur 5 kanal	130
Gambar 7.3. Skema rangkaian pencampur	131
Gambar 7.4. Rangkaian arus searah penguat pencampur.....	131
Gambar 7.5. Penguat beban terbuka.....	134
Gambar 7.6. Penguat pencampur untuk satu masukan	134
Gambar 7.7. Penguat pencampur dengan lima masukan	135
Gambar 7.1. Penguat akhir klas A	145
Gambar 7.2. Garis beban penguat kelas A.....	146
Gambar 7.3. Rangkaian dasar	147
Gambar 7.4. Kerja penguat push pull tanpa tegangan bias pada TR ₁ - TR ₂	148
Gambar 7.5.Kerja penguat push pull dengan tegangan bias pada TR ₁ - TR ₂	148
Gambar 7.6. Penguat akhir komplementer quasi	149
Gambar 7.7. Rangkaian penguat daya	150
Gambar 7.8. Rangkaian DC penguat daya.....	150
Gambar 7.9. Tegangan titik tengah	152
Gambar 7.10. Komponen umpan balik	154
Gambar 7.11. Rangkaian penguat daya memperlihatkan komponen umpan balik.....	155
Gambar 7.12. Cara kerja Bootstrap	156
Gambar 7.13. Lebar band daya	158
Gambar 7.14. Tata cara pengukuran	159
Gambar 8.1. Diagram blok pengaman loudspeaker.....	167
Gambar 8.2. Rangkaian tunda	168
Gambar 8.3. detektor tegangan DC	168
Gambar 8.4.Rangkaian lengkap pengaman loudspeaker	169
Gambar 8.5. VU meter analog	170
Gambar 8.6. Blok diagram	171
Gambar 8.7. Blok diagram VU meter LED	171
Gambar 8.8. Rangkaian lengkap VU meter	172
Gambar 8.9. Rangkaian lengkap VU meter dengan penampil LED	173

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kecepatan penyebaran bunyi	9
Tabel 1.2. Penyebaran Bunyi dalam Udara	10
Tabel 1.3: Panjang gelombang	11
Tabel 5.1.Penghitungan impedansi $ Z_2 $	79
Tabel 5.2. Perhitungan penguatan V_U min	79
Tabel 5.3. Perhitungan penguatan V_U maks	80
Tabel 5.4. Penguatan dalam dB.....	80
Tabel 5.6. Persyaratan Hi-Fi	88
Tabel 5.1. Daftar komponen.....	112
Tabel 6.2. Perhitungan Penguatan frekuensi rendah	119
Tabel 6.3. Perhitungan Penguatan frekuensi tinggi	120

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Perekayasaan Sistem Audio merupakan salah satu mata diklat tingkat tinggi yang dibutuhkan dalam Teknik Elektronika Audio-Video sekaligus menjadi dasar dari pekerjaan merencanakan, menerapkan dan pemasangan berbagai sistem audio.

Untuk itu kegiatan pembelajaran ini peserta diharapkan dapat melakukan dan menguasai materi dengan benar karena akan menunjang proses diklat berikutnya. Perekayasaan Sistem Audio merupakan salah satu bentuk alat bantu ajar yang dapat digunakan di bengkel pada saat guru melakukan praktik teknik audio.

Dengan modul ini diharapkan guru dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses belajar mengajar yang berorientasi pada proses pembelajaran tuntas. Dengan modul ini diharapkan proses diklat akan menjadi program dan terencana untuk meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan pada guru peserta diklat.

B. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran ini peserta diharapkan dapat:

1. Memahami terjadi bunyi dengan berbagai macam satuan dan besarnya
2. Memahami psikoakustik telinga manusia.
3. Memahami sifat bermacam jenis mikrofon.
4. Merencana dan mengukur rangkaian penguat depan.
5. Merencana dan mengukur rangkaian pengatur nada.
6. Merencana dan mengukur rangkaian pencampur audio
7. Merencana dan mengukur rangkaian penguat daya audio.
8. Merencana dan mengukur rangkaian proteksi, muting dan indikator audio.

C. Peta Kompetensi

GRADE (LEVEL)	PAKET	TEKNIK ELEKTRONIKA AUDIO VIDEO (055)	TEKNIK ELEKTRONIKA KOMUNIKASI (057)	TEKNIK ELEKTRONIKA INDUSTRI (056)	TEKNIK MEKATRONIKA (058)	TEKNIK OTOTRONIK (059)
DASAR	LANJUT	TINGGI	PEREKAYASAAN SISTEM PENERIMA PENERIMA	PEREKAYASAAN SISTEM KOMUNIKASI PENERIMA	PEREKAYASAAN SISTEM PEMACAR & PENERIMA	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA INDUSTRI
G1-G5	G6-G7	G10	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA AUDIO	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA VIDEO	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA KOMUNIKASI	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA INDUSTRI
C1	C2	G8-G9	PERENCANAAN SISTEM PENERIMA RADIO & TELEVISI PERENCANAAN AUDIO VIDEO	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA INDUSTRI	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA INDUSTRI
		C3	PERENCANAAN SISTEM ANTENA PENERAPAN RANGKAIAN ELEKTRONIKA	PROSES KONTROL OTOMASI INDUSTRI	TEKNOLOGI MEKANIK, MEKANIKA DAN ELEMEN MESIN	CAN & SISTEM KOMUNIKASI JARINGAN KENDARAAN PENUMPANG SISTEM KONTROL PENGERAK MEKANIS DIGITAL
			TEKNIK KERJA BENGKEL	TEKNIK LISTRIK	TEKNIK ELEKTRONIKA DASAR	TEKNIK MIKROPROSESOR
			MATEMATIKA TEKNIK	KIMIA TEKNIK	FISIKA TEKNIK	TEKNIK PEMPROGRAMAN
						GAMBAR TEKNIK

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang dipelajari pada modul ini adalah :

1. Akustik
2. Psikoakustik telinga manusia.
3. Sifat bermacam jenis mikrofon.
4. Rangkaian penguat depan.
5. Rangkaian pengatur nada.
6. Rangkaian pencampur audio
7. Rangkaian penguat daya audio.
8. Rangkaian proteksi, *muting* dan indikator audio.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Untuk memperoleh hasil belajar secara maksimal, dalam menggunakan modul ini maka langkah-langkah yang perlu dilaksanakan antara lain:

1. Bacalah dan pahami dengan seksama uraian-uraian materi yang ada pada masing-masing kegiatan belajar. Bila ada materi yang kurang jelas, peserta diklat dapat bertanya pada instruktur pengampu kegiatan belajar.

2. Kerjakan setiap tugas formatif (soal latihan) untuk mengetahui seberapa besar pemahaman yang telah dimiliki terhadap materi-materi yang dibahas dalam setiap kegiatan belajar.
3. Untuk kegiatan belajar yang terdiri dari teori dan praktik, perhatikanlah hal-hal berikut:
 - a. Perhatikan petunjuk-petunjuk keselamatan kerja yang berlaku.
 - b. Pahami setiap langkah kerja (prosedur praktikum) dengan baik.
 - c. Sebelum melaksanakan praktikum, identifikasi (tentukan) peralatan dan bahan yang diperlukan dengan cermat.
 - d. Gunakan alat sesuai prosedur pemakaian yang benar.
 - e. Untuk melakukan kegiatan praktikum yang belum jelas, harus berdiskusi instruktur terlebih dahulu.
 - f. Setelah selesai, kembalikan alat dan bahan ke tempat semula.
 - g. Jika belum menguasai level materi yang diharapkan, ulangi lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada instruktur pengampu kegiatan pembelajaran bersangkutan.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: AKUSTIK

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Menerangkan gelombangbunyi dan sistem akustik ruang,
2. Mengukur gelombang bunyidan dimensi sistem akustik ruang.

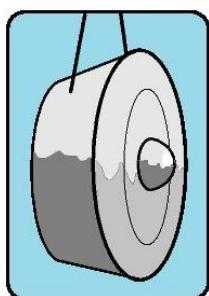
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menerapkan besaran dan satuan dalam gelombang bunyi.
2. Melakukan pengukuran besaran gelombang bunyi dan dimensi sistem akustik ruang

C. Uraian Materi

1. Terbangkitnya Bunyi

Akustik adalah ilmu bunyi, yang dimaksud bunyi adalah getaran mekanik suatu material. Menurut kamus besar bahasa Indonesia, bunyi adalah sesuatu yang terdengar (didengar) atau ditangkap oleh telinga. Sedangkan suara adalah bunyi

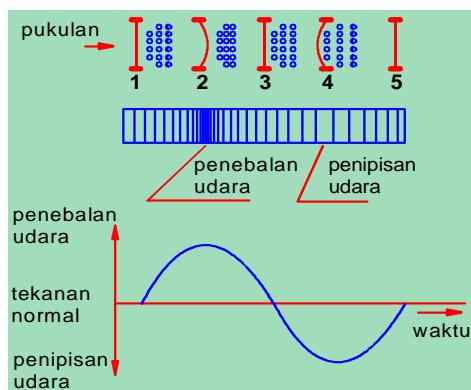


Gambar 1.1 Gong sebagai salah satu sumber bunyi

yang dikeluarkan dari mulut manusia (seperti pada waktu bercakap-cakap, menyanyi, tertawa dan menangis). Material dapat berupa udara (bunyi udara), air (bunyi air) atau benda pejal (bunyi benda pejal). Bunyi melalui media udara disampaikan ke telinga. Gambar 1.1. merupakan sebuah instrumen musik gamelan, sebagai salah satu sumber bunyi. Gong yang terbuat dari plat logam, jika dipukul membangkitkan bunyi.

Gambar 1.2 menunjukkan bagaimana sumber bunyi membangkitkan bunyi dan oleh udara dirambatkan. Sebuah plat yang dapat melenting dipasangkan pada satu titik dan selanjutnya didorong dengan sebuah pukulan agar bergetar. Maka plat menjadi pembangkit bunyi dan menekan udara didepannya bersama, sehingga terjaditekanan lebih (titik 2 pada Gambar 1.2). Pada getar balik dari plat (titik 4 pada Gambar 1.2), plat akan merenggangkan partikel udara, sehingga terbangkitlah tekanan kurang. Sumber bunyi segera akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya dengan tekanan lebih dan tekanan

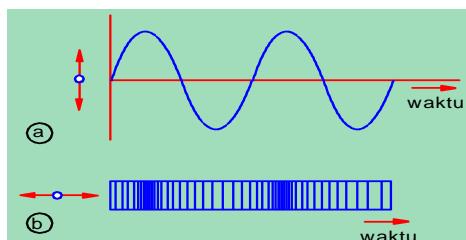
kurang untuk bergetar. Partikel udara akan saling pukul dengan partikel didekatnya, sehingga getaran sebagai sumber bunyi merambat pada media udara.



Gambar 1.2.Terbangkitnya bunyi dengan penebalan dan penipisan partikel udara

Hal ini dapat dilihat, bahwa partikel udara melalui penyimpangan penebalan dan penipisan secara periodis dari posisi diam menyebabkan fluktuasi tekanan periodik. Jika kita ambil satu penebalan dan satu penipisan partikel udara yang berdekatan, maka diperoleh satu gelombang penuh, yang disebut gelombang bunyi. Karena partikel

udara dari getaran sumber bunyi merambat kearah yang sama, (bergetarsepanjang arah rambat), maka disebut sebagai gelombang panjang atau gelombang longitudinal. Jika partikel udara bergetar tegak lurus dengan arah rambat, maka disebut sebagai gelombang transversal (Gambar 1.3). Setiap



Gambar 1.3. (a)Gelombang transversal dan(b) gelombang longitudinal

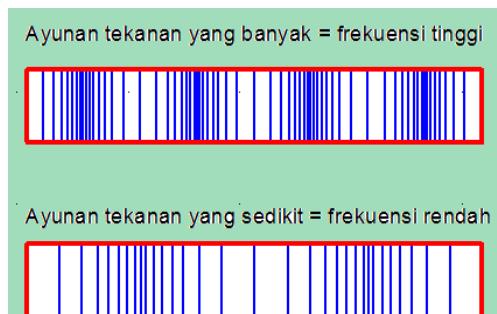
getaran ditandai dengan dua besaran, yaitu frekuensi dan amplitudo. Hal ini juga berlaku untuk gelombang bunyi. Maka dalam gelombang bunyi juga dibicarakan frekuensi. Amplitudo disini menentukan besarnya tekanan bunyi.

Besaran gelombang bunyi, atau parameter bunyi

- a) Frekuensi
- b) Amplitudo → Tekanan Bunyi

2. Frekuensi bunyi

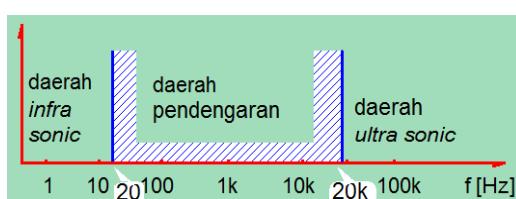
Frekuensi bunyi menyatakan, berapa banyak penebalan dan penipisan partikel udara dalam satu detik berurutan satu sama lain (Gambar 1.4). Banyak ayunan tekanan tiap satuan waktu disebut frekuensi dan akan diamati sebagai nada.



Gambar 1.4. Frekuensi tinggi dan rendah

Frekuensi akan menentukan tinggi nada yang didengar telinga. Telinga manusia dapat mengenal getaran bunyi antara kira-kira 20 Hz dan 20 kHz sebagai nada. Semua yang terletak dalam daerah ini disebut sebagai frekuensi nada dan

bunyi dalam daerah frekuensi bunyi yang dapat terdengar. Daerah frekuensi pada daerah ini disebut sebagai daerah pendengaran.



Gambar 1.5. Daerah frekuensi bunyi

Getaran di bawah frekuensi 20 Hz disebut sebagai bunyi infra atau *infra sonic*. Bunyi infra tidak lagi dapat dirasakan sebagai nada, melainkan sebagai pukulan atau

goyangan. Untuk getaran mekanik di atas 20 kHz disebut sebagai bunyi ultra atau *ultra sonic*. Bunyi ini hanya bisa didengar oleh beberapa macam binatang, misalnya anjing, tikus dan lain-lain. Dalam teknik yang disebut bunyi ultra sampai dengan 10MHz, ini tidak dapat didengar oleh telinga manusia tapi untuk keperluan tertentu misalnya untuk menguji material atau dalam bidang kedokteran dan lainnya.

Simbol besaran frekuensi f dan dengan satuan Hertz (Hz)

$$f = \frac{1}{T}$$

T (Time) = waktu untuk 1 periode dengan satuan s
(second/detik)

3. Tekanan bunyi

Gelombang bunyi merambat dalam suatu medium melalui penebalan dan penipisan yang periodis. Penebalan suatu materi berarti sama dengan penaikan tekanan, penipisan berarti sama dengan pengurangan tekanan dibanding dengan tekanan normal dalam keadaan diam. Pada penyebaran bunyi, seperti dalam udara, tekanan normal udara diubah secara periodis dalam irama

gelombang bunyi. Yaitu tekanan saat diam dari udara ditumpangi tekanan yang berubah. Tekanan berganti bunyi ini disebut sebagai tekanan bunyi p.

Tekanan bunyi kecil = kuat bunyi rendah

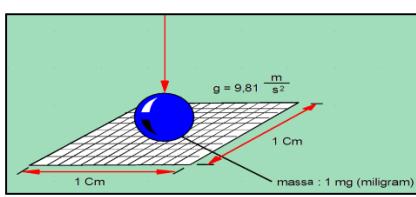
Tekanan bunyi besar = kuat bunyi tinggi

Dalam fisika didefinisikan: tekanan menunjukkan, berapa besar tenaga yang berpengaruh secara tegak lurus diatas sebuah luasan.

Atau dalam rumusan:

$$\text{tekanan} = \frac{\text{tenaga}}{\text{luasan}}$$

$$p = \frac{F}{A}$$



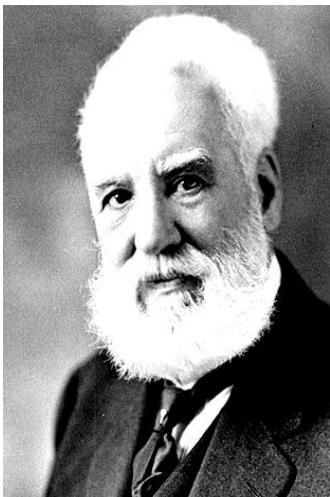
Satuan tekanan disebut pascal (Pa)

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{N} = \text{Newton}$$

Besaran yang digunakan dalam akustik

$$1 \mu\text{bar} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \mu \text{ (mikro)} = 10^{-6}$$

Gambar 1.6. Ilustrasi tekanan bunyi 1μbar.



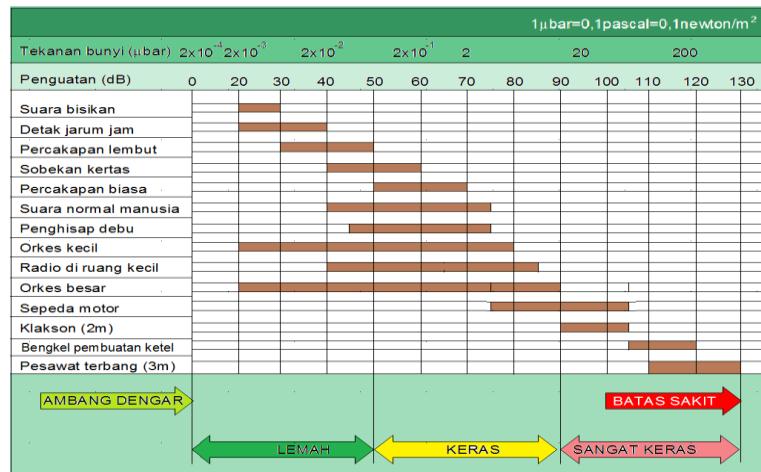
Gambar 1.7. Alexander Graham Bell
www.telcomhistory.org/vm/Images/AGB1918.jpg

Daerah tekanan bunyi yang dapat didengarkan sangat lebar. Dalam praktiknya perbandingan tekanan bunyi dalam ukuran logaritmik. Hal ini memiliki kelebihan, mudah dalam menghitung, seperti dalam perkalian akan berubah menjadi penjumlahan dan pembagian menjadi pengurangan. Ukuran logaritmik sebuah perbandingan dalam satuan Bell. Bell ini diambil dari nama ilmuwan Amerika bernama Alexander Graham Bell (1847-1922). Karena ukurannya yang kecil dan menghindarkan banyak koma maka digunakan satuan desibel (dB), atau sepersepuluh satuan dasar. Dalam akustik berawal dari ambang dengar, dimana telinga mulai mendengar dengan $p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$, ini yang dimaksud dengan level bunyi absolut.

Sebuah pabrik yang memiliki tekanan bunyi sebesar $2\mu\text{bar}$ maka kalau diukur dengan Sound Level Meter akan menunjukkan sebagai berikut :

$$p = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0} = 20 \cdot \log \frac{2\mu\text{bar}}{2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}} = 80\text{dB}$$

Tekanan bunyip= $2\mu\text{bar}$;
Referensi tekanan bunyi (ambang dengar) $P_0=2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$



Gambar 1.8. Penguatan macam-macam sumber bunyi

Gambar 1.8. memperlihatkan penguatan macam-macam sumber bunyi dari ambang dengar sampai batas sakit.

4. Penyebaran bunyi

Bunyi dapat menyebar dalam bahan padat, cairan dan bahan gas. Kecepatan penyebaran bergantung dari ketebalan medium, seperti diperlihatkan oleh tabel 1.1.

Tabel 1.1. Kecepatan penyebaran bunyi

Bahan	Kecepatan c dalam m/s
Gelas	5500
Besi	5000
Tembok	3500
Kayu	2500
Air	1480
Gabus	500
Udara (20°)	344
Karet (lunak)	70

Semakin tebal dan semakin elastis mediumnya, akan semakin lambat molekul dapat menyebarkan bunyi. Dan dalam ruang hampa udara, juga bunyi tidak dapat merambat.

Penyebaran bunyi dalam udara bergantung pada temperatur udara.

$$c = 331,4 \frac{m}{s} + 0,6 \frac{m}{s^{\circ}C} \cdot T$$

c = Kecepatan penyebaran (meter/detik)

T = Temperatur udara ($^{\circ}$ C)

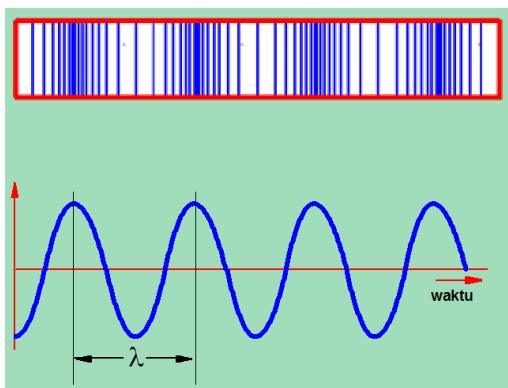
Dalam akustik pada utamanya pada penyebaran bunyi dalam udara. Penyebarannya sangat tergantung pada temperatur seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2 berikut ini.

Tabel 1.2. Penyebaran Bunyi dalam Udara

Temperatur	Kecepatan c dalam m/s
-30 $^{\circ}$ C	302,9
0 $^{\circ}$ C	331,8
10 $^{\circ}$ C	338
20 $^{\circ}$ C	344
30 $^{\circ}$ C	349,6
100 $^{\circ}$ C	390

Selain dipengaruhi oleh temperatur, kecepatan rambat bunyi juga dipengaruhi oleh tekanan udara dan kandungan karbondioksida.

5. Panjang gelombang



Jika sebuah getaran menyebar dalam sebuah media sebagai gelombang pada posisi tertentu, dalam jarak yang sama pada keadaan getaran bersangkutan misalnya: Jarak antara ketebalan terbesar dari molekul udara. Jarak ini disebut panjang gelombang (lihat Gambar 1.9).

Gambar 1.9. Panjang gelombang

Antara kecepatan penyebaran bunyi c , panjang gelombang λ dan frekuensi sebuah bunyi terdapat hubungan seperti berikut:

$$c = \frac{f}{\lambda}$$

c = kecepatan bunyi dalam m/s
 λ = panjang gelombang dalam m
f = frekuensi dalam Hz

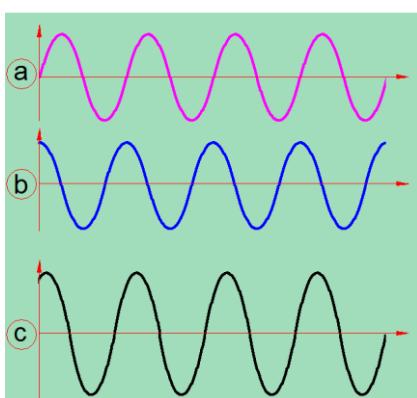
Pada tabel 1.3 diperlihatkan panjang gelombang pada frekuensi yang berbeda dalam frekuensi pendengaran. Perbedaan panjang gelombang pada daerah pendengaran antara 21,5m sampai 1,72cm. Data ini sangat penting misalnya untuk membuat kotak loudspeaker.

Tabel 1.3: Panjang gelombang	
Frekuensi f dalam Hz	Panjang gelombang λ dalam m
16	21,5
100	3,4
800	0,43
1.000	0,34
5.000	0,069
10.000	0,034
20.0000	0,0172

6. Interferensi dan Resonansi

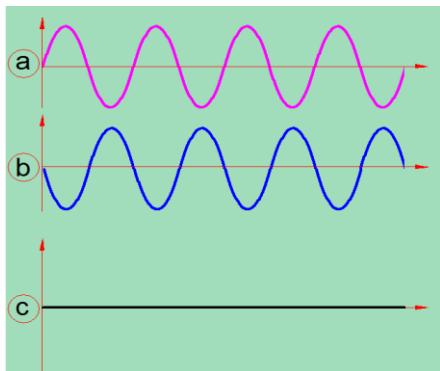
a. Interferensi.

Dalam Gambar 1.10 diperlihatkan dua buah gelombang bunyi dengan frekuensi yang sama dan amplitudo yang sama pula. Gelombang kedua (b) berbeda fasa 45° . Kedua gelombang bunyi akan dijumlahkan sehingga terbentuklah gelombang baru seperti pada gambar (c).



Gelombang baru tersebut memiliki amplitudo yang berbeda, karena suatu saat keduanya saling menjumlahkan terkadang mengurangkan. Pada kasus keduanya saling menjumlahkan disebut dengan *constructive interference*.

Gambar 1.10. Interferensi



Kejadian lain jika kedua gelombang bunyi tersebut berbeda fasa sebesar 180° , seperti diperlihatkan pada Gambar 1.11 berikut ini. Kedua gelombang bunyi akan saling meniadakan, kejadian ini disebut sebagai *destructive interference*.

Gambar 1.11. *Destructive interference*.

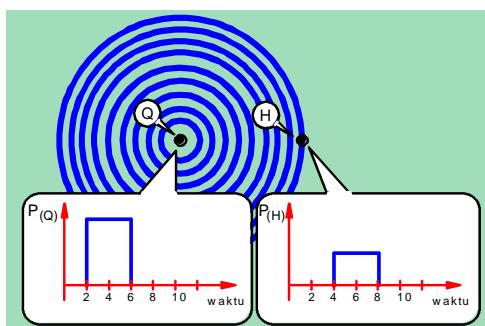
b. Resonansi

Dari segi bahasa, resonansi berarti, peristiwa turut bergetarnya suatu benda karena pengaruh getaran lainnya. Disatu sisi, banyak peralatan musik menggunakan efek resosnansi, salah satunya alat musik gitar. Dalam reproduksi suara, resonansi memiliki efek yang tidak bagus.

Kebanyakan ruang memiliki resonansi dasar antara 20 Hz hingga 200Hz, hal ini terkait dengan ukuran ruang atau pembagian ruang. Resonansi ini mempengaruhi respon frekuensi pada daerah rendah dan menengah. Sehingga reproduksi suara dalam ruangan ini menjadi tidak akurat.

7. Akustik Ruangan

Dalam akustik ruangan merangkum semua problem penyebaran bunyi dalam ruangan yang tertutup. Didalam ruang bebas yang absolut, bunyi menyebar dari sumber bunyi berbentuk bola. Gambar 1.12 memperjelas hubungan ini. Sumber bunyi membangkitkan pulsa bunyi. (Misal, lamanya 4 detik),

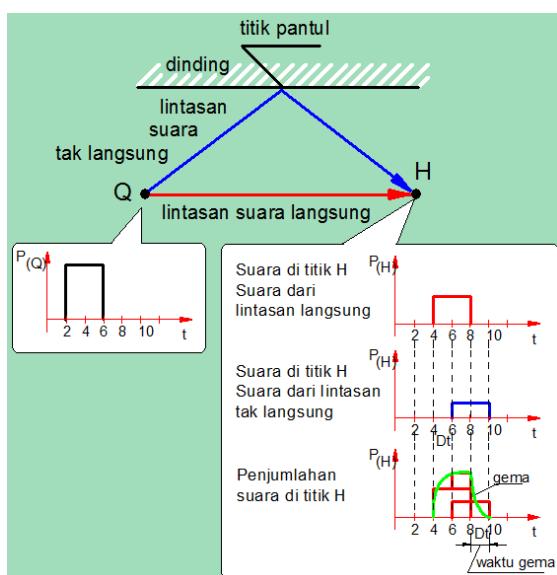


Gambar 1.12. Rambatan bunyi dalam ruang bebas

bunyi mencapai titik dengar H setelah beberapa saat. Selain terlambat juga amplitudonya kecil. Intensitas bunyi menurun dibanding dengan kuadrat jaraknya. Sedang bentuk pulsanya sama dengan pulsa sumbernya.

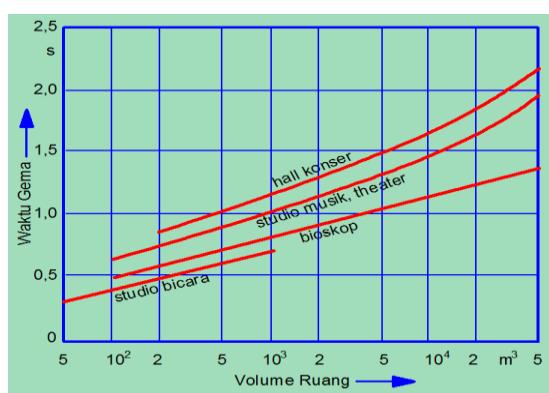
Pada Gambar 1.13 diperlihatkan, jika misalnya ada sebuah didinding pantul, maka pada titik penerima (titik H) akan terdapat penjumlahan antara bunyi langsung dengan bunyi dari lintasan tak langsung. Pada detik ke 6 dan ke 8 terdapat penguatan bunyi. Hal ini memiliki efek baik, karena ada penaikan level bunyi, tetapi juga menimbulkan keburukan,yaitu adanya gema (detik ke 8-10). Hal ini baik jika hanya beberapa derajat tertentu.

Untuk pidato dan musik cepat, gema yang panjang dapat mengaburkan informasi. Untuk reproduksi pidato dalam ruangan dengan volume menengah



Gambar 1.13. Hubungan bunyi lintasan langsung dan tak langsung.

dan untuk kejelasan informasi yang baik, maka waktu gema sekitar 0,8 detik. Musik yang direproduksi dalam ruangan yang sangat sedikit waktu gema, bunyinya akan “mati”. Gema akan memperbaiki kualitas musik dengan waktu gema antara 1,5 sampai 2,5 detik. Pada Gambar 1.14 diperlihatkan waktu gema untuk bermacam-macam ruangan.



Gambar 1.14. Waktu gema dalam keterpengaruhannya dengan volume ruang

Dalam ruangan yang memiliki dinding paralel akan timbul pula gema yang bergetar (*Flutter Echo*). Pada ruangan yang demikian, bunyi akan berpantul bolak-balik. Untuk menghilangkan efek gema dalam ruangan, maka digunakan bahan dinding yang

dapat menyerap bunyi. Hanya sayangnya tidak ada bahan yang dapat menyerap bunyi untuk keseluruhan daerah frekuensi. Maka digunakan beberapa bahan yang kemudian dikombinasi. Terdapat dua grup bahan penyerap bunyi.

Pertama, bahan berpori-pori, bahan ini seperti karpet, pelapis furnitur,tirai, *glass woll* dan sebagainya. Pada bahan ini bunyi akan menerobos masuk dalam pori-pori, semakin tinggi frekuensi semakin baik.

Kedua, bahan berosilasi, penggunaan kayu lapis, *hardboard* dan panel kayu, dinding furnitur dan lainnya. Melalui beberapa permukaan datar dan licin bunyi berfrekuensi tinggi akan dipantulkan.Pada frekuensi rendah bahan ini dirangsang untuk bergetar.

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan

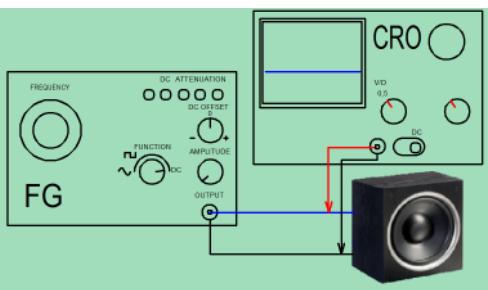
1. memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Percobaan 1. Terbangkitnya Bunyi

Alat : Generator fungsi (FG) $Z_o=50\Omega$
CRO
Loudspeaker 5" dengan ring karet

Gambar Percobaan



Tindakan 1:

1. Pada FG → Function, set pada DC atau kalau tidak ada, tetap pada SINUS dengan amplitudo minimum dan attenuator maksimum.
2. Atur knop DC-offset pada 0, masukkan saklar DC-offset
3. Atur CRO, masukan pada DC, V/div=0,1V
4. Atur knop DC-offset pada 0, naikkan perlahan-lahan kearah +, hingga pada CRO tertampil tegangan 0,5V
5. Perhatikan membran loudspeaker
 1. Apakah membran maju atau mundur, saat pengaturan knop DC-offset dari 0 ke 0,5V?
 2. Setelah proses (1), apakah membran bergerak?
 3. Apakah ada bunyi dari membran?

Tindakan 2

1. Pada FG → Amplitudo output set pada 30% Function, pada SINUS. Frekuensi paling rendah (0Hz). V/D dan T/D pada CRO menyesuaikan
2. Atur frekuensi perlahan dari 0Hz ke 100Hz
2. Perhatikan membran, catat kejadiananya!

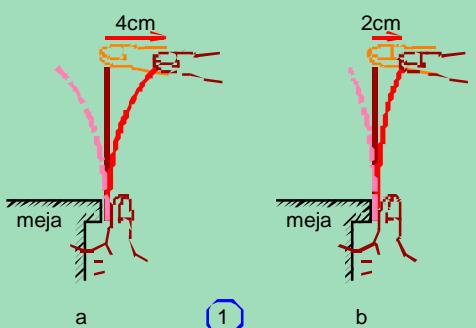
Kesimpulan :

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

2. Percobaan 2. Frekuensi Bunyi

Alat : Batang penggaris mika 30cm

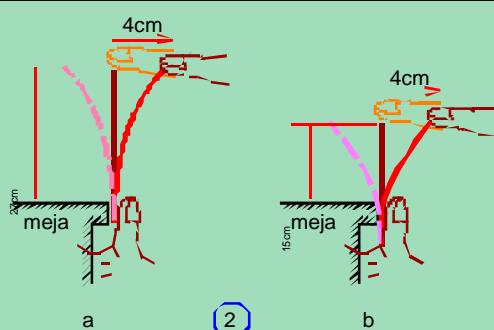
Gambar Percobaan 1



Tindakan 1:

1. Jepit penggaris dengan ibu jari tangan kiri di bibir meja, tarik ujung atas dengan jari sejauh 4cm
2. Lakukan hal yang sama dengan angka 1, tetapi ujung atas ditarik sejauh 2cm.

Gambar Percobaan 2



Tindakan 2:

1. Lakukan percobaan seperti 1a, lanjutkan dengan percobaan berikut:
2. Panjang penggaris diturunkan menjadi 15cm saja di atas meja, tarik ujung penggaris sejauh 4cm

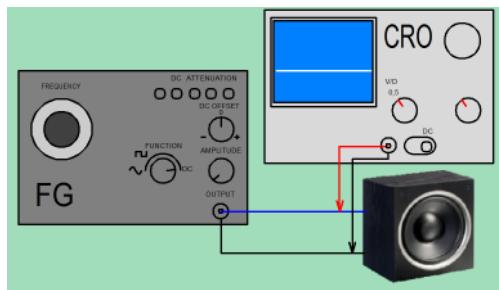
Kesimpulan :

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

3. Percobaan 3. Daerah Frekuensi Bunyi

Alat : Generator fungsi (FG) $Z_o=50\Omega$
CRO
Loudspeaker 5" dengan ring karet

Gambar Percobaan



Tindakan 1:

1. Atur generator fungsi dengan bentuk gelombang sinus, amplitudo 5Vpp, frekuensi 1kHz.
2. Ubah frekuensi menjadi 100Hz

Tindakan 2:

Dengan frekuensi 100Hz ubah amplitudo kecil dan besar, perhatikan gerakan membran.

Tindakan 3:

Atur frekuensi dari paling rendah naik terus sampai frekuensi sedikit di atas 20 kHz. Catat mulai dari frekuensi berapa dapat mendengar bunyi, dan sampai frekuensi berapa mulai tidak mendengar

Kesimpulan :

Tindakan 1

.....

Tindakan 2

.....

Tindakan 3

.....

4. Pertanyaan

- a. Bagaimana proses terjadinya bunyi?
- b. Tuliskan dua besaran bunyi!
- c. Dapatkah bunyi tersebar dalam ruang hampa?
- d. Tuliskan rumus untuk menghitung frekuensi sebuah bunyi!
- e. Dari frekuensi berapa sampai berapa, bunyi dapat didengar?
- f. Berapa bar tekanan bunyi 0dB?
- g. Berapa tekanan bunyi maksimum yang masih dapat didengar telinga manusia?
- h. Lebih cepat manakah, bunyi yang merambat di gelas dan di air?
- i. Berapa kecepatan rambat bunyi pada temperatur 20°C ?
- j. Anda melihat sebuah kilat dikejauhan, setelah kilatan petir berjalan 3 detik sampai suara guruh itu terdengar. Berapa jarak terjadinya petir dengan tempat anda?

F. Rangkuman

Akustik adalah ilmu bunyi, yang dimaksud bunyi adalah getaran mekanik suatu material. Materi dapat seperti udara (bunyi udara), air (bunyi air) atau benda pejal (bunyi benda pejal). Gelombang bunyi memiliki dua besaran, yaitu frekuensi dan amplitudo. Frekuensi bunyi yang dapat didengar manusia 20 Hz hingga 20 kHz.

Frekuensi bunyi adalah berapa banyak penebalan dan penipisan partikel udara dalam satu detik berurutan satu sama lain. Banyak ayunan tekanan tiap satuan waktu disebut frekuensi dan akan diamati sebagai nada. Tekanan bunyi p merupakan tekanan berganti yang menumpang pada tekanan udara. Dan penyebaran bunyi melalui penebalan dan penipisan partikel udara, tekanan normal udara diubah secara periodis dalam irama gelombang bunyi

Jika ada beberapa sumber bunyi dalam satu daerah, satu sama lain akan terjadi interferensi. Kejadian ini bisa saling menjumlahkan (*constructive interference*) atau kedua gelombang bunyi akan saling meniadakan (*destructive interference*). Resonansi merupakan ikut bergetarnya suatu benda karena adanya getaran lain.

Lintasan bunyi sampai ke penerima dapat menjalar melalui banyak lintasan, hal ini akan membangkitkan gema. Gema bisa menjadi hal yang positif, membuat bunyi menjadi hidup. Jika waktu gema terlalu panjang, bisa merusak kejelasan informasi.

G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesian guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PSIKOAKUSTIK TELINGA MANUSIA

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Mengemukakan sifat psikoakustik anatomi telinga manusia
2. Mendimensikan ambang batas daerah dengar telinga manusia

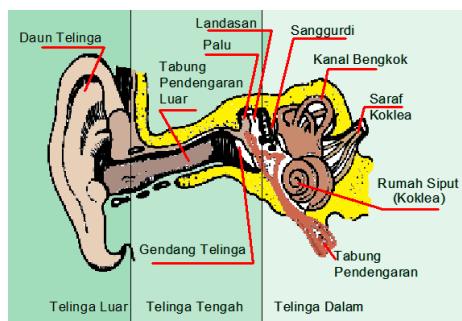
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menerapkan sifat psikoakustik telinga manusia
2. Menampilkan nilai-nilai batas dan daerah dengar telinga manusia

C. Uraian Materi

1. Anatomi dan fungsi telinga manusia

Manusia mendengar bunyi dengan telinganya. Dalam telinga getaran bunyi diubah menjadi perasaan terhadap bunyi. Hal ini membangkitkan kesan bunyi subyektif dalam otak.



Gambar 2.1. Susunan telinga

Secara anatomi, telinga manusia terdiri dari 3 bagian, telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam. Telinga luar berfungsi untuk menangkap bunyi, yang kemudian dilalukan ke telinga tengah dan terakhir ke telinga dalam. Telinga dalam merupakan organ pendengaran yang sesungguhnya.

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1 telinga luar yang terdiri dari daun telinga, karena bentuknya seperti itu, sangat baik untuk dapat mengetahui arah dari mana bunyi datang. Pada telinga tengah yang berupa tabung, karena dimensinya, menyebabkan penerimaan yang baik pada frekuensi 3.000Hz. Pada telinga tengah ini mengubah tekanan udara menjadi gerakan mekanis. "Mekanik" terdiri dari "Palu", landasan, sanggurdi dengan hubungan yang elastis. Bagian mekanis ini mengakibatkan ketidak linieran perasaan bunyi yang didengar. Maksudnya : frekuensi tertentu dilalukan lebih baik dari yang lain. Pada tekanan

bunyi yang besar timbul cacat. Telinga dalam yang dimulai gendang telinga. Getaran mekanis diubah menjadi pulsa listrik, yang mana oleh urat syaraf dialirkan ke otak. Pulsa listrik ini mengakibatkan kesan subjektif kuat suara dari bunyi. Dengan melalui sekitar 24.000 saraf yang satu sama lain terisolasi, menghubungkan pulsa listrik yang didapat ke otak. Maka telinga manusia dapat membedakan sekitar 3.000 tingkatan nada, jika dibandingkan dengan piano hanya memiliki 84 nada dan organ memiliki 108 nada.

2. Ambang dengar dan batas sakit

Telinga manusia mempunyai kepekaan yang luar biasa, selain mampu membedakan nada juga dapat membedakan kuat suara. Serta memiliki kemampuan menangkap frekuensi dari 20 Hz hingga 20.000Hz.Telinga mempunyai kepekaan terbesardalam jangkauan frekuensi dari 1.000Hz sampai 4.000Hz, hal ini ditentukan oleh susunannya/konstruksi telinga.

Telinga mulai dapat mendengarkan bunyi dengan tekanan bunyi sebesar $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$ pada frekuensi 1.000Hz. Saat telinga mulai mendengar disebut sebagai ambang dengar. Tekanan bunyi maksimum telinga dapat mendengar (batas sakit) pada tekanan bunyi sebesar 200 μbar .Dengan demikian telinga mengamati tekanan bunyi dari $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$ sampai 200 μbar atau dalam perbandingan telinga memiliki daerah kepekaan 1:1.000.000.

$$\frac{p_o}{p_1} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}}{200 \mu\text{bar}} = \frac{1}{1.000.000}$$

Dengan ambang dengar $p_o=2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$; dan
batas sakit $p_1=200 \mu\text{bar}$.

3. Kuat Suara

Daerah tekanan bunyi yang bisa didengar antara ambang dengar dan batas sakit memiliki 1:10⁶. Dengan nilai sangat lebar ini, perbandingan tekanan bunyi dalam praktiknya digunakan ukuran logaritmik, bukan ukuran linear. Hal ini memiliki kelebihan dalam perhitungan, karena sebuah perkalian dengan logaritmikasi diubah menjadi penjumlahan. Ukuran logaritmik dari sebuah perbandingan diberi satuan Bell, supaya tidak timbul koma dalam pengukuran dan perhitungan maka satuan yang digunakan desibel (dB) atau seper sepuluh Bell.

Desi Bell (dB) merupakan satuan untuk perbandingan, perbandingan ini digunakan referensi standar yang berbeda. Sebagai contoh, dBV digunakan untuk referensi 1 Volt, dBm digunakan untuk referensi 1 miliWatt.

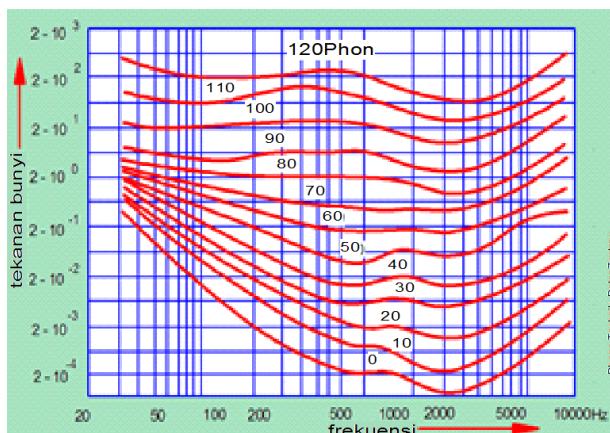
Dalam audio atau akustik digunakan dB SPL (Sound Pressure Level) sebagai ambang dengar dengan tekanan bunyi $p_0=2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$, besaran ini juga disebut sebagai level suara absolut. Besaran 0dB SPL merupakan ambang pendengaran bagi kebanyakan telinga manusia.

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

L = level bunyi dalam dB
 p = tekanan bunyi dalam μbar .
 p_0 = tekanan bunyi pada ambang dengar $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$

Batas sakit pada 1.000 Hz dengan tekanan bunyi $p = 200 \mu\text{bar}$ terletak sekitar 120dB di atas ambang dengar.

Manusia tidak langsung merasa tekanan bunyi, yang merupakan besar dan dapat terukur secara fisika, tapi *volume* (kuat suara). Antara perasaan pendengaran dan tekanan bunyi atau intensitas bunyi terdapat (secara pendekatan) hubungan logaritmis (hukum *Weber-Fechne*).



Dengan telah ditetapkan level bunyi absolut dikarenakan ukurannya yang logaritmis juga digunakan sebagai ukuran untuk kuat suara. Sensitifitas kuat suara telinga manusia sangat tergantung dengan frekuensi (Gambar 2.2).

Gambar 2.2. Ketergantungan tekanan suara dan frekuensi

$$L/\text{dB} = \Lambda/\text{Phon}$$

$$\Lambda = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

L = level suara absolut dalam dB

Λ = kuat suara dalam phon

p = tekanan suara dalam μbar .

p_0 = tekanan bunyi pada ambang dengar $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$

Kuat suara merupakan logaritma dari faktor perbandingan dari tekanan bunyi terhadap tekanan bunyi ambang dengar. Satuan dari kuat suara adalah Phon (Λ merupakan huruf besar Yunani untuk lamda)

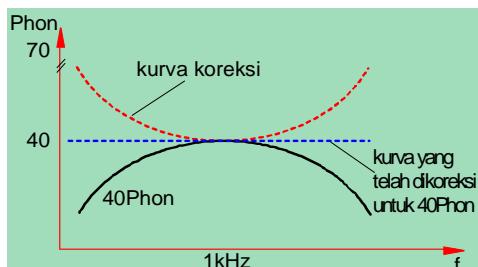
Catatan : Kuat suara dalam Phon sesuai dengan level suara absolut dalam dB pada frekuensi 1.000Hz

Dari Gambar 2.2 terlihat bahwa pada kuat suara yang rendah (60Phon kebawah), untuk dapat mendengar sama kerasnya, maka tekanan bunyi dengan frekuensi rendah dan tinggi harus dikuatkan lebih tinggi dari tekanan bunyi pada frekuensi tengahnya. Pada kuat suara yang tinggi (70 Phon keatas), kuat suara merata pada semua daerah frekuensi. Berdasarkan sifat tersebut, maka pada penguat suara untuk mengatur kuat suara (*volume*) dikenal dengan pengaturan kuat suara dengan *loudness*. Pengaturan kuat suara sesuai psikologis.

4. Pengaturan kuat suara sesuai pendengaran

Kuat suara dalam mendengarkan konser, pembicaraan dan sebagainya dalam *hall* atau dalam ruangan bebas berkisar 70 Phon. Perasaan terhadap kuat suara hampir datar, lihat gambar kurva pada gambar 2.2.

Kita Dengarkan sebuah konser atau pembicaraan dalam kamar melalui radio atau penguat, kuat suara akan berkisar sekitar 40 phon. Pada 40 phon



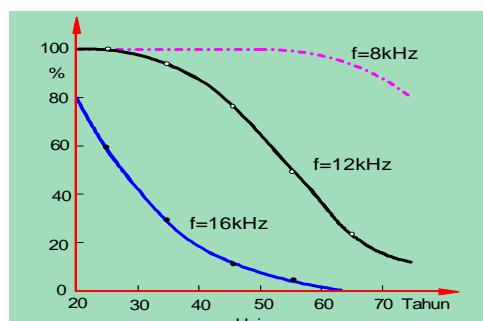
Gambar 2.3. Skematis “Pengaturan kuat suara sesuai pendengaran”

pendengaran sangat bergantung pada frekuensi, maksudnya frekuensi tinggi dan rendah akan sedikit lemah didengar.

Suara berfrekuensi rendah dan tinggi pada kuat suara yang rendah harus direproduksi lebih kuat,

pengaturan kuat suara seperti ini disebut pengaturan kuat suara sesuai pendengaran pada radio atau penguat

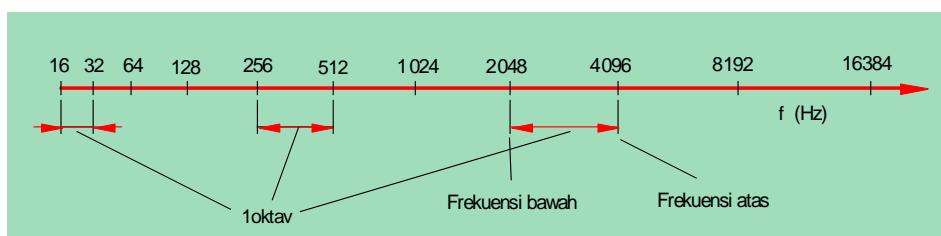
Tinggi nada, warna bunyi frekuensi dari sebuah getaran bunyi dirasakan oleh pendengaran sebagai tinggi nada. Frekuensi terendah yang terdengar terletak pada 20 Hz, sedang



Gambar 2.4. Penurunan perasaan mendengar untuk frekuensi tinggi dengan bertambahnya usia.

yang tertinggi pada 10kHz sampai 20 kHz, ditengah pada 20 kHz. Batas dengar atas menurun dengan bertambahnya umur, karena kendang telinga, sambungan palu, amboss dan sebagainya telah mengeras seperti ditunjukkan Gambar 2.4.

Antara perasaan terhadap tinggi suara dan frekuensi bunyi terdapat hubungan logaritmik, sesuai seperti antara kepekaan kuat suara dan tekanan bunyi. Dalam akustik dan dalam musik daerah pendengaran seluruhnya dari 20 Hz sampai dengan 20 kHz dibagi dalam bagian-bagian. Frekuensi tertinggi dan terendah berbanding 2:1, yang dinamakan *oktav*.

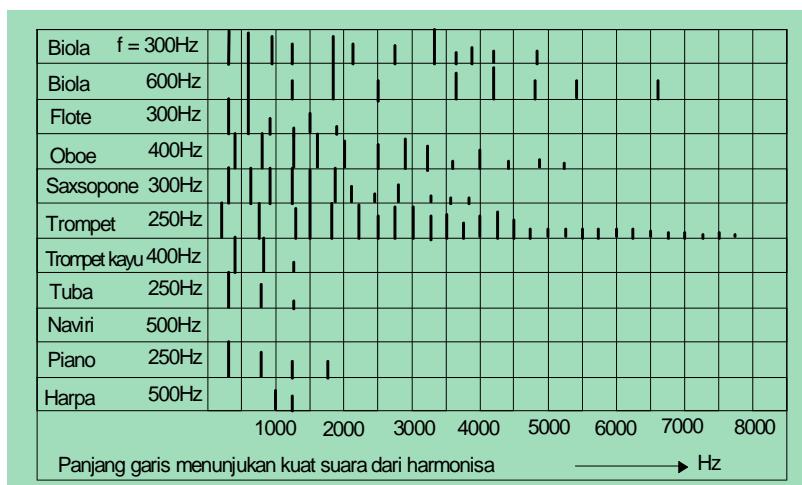


Gambar 2.5. Perbandingan frekuensi 2: 1.

$$\text{Banyaknya oktav } \eta = \frac{\log \frac{f_o}{f_u}}{\log 2}$$

η = (Eta) Banyaknya oktav
 f_o = Frekuensi atas
 f_u = frekuensi bawah

Pada musik atau reproduksi pembicaraan hanya dalam kejadian khusus direproduksi frekuensi murni. Lebih banyak reproduksi dari campuran suara dimana terdapat nada dasar dan perbanyakannya yang disebut dengan harmonisa.



Gambar 2.6. Harmonisa instrumen musik

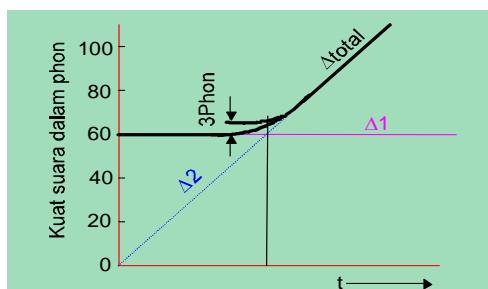
Nada dasar dan harmonis secara bersama-sama menimbulkan bunyi. Karakter bunyinya, yang disebut warna bunyi, ditentukan oleh perbandingan amplitudo masing-masing harmonis satu sama lain, juga oleh spektrum frekuensi dari bunyi. Harmonis yang memungkinkan instrumen, pembicaraan dan sebagainya berbunyi berlainan.

5. Hubungan dari sumber-sumber bunyi

Secara bersama-sama beberapa sumber bunyi dihidupkan, maka intensitas keseluruhan secara penekatan sama dengan jumlah intensitas bunyi sendirian. Dengan demikian secara umum naik juga kuat suara yang dirasakan. Pada dua sumber bunyi yang sama kuatnya intensitas keseluruhannya akan lebih besar dari level sinyal sekitar 3dB lebih tinggi dari sumber sinyal sendirian.

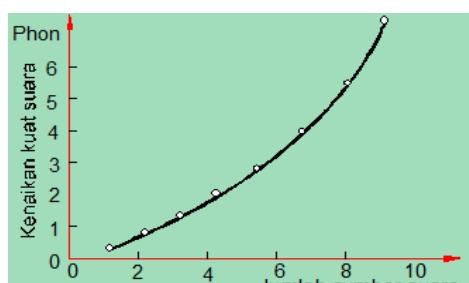
Catatan : Dua sumber bunyi yang sama kerasnya membangkitkan kuat suara keseluruhan, yang sekitar 3 phon lebih tinggi dari kuat suara sendirian.

Ini tidak hanya berlaku untuk sumber suara yang lemah (misal $\Delta 1 = \Delta 2 = 30\text{phon}$, total = 33 phon), melainkan juga untuk yang keras ($\Delta 1 = \Delta 2 = 80\text{ phon}$, total = 83 phon)



Gambar 2.7. Suara keseluruhan pada dua kuat suara yang berlainan

Gambar 2.7. Kuat suara keseluruhan pada dua kuat suara yang berlainan. Gambar menunjukkan kuat suara keseluruhan Δ_{tot} dalam ketergantungan waktu t , jika kuat suara yang konstan $\Delta 1$ dan sebuah kuat suara yang menaik.



Gambar 2.8. Kenaikan kuat suara pada sumber bunyi yang sama kuat.

Pada titik potongan $\Delta 1$ dan $\Delta 2$ dimana keduanya sama besar maka Δ_{tot} sekira 3 phon lebih tinggi dari kuat suara sendirian. Pada waktu yang lain kuat suara keseluruhan hampir tidak lebih besar dari pada yang lebih besar dari keduanya.

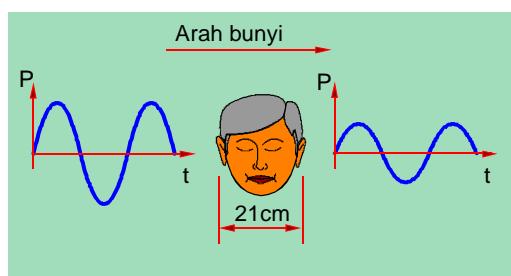
Gambar 2.8 menunjukkan, sekitar berapa phon kuat suara dinaikkan, jika beberapa sumber bunyi yang sama kuatnya bekerja bersama.

6. Pendengaran secara ruangan

Dengan telinga kita tidak hanya mendengar kuat suara atau warna bunyi dari sebuah bunyi. Karena berpasangannya alat pendengar, sehingga dapat untuk menentukan arah dan jarak. Orang memanfaatkan kemampuan ini dengan kemampuan melokalisir dan berbicara tentang pendengaran secara ruangan.

Melokalisir sebuah sumber bunyi tanpa melalui penglihatan dapat dibagi atas tiga daerah utama :

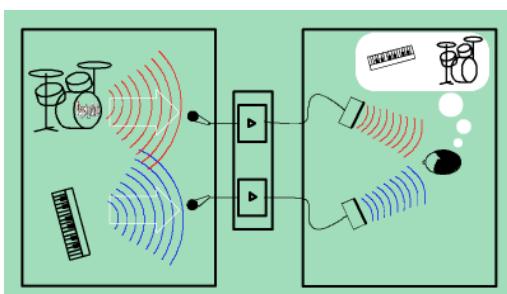
- Jarak (dekat - jauh) lokalisir kerendahan
- Arah dalam bidang tegak lurus (atas-bawah) lokalisir ketinggian
- Arah dalam bidang kesetimbangan (kanan-kiri) lokalisir sisi.



Gambar 2.9. intensitas bunyi dan perbedaan waktu berjalan

Paling baik mengembangkan adalah daya melokalisir sisi. Kemampuan memilih kanan-kiri ini karena letak kedua telinga dengan jarak kira-kira 21 cm. Jika ada bunyi berada agak disebelah kiri, maka telinga kiri akan mendengar lebih kuat dibandingkan

telinga sebelah kanan. Dengan demikian pada peninjauan terdapat kejadian bunyi antara telinga kanan-dan kiri tidak hanya sebuah perbedaan waktu berjalan t melainkan juga perbedaan intensitas bunyi.



Gambar 2.10. Prinsip pemindahan stereo

Stereophoni pada dasarnya pada perekaman reproduksi bunyi memperhatikan "efek kanan-kiri" ini (lihat Gambar 2.10).

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan

1. memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Percobaan 1 : Pengukuran level bising

Alat : Sound Level Meter

Lakukan pengukuran kebisingan pada ruang-ruang berikut ini :

Ruang	Level Bising (dB)
Ruang Kepala Sekolah	
Ruang Tata Usaha	
Kelas Teori (kosong)	
Kelas Teori (ada siswa, tiada guru)	
Bengkel	
Bengkel	
Bengkel	

Kesimpulan :

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

2. Percobaan 2 : Pengaruh level suara terhadap kepekaan dengar

Alat : Pemutar lagu, Penguat Suara, Pemutar musik

Tindakan
Putarlah lagu dengan volume lemah sekitar 10% putaran tombol volume, selanjutnya putar tombol volume 30%, dan terakhir putar tombol volume 60% dari putaran penuh. Perhatikan nada-nada bass trebel dan vokal

Posisi tombol volume	Pengamatan keterdengaran nada <i>bass trebel</i> vokal
10%	
30%	
60%	

Kesimpulan :

.....

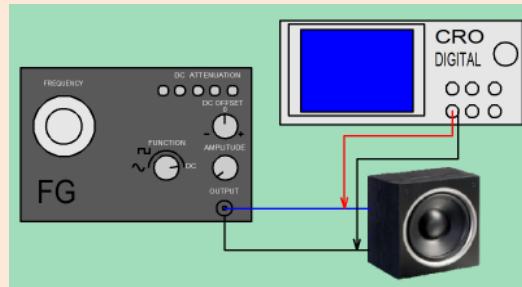
.....

3. Percobaan 3 : Warna bunyi

Alat : Generator fungsi (FG) $Z_o=50\Omega$

Loudspeaker (bisa yang aktif)

Gambar Percobaan



Tindakan :

1. Atur generator fungsi dengan bentuk gelombang sinus, amplitudo disesuaikan tidak terlalu keras, frekuensi 1kHz.
2. Set CRO untuk melihat frekuensi spektrum
3. Ubah-ubahlah bentuk gelombang dari sinus ke segi tiga terus ganti kotak. Perhatikan bunyi pada bentuk gelombang yang berbeda, perhatikan tampilan CRO.

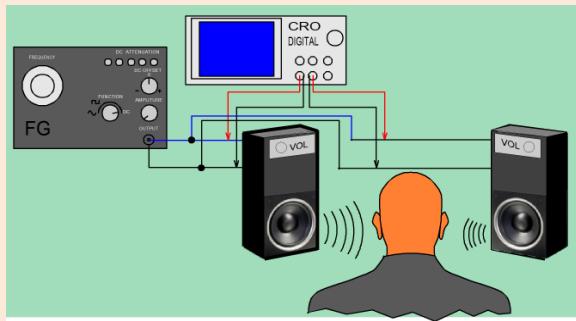
Bentuk Gelombang	Tampilan CRO	Bunyi yang terdengar
sinus		
Segi tiga		
kotak		

Kesimpulan :

4. Percobaan 4. Kuat suara dari 2 sumber

Alat : Generator fungsi (FG) $Z_o=50\Omega$

Loudspeaker aktif 2buah

Gambar Percobaan

Tindakan :
<ol style="list-style-type: none">1. Atur generator fungsi dengan bentuk gelombang sinus frekuensi 1kHz, amplitudo dsesuaikan2. Loudspeaker 1 pengatur volume pada 20%, volume loudspeaker 2 pada 0% (kiri penuh).3. Duduklah diantara kedua loutspeaker4. Naikkan amplitudo loudspeaker 2 perlahan, catat hasil dengar di tabel hasil..

Amplitudo		Yang dominan terdengar (beri tanda ✓)	
LS 1	LS 2	LS 1	LS 2
20	0		
20	15		
20	30		
20	45		

Kesimpulan :

5. Pertanyaan

- a. Berapa kisaran frekuensi berapa, kepekaan telinga paling baik?
- b. Berapa bar ambang dengar telinga pada tekanan bunyi?
- c. Berapa bar tekanan bunyi, jika Sound Level meter menunjukkan nilai 20dB?
- d. Pengaturan kuat suara *loudness*, nada rendah dan tinggi akan dikuatkan lebih besar pada level kuat suara yang
- e. Kemampuan dengar menurun dengan bertambahnya usia pada frekuensi
.....
- f. Pembagian frekuensi dengan 16Hz, 32Hz, 64Hz dan seterusnya. memperlihatkan pembagian daerah frekuensi secara
- g. Apa yang mempengaruhi warna bunyi?
- h. Dua sumber suara jika masing-masing berbunyi dengan kuat suara sebesar D1=40Phon dan D2=20Phon, secara keseluruhan sumber bunyi manakah yang lebih dominan terdengar?
- i. Bagian telinga yang manakah yang dapat menentukan arah datangnya bunyi?
- j. Mengapa sistem stereophonik dapat dikembangkan dalam sistem audio?

F. Rangkuman

Dengan dimensi dan bentuk telinga yang sedemikian, maka telinga sangat peka pada bunyi berfrekuensi sekitar 3000Hz. Dengan bentuk daun telinganya, telinga mampu mengenali arah datang bunyi.

Telinga mampu mendengar mulai tekanan bunyi $2 \cdot 10^{-6}$ µbar, pada tekanan ini disebut dengan ambang bunyi. Telinga mulai sakit pada tekanan bunyi 200µbar, pada tekanan ini disebut dengan batas sakit. Dinamik pendengaran telinga, perbandingan kemampuan dengar dari ambang dengar dan batas sakit yang sedemikian lebar hingga 1:1.000.000.

Kemampuan mendengar pada level bunyi rendah sangat tergantung frekuensi. Untuk nada rendah (bass) dan tinggi (treble) pada level bunyi rendah perlu dikuatkan lebih besar, supaya telinga mendengarkan sama kerasnya. Jika terdapat 2 sumber bunyi yang sama kerasnya, maka intensitas keseluruhannya akan lebih besar 3dB lebih tinggi dari sumber sinyal sendirian.

Telinga manusia berjumlah 2 buah, dengan jarak sekitar 21cm, dengan daun telinga yang sedemikian, sehingga dapat untuk menentukan jarak danarah dari mana datangnya bunyi. Sehingga berkembanglah reproduksi suara dari monophoni, sterophoni, quadrophoni dan sekarang terkenal juga *surround* (mengeliling).

G. Umpulan dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesian guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: MIKROFON

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Menerapkan instalasi macam-macam tipe mikrofon pada sistem akustik
2. Menguji mikrofon pada sistem akustik pada posisi dengan level sumber bunyi yang berbeda-beda.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menerapkan instalasi mikrofon
2. Menguji mikrofon pada sistem akustik

C. Uraian Materi

1. Karakteristik mikrofon.

Mikrofon mengubah energi bunyi kedalam energi listrik dan dengan demikian mikrofon sebagai penerima bunyi sebaliknya yang merubah energi listrik kedalam energi bunyi disebut Loudspeaker. Dan dengan demikian sebagai pemancar bunyi, keduanya disebut pengubah elektro akustik (pengubah bunyi). Berdasarkan hukum fisika sebagian dapat digunakan berkebalikan, bahwa sebuah pengubah bunyi dapat bertindak sebagai mikrofon ataupun loudspeaker seperti pada pesawat intercom.

Spesifikasi mikrofon

a. Kepekaan

Kepekaan sebuah mikrofon adalah besar tegangan bolak-balik keluaran mikrofon pada keadaan bunyi bebas dengan tekanan 1 μ bar. Sebagai satuan diberikan mV/ μ bar (mili volt per mikro bar). Kepekaan mikrofon bergantung frekuensi, sehingga besarnya frekuensi harus diberikan. Secara umum diambil frekuensi sebesar 1000 Hz.

Kepekaan juga disebut “faktor pemindahan medan beban kosong” Faktor ini diukur dalam medan bunyi bebas dan tanpa beban. Menurut sistem SI, faktor pemindahan medan beban kosong tidak lagi berdasarkan atas 1 μ bar, melainkan 1N/m² (newton 1mV// μ bar = 10mV/Pa).

b. Daerah frekuensi

Daerah frekuensi atau daerah pemindahan adalah daerah dimana mikrofon tanpa kerugian kepekaan dan tanpa cacat dapat mengubah gelombang bunyi kedalam sinyal listrik. Untuk perekaman musik, mikrofon seharusnya mempunyai daerah frekuensi dari 40 Hz sampai 15 kHz dan tanpa perubahan kepekaan yang besar, sedang untuk percakapan cukup dari 200 Hz sampai 5000 Hz.

c. Tanggapan frekuensi

Tanggapan frekuensi atau kurva frekuensi menandakan keterpengaruhannya frekuensi dari kepekaan. Pada pengukuran ini gelombang bunyi dengan frekuensi berlainan dijatuhkan tegak lurus dimuka mikrofon dan tegangan keluarannya diukur. Faktor pemindahan a dalam dB yang sebelumnya $\text{mV}/\mu\text{bar}$, karena kurva frekuensi dengan level yang diambil berlaianan.

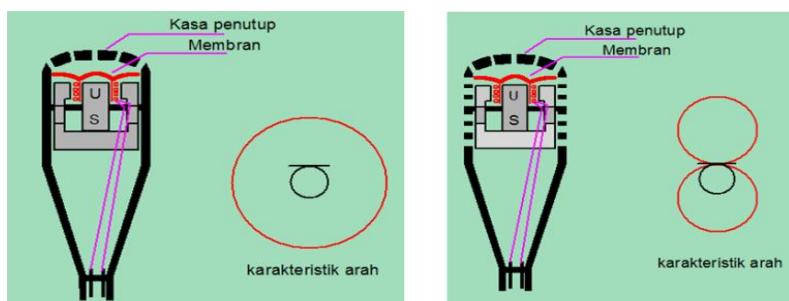
Dimana $B = \text{kepekaan dalam } \text{V}/\mu\text{bar}$

$B_0 = \text{kepekaan patokan dari } 1 \text{ V}/\mu\text{bar}$

d. Ketergantungan arah

Sebuah mikrofon tidak dapat mengambil bunyi dari semua sisi sama kuat, jadi tegangan keluaran bergantung arah dari mana bunyi datang. Ketergantungan ini digambarkan melalui sifat arah, ketergantungan arah menentukan penggunaan mikrofon.

Sifat arah dipengaruhi oleh konstruksi badan mikrofon, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1. Dengan lubang berada didepan membran, mikrofon dapat menerima dari segala penjuru (pola bentuk bola). Sedang Gambar 3.1 kanan pola penerimaan seperti angka delapan.



Gambar 3. 1. Hubungan konstruksi dan karakteristik arah

Arah penerimaan mikrofon terbagi dalam 3 kategori utama, yaitu :

a) *Omnidirectional*

Menerima suara dari seluruh penjuru, *omni* artinya “semua/all” atau “setiap/every”

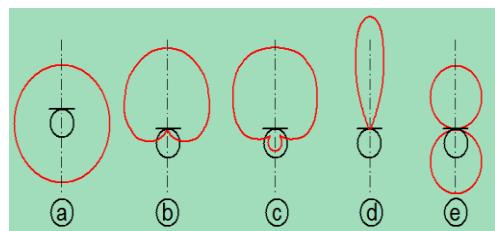
b) *Unidirectional*

Menerima suara secara dominan dari satu arah,

c) *Bidirectional*

Menerima suara dari dua arah yang berlawanan.

Berikut ini karakteristik arah yang banyak digunakan :



Gambar 3.1. Karakteristik arah yang banyak digunakan

Gambar 3.2.a karakteristik arah berbentuk bola termasuk dalam kategori *Omnidirectional*. Sedang Gambar 3.2.b karakteristik arah berbentuk kardioid, Gambar 3.2.c

karakteristik arah berbentuk super kardioid dan Gambar 3.2.d berbentuk shotgun, yang masuk dalam kategori *Unidirectional*. Dan Gambar 3.2.e karakteristik arah berbentuk angka delapan yang termasuk dalam kategori *Bidirectional*.

e. **Impedansi**

Untuk hubungan sebuah mikrofon pada sebuah perangkat penguat atau pada sebuah peralatan pita suara adalah penting untuk mengenal impedansi listrik (juga dinamakan tahanan dalam atau impedansi sumber). Impedansi bergantung pada frekuensi, pada umumnya dinyatakan pada frekuensi 1000 Hz dalam satuan Ω (ohm).

f. **Tahanan hubungan seharusnya**

Tahanan hubungan adalah hubungan semu, dengannya mikrofon seharusnya dihubungkan. Pada tahanan hubungan yang kecil akan memperburuk sifat-sifat mikrofon.

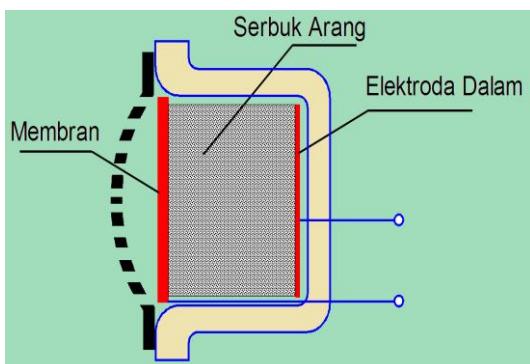
g. Batas pengendalian lebih

Batas pengendalian lebih adalah batas tekanan dimana mikrofon masih bekerja dengan baik, maksudnya masih tanpa cacat. mikrofon dinamis dapat bekerja pada tekanan bunyi yang tinggi dan batas pengendalian lebih belum tercapai. Pada mikrofon kondenser pernyataan ini diperlukan, pada pelanggaran batas yang disyaratkan akan mendatangkan cacat tidak linier dan dengan demikian faktor cacat akan naik. Batas pengendalian lebih ini diberikan dalam μ bar atau pascal (Pa).

2. Struktur dan prinsip kerja macam-macam tipe mikrofon.

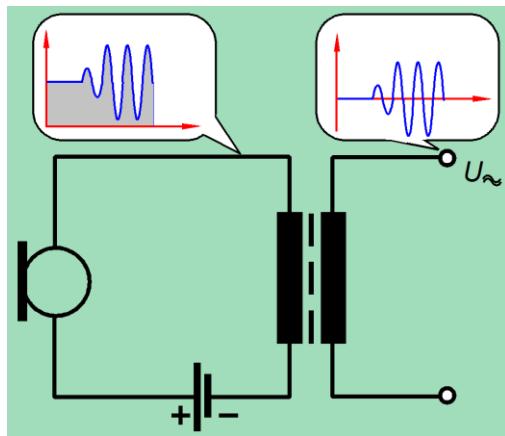
a. Mikrofon arang

Konstruksi dasar mikrofon arang diperlihatkan dalam Gambar 3.3. Jika gelombang bunyi mengenai elektroda membran, maka serbuk arang akan dipadatkan dan direnggangkan seirama gelombang bunyi.



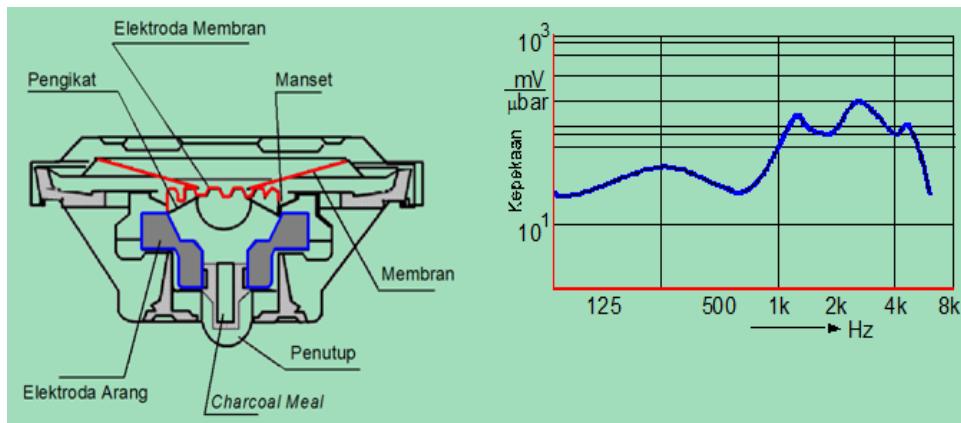
Gambar 3.2. Konstruksi dasar mikrofon arang

Dengan demikian nilai tahanan serbuk arang diantara kedua elektrodapun akan berubah-ubah. Mikrofon arang mengubah gelombang bunyi kedalam perubahan nilai tahanan, seperti diperlihatkan Gambar 3.4.



Gambar 3.3. Rangkaian mikrofon arang

Cara kerjanya dapat dijelaskan pada Gambar 3.4. Arus searah dari baterai melewati tahanan arang yang berubah-ubah maka akan berubah-ubah pula besarnya. Transformator akan memisahkan arus bolak-balik dari arus searah, maka pada keluaran akan didapat tegangan bolak-balik murni (U_{\sim}).



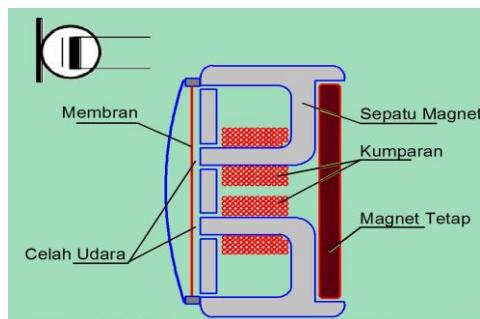
Gambar 3.4. Potongan mikrofon telepon (kiri) dan tanggapan frekuensi mikrofon arang (kanan).

Data teknis:

- Tahanan dalam : 30 sampai 500Ω
- Kepakaan : $100 \text{ mV}/\mu \text{ bar} = 1\text{V}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz
- Daerah frekuensi : 800 Hz sampai 4000 Hz
- Faktor cacat : 20%
- Tegangan catu : antara 4V dan 60V
- Keburukan : desis sendiri besar, faktor cacat besar sangat bergantung suhu
- Kebaikan : kepekaan tinggi
- Penggunaan : untuk perangkat bicara seperti telefon.

b. Mikrofon elektromagnetis

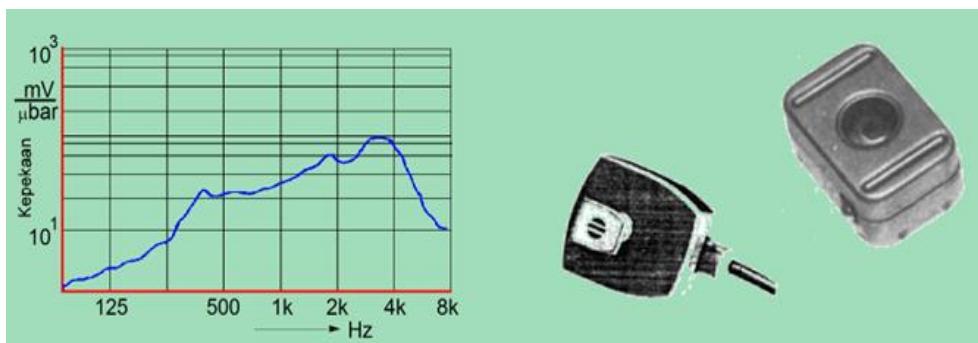
Konstruksi dasar mikrofon elektromagnetis diperlihatkan Gambar 3.6, Gelombang bunyi menggetarkan membran. Maka celah udara antara membran dan kumparan berubah-ubah mengakibatkan rapat medan



Gambar 3.5. Simbol dan konstruksi mikrofon elektromagnetis

berubah-ubah dan menginduksi tegangan bolak-balik dalam kumparan. Tegangan ini seirama dengan getaran gelombang bunyi. Pada mikrofon elektro-magnetis penginduksian tegangan

atas dasar perubahan lebar celah udara. Karena tegangan yang diinduksikan masih kecil maka diperlukan penguatan tambahan. Contoh mikrofon elektromagnetis diperlihatkan Gambar 3.7.



Gambar 3.6. Tanggapan frekuensi mikrofon elektromagnetis (kiri) dan Bentuk mikrofon elektromagnetis dari Sennheiser (kanan)

Data teknis:

Tahanan dalam : 2000Ω

Kepekaan : $100 \text{ mV}/\mu \text{ bar} = 1\text{V}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz dengan penguat

Daerah frekuensi : 300 Hz sampai 6000 Hz

Faktor cacat : 10%

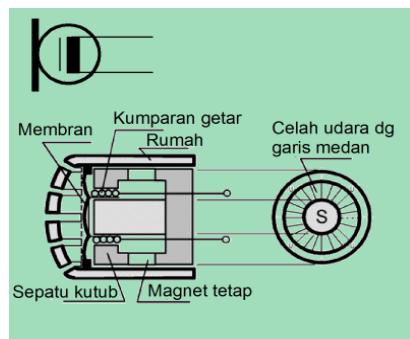
Tegangan bantu : antara 4V dan 60V

Penggunaan : Perangkat bicara, telepon, peralatan dengar, peralatan dekte.

c. Mikrofon dinamik

1) Mikrofon dinamik dengan kumparan

Pada mikrofon dinamik tegangan bolak-balik dibangkitkan melalui induksi yang sebanding dengan kecepatan membran. Gelombang bunyi mengetarkan membrane maka kumparan pun akan



Gambar 3.7. Simbol mikrofon dinamik dan konstruksinya

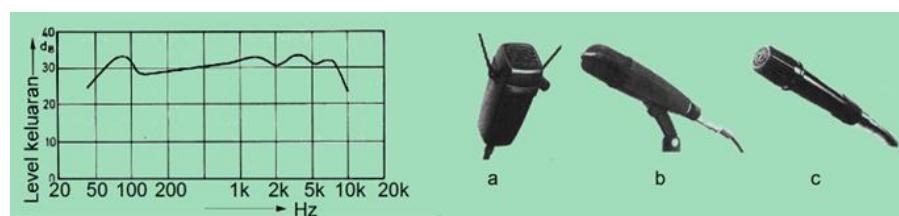
ikut bergerak tegak lurus terhadap arah medan seperti Gambar 3.8.

Sesuai dengan hukum induksi

$$E = N \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

Induksi tegangan yang dihasilkan sebanding dengan kecepatan geraknya.

Karena tahanan dalamnya kecil maka, tidak peka terhadap medan gangguan listrik, karena tegangan gangguan ini akan terhubung singkat. Atas dasar ini mikrofon dapat dihubungkan pada penguat dengan penghubung (kabel) yang panjang.



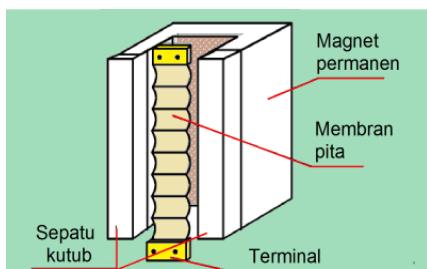
Gambar 3.8. Tanggapan frekuensi sebuah mikrofon dinamik (kiri) dan kanan beberapa bentuk mikrofon dinamik, a) mikrofon kerah MD214 b) mikrofon studio MD421 c) mikrofon komando MD430 (dari Sennheiser)

Data teknis :

- Tahanan dalam : 200Ω (induktif), dengan transformator terpasang
 $30k\Omega$
- Kepekaan : $0,2 \text{ mV}/\mu \text{ bar} = 2\text{V}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz dengan penguatan
- Daerah frekuensi : 500 Hz sampai 12.000 Hz
- Faktor cacat : 1%
- Dinamik : 60dB
- Kebaikan : Tanpa tegangan bantu, hampir bebas cacat, daerah frekuensi lebar, tidak peka mekanis, umur yang panjang, murah.
- Penggunaan : Selain untuk perangkat bicara juga untuk perekam musik

2) Mikrofon pita

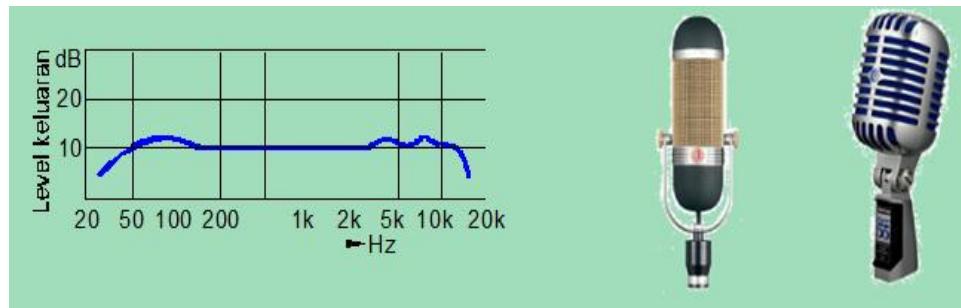
Mikrofon pita memiliki konstruksi seperti mikrofon dinamik. Pada mikrofon pita, antara kedua sepatu kutub dari magnet yang kuat terdapat pita tipis alumunium yang bergelombang (lihat Gambar 3.10). Pita yang berfungsi sebagai membran tebalnya $2 - 5 \mu\text{m}$ dan lebar $3 - 4\text{mm}$ sekaligus



Gambar 3.9. Konstruksi mikrofon pita.

sebagai kumparan induksi. Getaran gelombang bunyi menggetarkan pita. Pita bergetar dalam medan magnet maka akan diinduksi tegangan dalam pita itu.

Tegangan yang terinduksi lebih kecil dari mikrofon dengan kumparan. Tahanan pita berkisar $0,1\Omega$ jika dengan transformator impedansinya dapat sebesar 200Ω . Mikrofon pita mempunyai daerah frekuensi yang lebar dan hampir konstan. Gambar tanggapan frekuensi dan contoh bentuk mikrofon pita diperlihatkan pada Gambar 3.11.

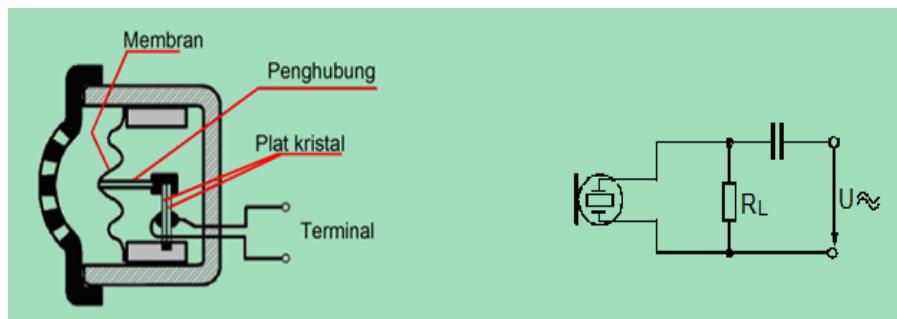


Gambar 3.10. Tanggapan frekuensi mikrofon pita (kiri) dan contoh mikrofon pita

Data teknis:

- Tahanan dalam : $0,1\Omega$ (induktif), 200Ω dengan transformator
- Kepekaan : $0,08-0,2 \text{ mV}/\mu \text{ bar} = 0,8-2 \text{ mV}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz
- Daerah frekuensi : 50 Hz sampai 18.000 Hz
- Faktor cacat : $0,5\%$
- Dinamik : 50dB
- Keburukan : Peka pukulan, mahal, bentuknya besar
- Kebaikan : Cacat kecil, daerah frekuensi lebar
- Penggunaan : Perekaman musik dan bicara dengan kualitas tinggi

d. Mikrofon Kristal



Gambar 3.11. Konstruksi mikrofon kristal (kiri) dan rangkaian mikrofon kristal (kanan)

Pada mikrofon kristal tegangan bolak-balik dibangkitkan dengan efek Piezo elektrik. Gelombang bunyi menggetarkan membran dan sekaligus menggetarkan plat kristal. Plat kristal yang bergetar pada permukaannya akan terbentuk pula perbedaan potensial diantara ujung-ujungnya (lihat Gambar 3.12). Oleh karena itu getaran mekanis menimbulkan tegangan listrik (*piezoelectric effect*).

Tahanan dalam mikrofon kristal dibentuk oleh kapasitas antara plat kristal (sekitar 1000 pF). Pada frekuensi batas bawah $f_b = 30$ Hz mempunyai reaktansi sebesar kira-kira $5 M\Omega$ sehingga pada frekuensi rendah medan pengganggu tidak terhubung singkat karena tahanan dalamnya tinggi, maka hubungan mikrofon dengan penguat tidak boleh terlalu panjang.

Data teknis:

Tahanan dalam : $2 \dots 5 M\Omega$ (kapasitif)

Kepakaan : $2 \text{ mV}/\mu \text{ bar} = 20 \text{ mV}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz

Daerah frekuensi : 30 Hz sampai 10.000

Faktor cacat : 1....2%

Dinamik : 60dB

Keburukan : Harus dilindungi terhadap kelembaban dan panas.

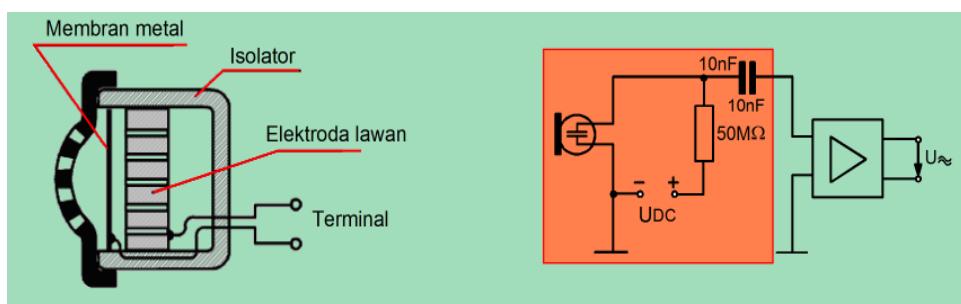
Kebaikan : Kecil, ringan, murah

Penggunaan : Pada radio amatir, sebagai mikrofon kecil

e. Mikrofon kondenser

Pada mikrofon kondenser membran dan elektroda lawan membentuk kapasitas (kira-kira 100pF). Mikrofon kondenser mengubah getaran bunyi melalui perubahan kapasitansinya kedalam getaran listrik.

Mikrofon kondenser dalam rangkaian AF



Gambar 3.12. Konstruksi mikrofon kondenser (kiri) dan rangkaian mikrofon kondenser dalam rangkaian AF (kanan)

Melalui tahanan depan tinggi (kira-kira $50M\Omega$) mikrofon diberi tegangan searah pada sistem terdahulu sebesar 80-120V, untuk saat kini tegangan 1,5-3V sudah bisa untuk mengoperasikan mikrofon kondenser (Gambar 3.13).

Membran dalam keadaan tenang, tegangan pada mikrofon sama dengan tegangan sumber. Arus tidak mengalir, sehingga pada tahanan depan tidak terdapat tegangan jatuh. Bila membran bergetar harga kapasitasnya berubah, saat perubahan kapasitas arus mengalir melalui tahanan, karena adanya pengisian dan pengosongan kapasitor.

Arahnya tergantung jika kapasitas membesar berarti pengisian, jika mengecil berarti pengosongan. Arus yang mengalir adalah arus bolak-balik yang seirama dengan tekanan bunyi. Besarnya kapasitansinya dapat dihitung dengan rumus seperti berikut:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{A}{d}$$

A = Luas Plat dalam meter persegi.

d = Jarak Plat dalam meter.

ϵ_0 = Konstanta dielektrikum = $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

ϵ_r = Permeabilitas

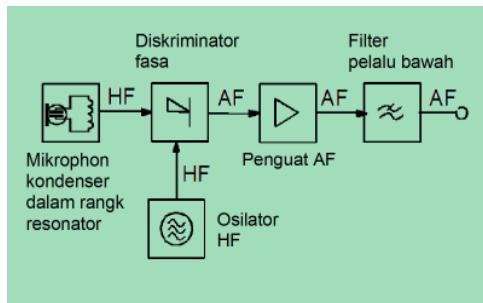
Pada frekuensi rendah nilai tahanannya sangat besar, misalkan pada frekuensi 30Hz maka tahanan dalamnya (tahanan semu) sebesar:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 30Hz \cdot 100pF} = 53M\Omega$$

Mikrofon kondenser mempunyai tahanan dalam yang tinggi sekitar $50 M\Omega$ sehingga peka terhadap gangguan. Keburukan dari rangkaian frekuensi rendah yang ditunjukkan di atas adalah diperlukan tegangan DC yang konstan dan besar.

Mikrofon kondenser dalam rangkaian frekuensi tinggi

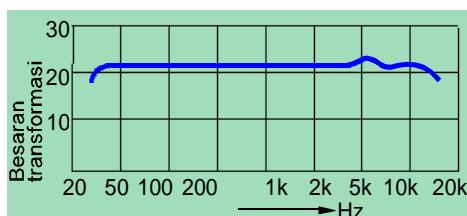
Mikrofon dalam rangkaian frekuensi tinggi, dimana mikrofon disatukan dalam rangkaian osilator, menghilangkan keburukan dalam sistem DC. Gambar 3.14 memperlihatkan rangkaian blok sebuah rangkaian frekuensi tinggi. Disini diperlukan perubahan kapasitansi dari mikrofon kondenser, untuk mengubah frekuensi resonansi resonator dalam irama getaran suara. Sinyal frekuensi tinggi dimodulasi secara modulasi fasa.



Gambar 3.13. Rangkaian blok rangkaian frekuensi tinggi



Gambar 3.14. Sebuah contoh mikrofon kondenser jenis mikrofon arah untuk studio tipe MKH 406 P 48 dari Sennheiser



Gambar 3.15. Tanggapan frekuensi sebuah mikrofon kondenser

Didalam rangkaian demodulator FM yang dirangkaikan setelahnya akan diperoleh tegangan frekuensi rendah dari tegangan frekuensi tinggi yang termodulasi fasa, yang kemudian dikuatkan oleh penguat depan.

Gambar 3.15. memperlihatkan contoh mikrofon kondenser dalam rangkaian frekuensi tinggi. Mikrofon ini memiliki tahanan dalam yang rendah, sehingga bisa digunakan dengan kabel yang panjang. Pada Gambar 3.16 memperlihatkan tanggapan frekuensi dari mikrofon kondenser.

Karena sifatnya yang baik maka mikrofon kondenser banyak pula digunakan di studio dan juga untuk peralatan-peralatan kecil sebagai pengambil suara.

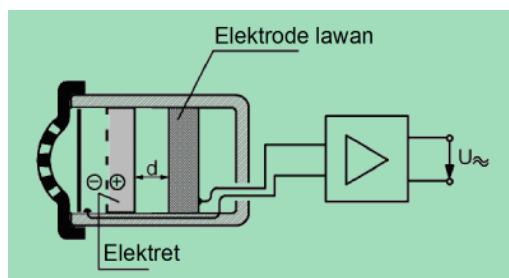
Data teknis:

Tahanan dalam	: 10Ω sampai 250Ω
Kepakaan	: $2 \text{ mV}/\mu \text{ bar} \Delta 20 \text{ mV}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz
Daerah frekuensi	: 20 Hz sampai 20.000
Dinamik	: 75 dB
Batas pengendalian	: $500 \mu \text{ bar} \Delta 50 \text{ Pa}$

f. Mikrofon Elektret

Mikrofon elektret sama seperti mikrofon kondenser hanya tanpa tegangan arussearah. Dan mempunyai sifat seperti mikrofon kondensator. Elektret adalah seperti kapasitor yang terisi dengan muatan yang konstan (lihat Gambar 3.17).

Membran elektret dan elektrode lawan membentuk kondensator dengan jarak plat d dan muatan Q gelombang bunyi yang mengenai membran mengubah jarak d , sehingga kapasitansi C_0 berubah pula, maka timbulah tegangan bolak-balik yang sebanding dengan gerakan membran.



Gambar 3.16. Kunstruksi mikrofon elektret

$$U = \frac{Q}{C}$$

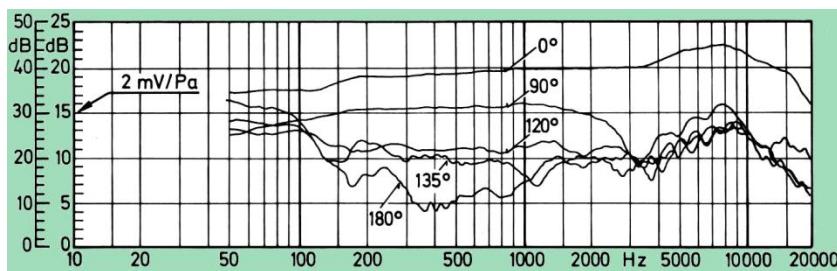
U = tegangan yang dihasilkan
 Q = muatan kapasitor
 C = nilai kapasitansi

Tegangan ini diperkuat oleh penguat yang terpasang. Pada perkembangan berikutnya, elektret dan elektrode lawan dibalik, sehingga elektrode lawan berfungsi sebagai membran. Sehingga membran bisa dibuat lebih ringan.



Gambar 3.17. Contoh beberapa mikrofon elektret

Gambar 18a memperlihatkan mikrofon elektret dalam beberapa tipe, dari paling atas; Pegangan dan modul catu daya M 3N untuk mikrofon; Mikrofon terarah ME 80, untuk pengambilan suara yang lemah dan jauh; Modul mikrofon ME 40 dengan karakteristik arah; Kepala mikrofon ME 20 dengan karakteristik bola. Sedang Gambar 18b, memperlihatkan mikrofon elektret kerah mini, yang penggunaannya di klipkan pada kerah baju. Dan Gambar 3.19 memperlihatkan kurva karakteristik dari mikrofon terarah ME 80 dengan modul K 3N.



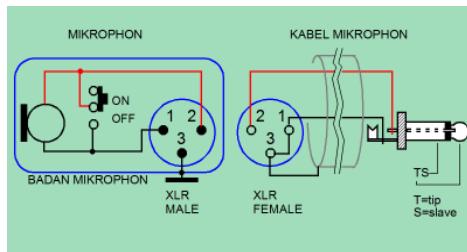
Gambar 3.18. Kurva frekuensi mikrofon terarah
ME 80 dengan modul K 3N

Data teknis:

- Impedansi listrik : 15 kΩ
- Impedansi penghubung : 1,5 kΩ atau 600 Ω
- Kepekaan : $0,3 \text{ mV}/\mu\text{bar} = 3 \text{ mV}/\text{Pa}$ pada 1000 Hz
- Daerah frekuensi : 50 Hz sampai 15.000Hz
- Penggunaan : Pada kaset rekorder, karena tidak peka getaran badan.

3. Konektor dan sambungan mikrofon.

Pada mikrofon kebanyakan memiliki konektor XLR *Male*, konektor ini sering juga disebut konektor Canon, dengan 3 pin. Secara bawaan pabrik dilengkapi dengan kabel sekitar 5meter dengan XLR *Female* dan ujungnya konektor TS.

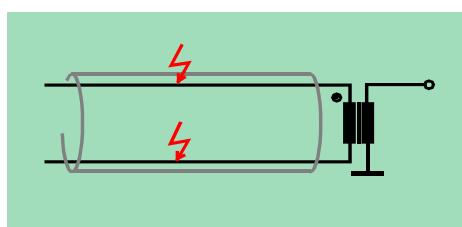


Gambar 3.19. Mikrofon dan kabelnya

(*Tip* dan *Slave*) atau sering juga disebut jack phono dengan diameter 6mm. Kabel ini akan mengubah rangkaian dalam mikrofon yang simetris menjadi tidak simetris atau *balance* menjadi *unbalance*.

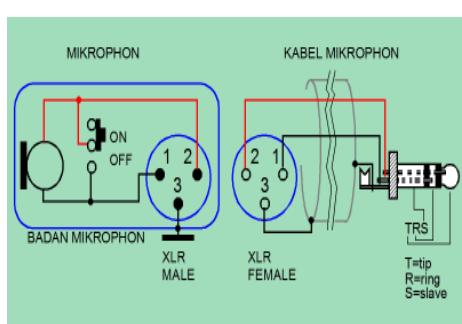
Dengan menghubungkan pin 1 dan 3, secara otomatis penghantar dingin (*cold*) akan terhubung ke pelindung kabel dan akhirnya terhubung ke *slave* konektor TS / phono, diperlihatkan pada Gambar 3.20.

Jika jarak mikrofon dan penguat yang melebihi 5 meter, maka untuk menghindari gangguan dari radio atau sumber gangguan lainnya seperti kendaraan bermotor, maka hubungan antara penguat dan mikrofon harus dalam simetris. Dalam hubungan simetris atau balance, jika salah satu penghantar terkena gangguan, maka penghantar yang lainnya juga terkena gangguan. Gangguan ini akan menjadi netral atau hilang, karena diujung penghantar akan digabungkan secara terbalik, maka kedua gangguan akan saling meniadakan.



Gambar 3.20. Proses peniadaan gangguan pada sistem simetris

Pengubah simetris menjadi tidak simetris bisa dengan menggunakan transformator atau secara elektronik. Pada Gambar 3.21 diperlihatkan jika mikrofon menggunakan penghantar dengan sistem simetris.



Gambar 3.21. Kabel mikrofon dengan sistem simetris

Pada sistem simetris konektor yang digunakan jenis TRS (*Tip,Ring,Slave*) atau sering dikenal dengan jack phono 6mm stereo. Pin 1 dan 3 tidak terhubung, slave terhubung ke pin 3 melalui pelindung kabel. Pengubahan dari sistem tidak simetris ke simetris tidak mengubah sambungan dalam mikrofon.

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan:

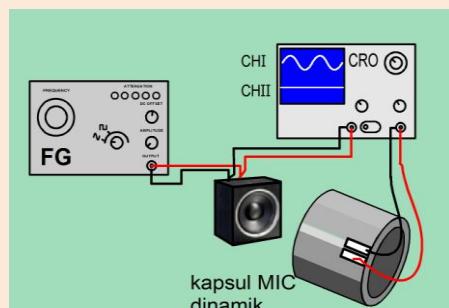
1. Memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. Gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

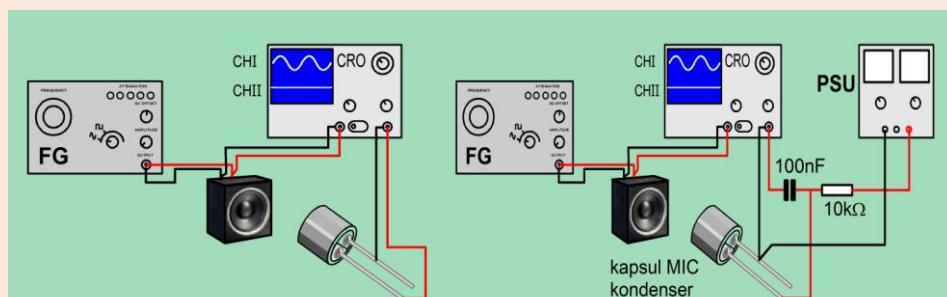
1. Percobaan 1. Cara Kerja Mikrofon

Alat : Generator fungsi (FG)
Loudspeaker aktif kecil
CRO kanal ganda
Kapsul Mikrofon Kondenser
Kapsul Mikrofon Dinamik

Gambar Percobaan



Gambar 1



Gambar 2a

Gambar 2b

Tindakan :

1. Rangkai Gambar 1, letakkan kapsul mikrofon dengan jarak 10cm dari loudspeaker aktif
 2. Atur generator fungsi dengan bentuk gelombang sinus, amplitudo cukup keras, frekuensi 1kHz.
 3. Perhatikan dan catat kejadian output kapsul microfon pada CRO kanal II
 4. Ulangi langkah 1 – 3 untuk Gambar 2a
 5. Ulangi langkah 1 – 3 untuk Gambar 2b
 6. Catat hasil pengamatan.

Kesimpulan :

2. Percobaan 2, Sifat Arah Mikrofon

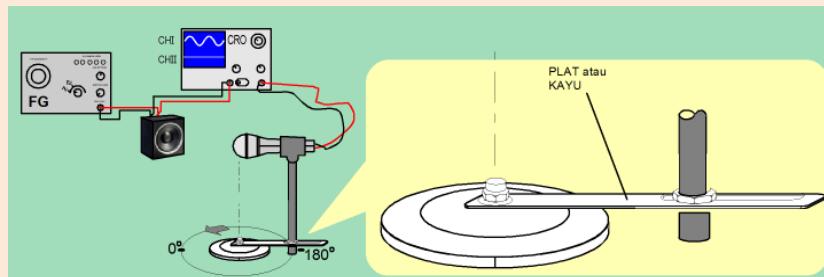
Alat dan Bahan : Generator fungsi (FG)

Loudspeaker aktif kecil

CRO kanal ganda

Stand Mikrofon duduk

Gambar Percobaan



Gambar 1

Tindakan :

1. Stand Mikrofon dimodifikasi dengan menambahkan plat alumunium atau kayu, sehingga membran mikrofon dapat selalu dititik tengah (lihat Gambar 1).
2. Rangkai Gambar 1, letakkan mikrofon dengan jarak 30cm dari loudspeaker aktif pada 0° .
3. Atur generator fungsi dengan bentuk gelombang sinus, amplitudo cukup lemah (supaya tidak ada pantulan ke dinding ruang), frekuensi 1kHz.
4. Perhatikan dan catat kejadian output kapsul microfon pada CRO kanal II
5. Ulangi langkah b – d untuk sudut 90° 180° dan 270°
6. Catat hasil pengamatan.

Kesimpulan:.....

.....

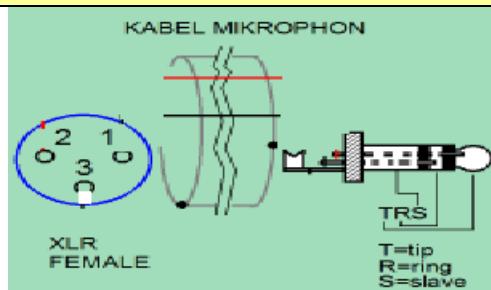
.....

.....

3. Percobaan 3. Sambungan Mikrofon

Bahan : Konektor XLR female 1 buah
Konektor TRS 1 buah
Kabel mikrofon stereo 10 meter
Alat : Solder
Handtool

Gambar Rangkaian :



Tindakan :

Buatlah sambungan kabel mikrofon untuk sistem simetris.

4. Pertanyaan

- Apakah fungsi mikrofon?
- Apakah yang dimaksud dengan kepekaan sebuah mikrofon?
- Apakah yang dimaksud dengan kepekaan arah sebuah mikrofon?
- Mikrofon apakah yang bekerja berdasarkan prinsip hukum induksi?
- Mikrofon apa yang secara prinsip dapat befungsi sebagai loudspeaker?
- Dimanakah banyak digunakan mikrofon pita?
- Untuk digunakan dengan kabel penghubung yang panjang, manakah yang lebih baik, mikrofon yang memiliki impedansi tinggi atau rendah?
- Apa fungsi penyambungan mikrofon secara simetris?

F. Rangkuman

Mikrofon mengubah energi bunyi kedalam energi listrik, disebut pengubah elektro akustik (pengubah bunyi). Terdapat banyak pengubah, berdasarkan hukum fisika, maka mikrofon diberi nama sesuai dengan prinsip pengubahan bunyi tersebut. Masing-masing jenis mikrofon berdasarkan cara kerjanya, masing-masing akan memiliki sifat yang berbeda pula.

Mikrofon dengan kepekaannya, dengan tanggapan frekuensi yang berbeda menurut sistem pengubahannya dan bentuk kemasannya. Bentuk dan susunan kemasan mikrofon menentukan kepekaan arah.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesian guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4: RANGKAIAN PENGUAT DEPAN AUDIO (*UNIVERSAL PRE-AMPLIFIER*)

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Merencana rangkaian penguat depan audio (*universal pre-amplifier*)
2. Mengukur rangkaian penguat depan audio (*universal pre-amplifier*)

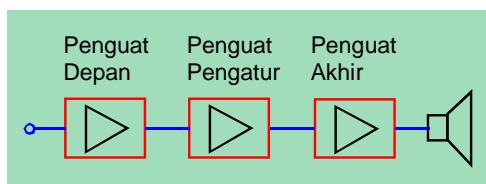
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Merencana rangkaian penguat depan.
2. Mengukur kualitas penguat depan.

C. Uraian Materi

1. Arsitektur rangkaian penguat depan universal audio (*universal pre-amplifier*).

Secara rangkaian blok, sebuah sistem penguat suara dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada gambar tersebut memperlihatkan rangkaian blok mulai dari sumber sinyal, dapat berupa mikrofon, pemungut piringan hitam atau lainnya, hingga diakhiri loudspeaker. Penguat depan menguatkan sumbersinyal,



Gambar 4.1. Rangkaian Blok
PenguatSuaralengkap

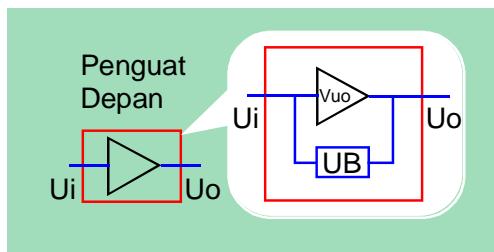
selain memiliki penguatan tertentu, juga harus menyesuaikan sumber sinyal jika memiliki tanggapan frekuensi yang tidak linear.

Pada prinsipnya penguat depan memiliki fungsi untuk:

- a. Menguatkan tegangan sumber sinyal
- b. Menggunakan level sinyal yang berbeda
- c. Mengkompensasi cacat linier
- d. Mencampur sumber sinyal yang berlainan

Pada penguat depan yang disebut universal, memiliki artian penguat ini dapat digunakan untuk menguatkan sumber sinyal dengan tanggapan frekuensi datar

(seperti mikrofon) dan yang tidak datar (seperti sinyal dari pemungut suara magnetik). Pada prinsipnya, arsitektur sebuah penguat terdiri penguat dengan penguatan terbuka (*open loop*) V_{uo} yang besar dan jaringan umpan balik negatif.



Gambar 4.2. Susunan penguat depan

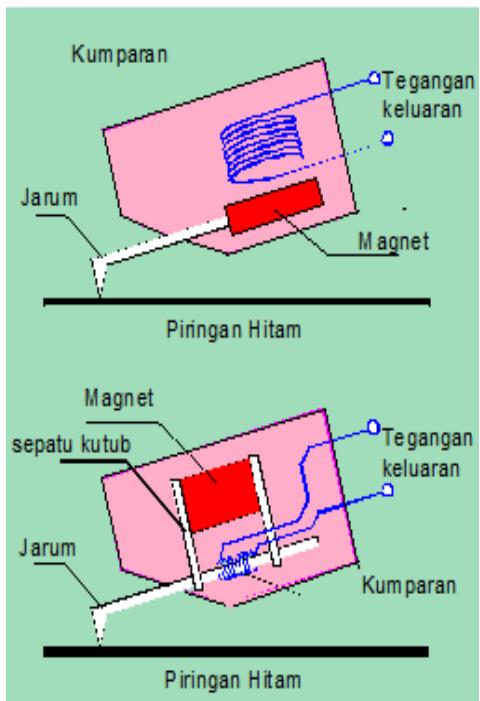
Umpan balik (UB) negatif dalam Gambar 4.2 adalah mengembalikan sebagian sinyal keluaran kemasukkan yang menyebabkan menurunnya penguatan. Penguat dengan harus memiliki penguatan terbuka yang besar.

a. Penguat Mikrofon

Mikrofon dinamik menghasilkan tegangan kira-kira hanya 0,5 mV pada tanggapan frekuensi yang datar. Disini penguat mempunyai tugas hanya menaikkan level sinyal, karena tanggapan frekuensinya sudah datar. Pada rangkaian ini tidak dijumpai komponen yang mempengaruhi tanggapan frekuensi. Dengan begitu akan diperoleh daerah transfer dari 4Hz sampai 40kHz, Penguatan sedemikian besarnya sehingga diperoleh tegangan keluaran sebesar maksimum 1,4V.

Karena diperlukan penguatan yang konstan dalam daerah frekuensi, maka untuk penguat mikrofon, jaringan umpan balik pada Gambar 4.2 harus merupakan komponen yang tidak terpengaruh oleh frekuensi.Untuk ini digunakan component tahanan, dimana besar resistansinya tidak berubah dengan berubahnya frekuensi sinyal.

b. Penguat Pemungut Suara

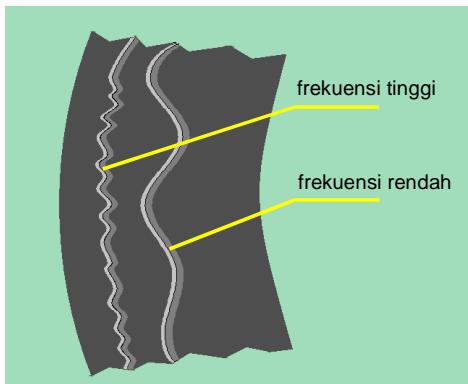


Gambar 4.3. Kunstruksi Pemungut Suara Magnetik tegangan induksi.

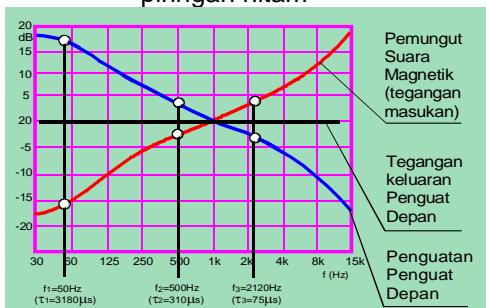
Gambar 4.3 memperlihatkan kunstruksi pemungut suara magnetik, MM (gambar atas) dan MC (gambar bawah). Secara prinsip, cara kerjanya berdasakan hokuminduksi. Akan terbangkit tegangan induksi bila penghantar berada dalam medan magnet yang berubah. Artinya, bila jarum bergetar, maka magnet akan ikut bergetar (pada MM) dan akan terbangkit tegangan induksi. Pada MC, dengan bergetarnya jarum maka kumparan bergetar, sehingga medan magnet yang mengenainya akan berubah-ubah, maka akan timbul tegangan induksi.

Besar tegangan induksi yang terbangkit akan sebanding dengan frekuensi getaran jarum, getaran jarum tergantung pada frekuensi sinyal yang tercetak pada piringan hitam. Jadi tegangan keluaran pemungut suara magnetic akan naik dengan naiknya frekuensi suara. Selain itu, pada nada rendah (bass) memiliki tegangan yang besar (Gambar 4.4), sehingga ini akan menimbulkan aluryang besar pada piringan hitam, ini akan menghabiskan space pada piringan hitam, juga ketidakmampuan jarum untuk mengikuti alur tersebut.

Pemungut suara magnetik, atau juga disebut *Pick Up* (PU) ada beberapa macam jenisnya, tergantung pengubah (*transducer*) yang digunakan. Yang banyak digunakan berdasar induksi, secara kunstruksi terdiri dari kumparan dan magnet serta jarum. Pemungut dengan magnet yang terhubung dengan jarum disebut dengan *moving magnet* (MM) dan kumparan yang terhubung jarum disebut dengan *moving coil* (MC).



Gambar 4.4. Alur sinyal pada piringan hitam



Gambar 4.5. Kurva standar RIAA dan penguatan penguat penyama

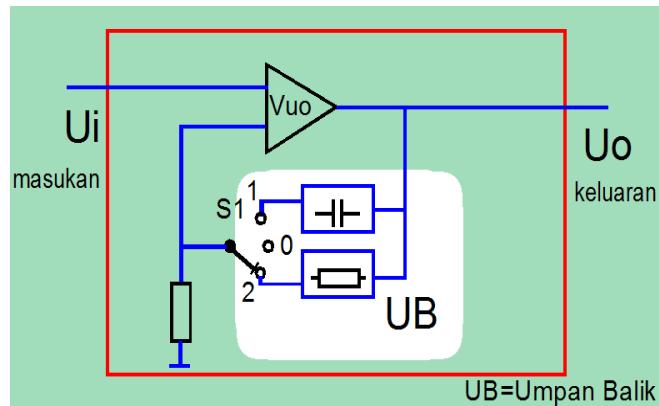
Maka pada sistem perekaman piringan hitam, frekuensi rendah juga ditekan. Secara internasional penekanan amplitudo ini ditetapkan oleh RIAA (*Record Industry Association of America*) seperti diperlihatkan

pada Gambar 4.5. Penguat depan pemungut suara magnetis menguatkan sinyal frekuensi rendah lebih besar dari pada sinyal frekuensi tinggi. Sehingga tegangan keluaran penguat depan menjadi datar.

Penguat depan ini disebut penyama (*Equalizer Amplifier*). Untuk ini, penguat harus memiliki umpan balik negatif yang besarnya terpengaruh oleh frekuensi sinyal. Maka digunakan komponen kapasitor yang nilai reaktansinya (tahanan secara arus bolak-balik) berubah dengan berubahnya frekuensi sinyal.

c. Penguat Depan Universal.

Penguat depan universal yang kita bahas ini, merupakan sebuah penguat depan yang dapat sebagai penguat mikrofon dan dapat sebagai penguat penyama (Gambar 4.6). Dengan mensaklarkan jaringan umpan balik S1 dari “1” ke “2”, maka tanggapan frekuensi dari penguat depan ini akan berubah, dari linear ketidak linear. Atau dengan kata lain dari penguat depan mikrofon menjadi penguat depan pemungut suara magnetik.



Gambar 4.6. Rangkaian blok penguat universal

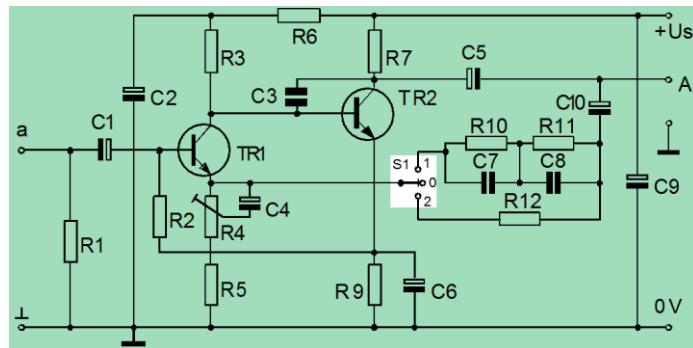
2. Merencana rangkaian penguat depan universal audio

Penguat depan yang dapat menguatkan tegangan 1mVef – 20mVef menjadi 1-1,4Vef dapat dibangun dengan satu atau dua buah transistor. Pada bahasan berikut dipilih penguat depan universal dua tingkat yang hubung secara DC (arus searah).

a. Mendimensikan komponen DC.

Rangkaian Arus Searah

Gambar skema rangkaian penguat depan universal yang akan dibahas diperlihatkan pada Gambar 4.7. Rangkaian terdiri dari 2 tingkat yang dibangun oleh transistor TR1 dan TR2. Antara keluaran penguat pertama dan kedua disambung secara DC. Umpan balik negatif yang menentukan tanggapan frekuensi, dari keluaran dihubungkan ke daerah masukan dengan penghubung S1, yang bisa dipilih sesuai yang diinginkan. Dengan S1 pada 0, ini berarti penguat tanpa umpan balik, atau *open loop*/terbuka. Jika S1 pada 1 maka umpan balik berupa jaringan R10-R11 dan C7-C8, penguat memiliki penguatan yang tidak linier berfungsi sebagai penguat *pick-up*/pemungut suara. Jika S1 pada 2 umpan balik berupa R12, sehingga penguatan penguat linier berfungsi sebagai penguat mikrofon.



Gambar 4.7. gambar skema lengkap penguat depan universal.

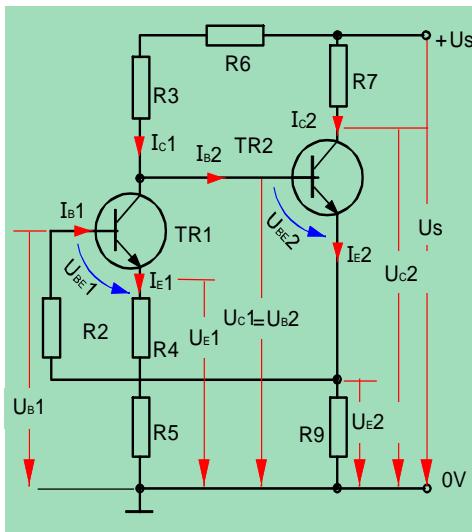
Rangkaian penguat depan universal yang dibahas seperti terlihat pada gambar 4.7 dengan daftar komponen seperti berikut ini:

Daftar komponen:

Tahanan	
R1	68kΩ
R2	220kΩ
R3	120 kΩ
R4	VR 5 kΩ
R5	220 kΩ
R6	4,7 kΩ
R7	4,7 kΩ
R9	1 kΩ
R10	330 kΩ
R11	15 kΩ
R12	15 kΩ

Kapasitor	
C1	10 μ F
C2	100 μ F
C3	33pF
C4	220 μ F
C5	10 μ F
C6	220 μ F
C7	15000pF
C8	4700 pF
C9	100 μ F
C10	10 μ F

Transistor	
TR1	BC 549B
TR2	BC 549B



Gambar 4.8. Rangkaian arus searah

Rangkaian arus searah sebuah penguat audio terlihat sangat sederhana, karena semua komponen yang berpengaruh pada frekuensi sinyal audio dapat dihilangkan. Jadi semua kapasitor dapat dihilangkan. Setelah proses pensaklaran berlalu, maka yang tertinggal adalah keadaan statis. Keadaan statis ini membangun titik kerja. Dalam keadaan ini semua kapasitor mempunyai potensial konstan, karena terisi penuh.

Kapasitor yang terisi penuh untuk arus searah seakan terputus, tidak ada arus searah yang mengalir. Akibatnya, kapasitor tidak berpengaruh lagi pada rangkaian arus searah. Untuk penyederhanaan, dalam kondisi ini, semua kapasitor dihapus, sehingga rangkaian secara arus searah dapat dilihat pada Gambar 4.8. Untuk pembahasan selanjutnya, yang dimaksud dengan U_{CE} tegangan antara kaki kolektor dan emitor sebuah transistor, jika U_{CE2} artinya tegangan antara kaki kolektor dan emitor untuk transistor 2. Jika ditulis U_C berarti tegangan kolektor transistor 1 diukur terhadap 0V (massa). Untuk I_C2 , berarti arus kolektor transistor 2, demikian seterusnya.

Titik Kerja

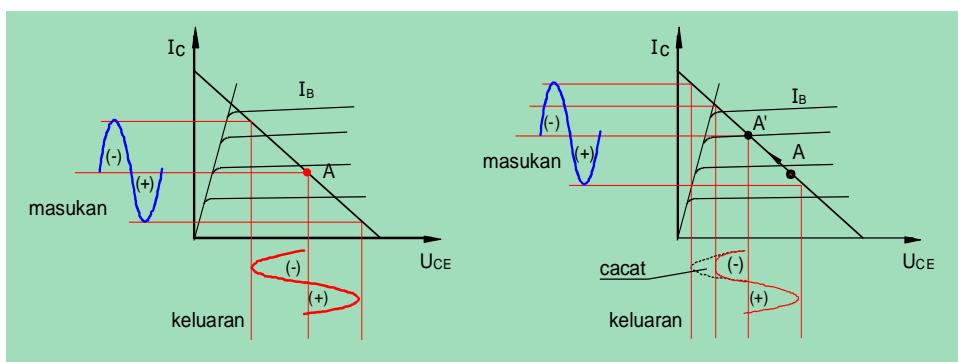
Tugas rangkaian arus searah adalah:

- Menetapkan titik kerja.
- Untuk menghindari penggeseran titik kerja yang disebabkan pengaruh temperatur. Perubahan temperatur yang diakibatkan misal oleh temperatur sekeliling atau melalui perubahan daya rugi dari transistor. Perubahan temperatur mengakibatkan perubahan:
- Arus basis I_B jika U_{CE} konstan (faktor 2 tiap kenaikan 10°K).
- Tegangan basis U_{BE} jika I_{BE} konstan ($-2\text{mV}/^{\circ}\text{K}$ pada kenaikan temperatur).

- e) Penguanan arus (bertambah sekitar $1\%/\text{K}$ pada kenaikan temperatur)
- f) Arus halang I_{CB} (faktor 2 tiap kenaikan 10K).

Semua perubahan di atas akan mengarah pada perubahan arus kolektor I_C .

Transistor-transistor TR1, TR2 disambung secara tegangan searah (DC=Direct Coupling). Secara teknis jika dibandingkan dengan pengandeng kapasitor mempunyai kelebihan terutama pada penampilan tegangan bolak-balik (sinyal). Frekuensi batas bawah terletak pada 0Hz . Keburukan pada frekuensi batas 0Hz terletak pada penstabilan titik kerja. Setiap penggeseran tegangan searah dari TR1 dipindahkan ke TR2 (tegangan pada TR2 juga akan ikut bergeser). Maka dari itu titik kerja dari penguat tergantung langsung (penguat DC) harus distabilkan dengan baik. Untuk gambaran dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9. Akibat titik kerja bergeser

Titik kerja tepat (Gambar 4.9 kiri)

Sinyal dapat dikendalikan penuh baik amplitudo positif maupun negatif

Titik kerja tidak stabil (Gambar 4.9 kanan) (bergeser dari A ke A'). Sinyal hanya dapat dikendalikan penuh pada amplitudo positif. Pada amplitudo negatif U_{CE} mencapai tegangan jenuh

Akibatnya: **sinyal keluaran cacat**

Tujuan penetapan titik kerja adalah, untuk membangkitkan arus kolektor I_C sekaligus juga menetapkan tegangan kolektor (U_{CE}) yang konstan dan tidak

bergantung temperatur. Dalam rangkaian yang dibahas, bekerja dua upaya penstabilan atas perubahan arus kolektor I_C yang disebabkan oleh perubahan temperatur.

- 1) Umpan balik negatif arus dengan R_9 pada emitor TR2.
- 2) Penggandengan basis TR1 melalui R_2 ke emitor TR2 bekerja sebagai umpan balik negatif tegangan.

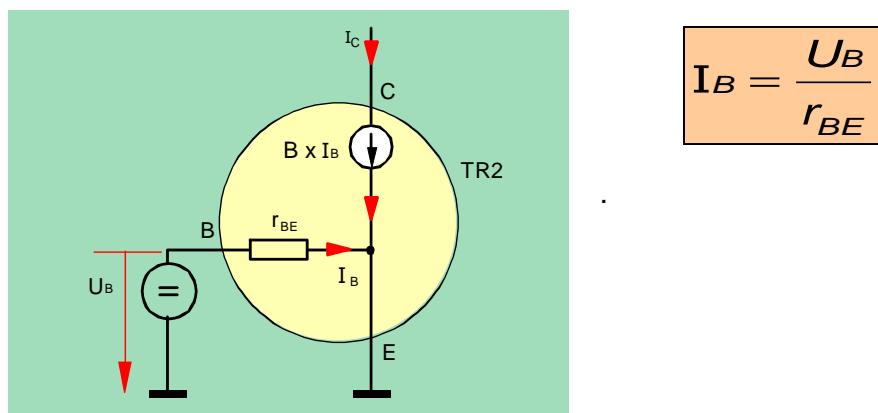
Penstabilan titik kerja dengan umpan balik negatif arus melalui tahanan emitor

Misal 1: - Titik kerja TR1 tidak tergantung TR2. Jadi tanpa R_2 .

$$- I_{C1} \gg I_{B2}$$

$$- R_9 = 0$$

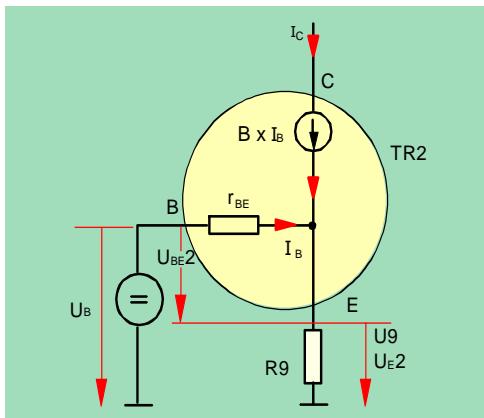
Jika $I_{C1} \gg I_{B2}$, tegangan basis atau tegangan kolektor U_{C1} hampir konstan, maksudnya tidak tergantung I_{B2} . Emotor terhubung langsung ke tanah, tanpa R_9 . Tahanan basis emitor TR2 dinamakan r_{be} dan tergantung temperatur, dengan demikian I_B tergantung temperatur. Maka diperoleh skema pengganti seperti berikut:



Gambar 4.10. Rangkaian pengganti transistor tanpa R_E

Dari rumus tersebut, I_B tergantung dengan r_{be} dan r_{be} sangat bergantung temperatur. Agar supaya I_B tidak atau sedikit bergantung temperatur, faktor r_{be} harus mempunyai pengaruh sesedikit mungkin

Misal 2: Seperti permasalan 1, hanya ditambahkan tahanan R_9 pada emitor transistor TR2.



Gambar 4.11. Rangkaian pengganti transistor dengan R_E .

$$U_9 = I_B \cdot R_9 + I_B \cdot B \cdot R_9.$$

$$U_9 = I_B \cdot R_9 (1 + B), \text{ karena } B \gg 1.$$

$U_9 \approx I_B \cdot R_9 \cdot B$ diperoleh :

$$I_B \approx \frac{U_B - I_B \cdot R_9 \cdot B}{r_{BE}}$$

$$I_B \cdot r_{be} \approx U_B - I_B \cdot R_9 \cdot B$$

$$I_B \cdot r_{be} + I_B \cdot R_9 \cdot B \approx U_B$$

$$I_B \cdot (r_{be} + B \cdot R_9) \approx U_B$$

$$I_B \approx \frac{U_B}{r_{BE} + B \cdot R_9} \text{ karena } B \cdot R_9 \gg r_{BE} \cdot$$

maka :

$$I_B \approx \frac{U_B}{B \cdot R_9}$$

Dengan pemasangan tahanan R_9 , maka arus I_B praktis tidak lagi bergantung temperatur. Faktor pengganggu terbesar r_{be} hampir tidak lagi berpengaruh pada arus basis I_B (r_{be} tidak lagi terdapat dalam rumus). Untuk lajur basis-emitor R_9 bekerja secara pengalian dengan penguatan arus, R basis emitor = $B \cdot R_9$. Dengan ini r_{be} dalam perbandingan sangat kecil, sehingga dapat diabaikan. Tahanan pada kaki emitor ini secara prinsip akan menyebabkan efek umpan balik, dan arena sifatnya mengurangkan maka tahanan pada kaki emitor disebut sebagai tahanan umpan balik negatif arus.

Penstabilan dengan tahanan di emitor dapat pula dijelaskan sebagai berikut: Jika oleh sebab panas maka tahanan r_{BE} berubah mengecil maka arus yang melewatkannya (I_B) membesar maka arus kolektor pun (I_C) akan naik maka tegangan emitor (U_E) akan naik karena ($U_E = I_C \times R_9$). Jika U_E naik maka U_{BE} akan mengecil ($U_{BE} = U_B - U_E \rightarrow U_B$ dianggap konstan dalam kasus ini) mengakibatkan arus basis mengecil yang kemudian akan mengakibatkan arus kolektor mengecil.

Temperatur $\uparrow I_B \uparrow I_C \uparrow$, $U_E \uparrow U_{BE} \downarrow I_B \downarrow I_C \downarrow$

Dalam praktik U9 dipilih sekitar 1....2 Volt ($U_9 > U_{BE1}$) sehingga R_9 besarnya sekitar $0,1\ldots 1k\Omega$ untuk memperoleh kestabilan yang baik. Permisalan dan pemikiran di atas berlaku juga untuk TR1. Tahanan $R_4 + R_5$ juga secara positif menyelesaikan penstabilan. Tetapi tegangan jatuh pada $R_4 + R_5$ terlampaui kecil ($U_E < U_{BE1}$) untuk mendapatkan stabilisasi yang cukup.

Penstabilan titik kerja melalui umpan balik negatif melalui R2.

Upaya Penstabilan kedua yang sangat efektif dicapai melalui umpan balik negatif tegangan TR2 Emitor - R2 - Basis TR1. Tegangan bias TR1 ditimbulkan melalui tegangan jatuh pada R_9 (U_9).

Cara kerja dibahas secara kualitatif :

TR1:

Temperatur $\uparrow I_{B1} \uparrow U_{C1}, U_{B2} \downarrow I_{B2} \downarrow I_{C2} \downarrow U_9 \downarrow I_{B1} \downarrow$

Kenaikan I_{B1} yang diakibatkan kenaikan temperatur, melalui lingkaran pengatur berakibat suatu penurunan I_{B1} : TR2:

Temperatur $\downarrow I_{B2} \downarrow I_{C2} \downarrow U_9 \downarrow I_{B1} \downarrow I_{C1} \downarrow U_{C1}, U_{B2} \uparrow I_{B2} \uparrow$

Penurunan I_{B2} yang disebabkan oleh temperatur turun, melalui lingkaran pengatur berakibat suatu penaikan I_{B2} .

Proses stabilisasi ini terjadi terus menerus sehingga diperoleh arus kolektor yang tidak lagi tergantung temperatur dan dengan demikian dicapai pula titik kerja yang stabil.

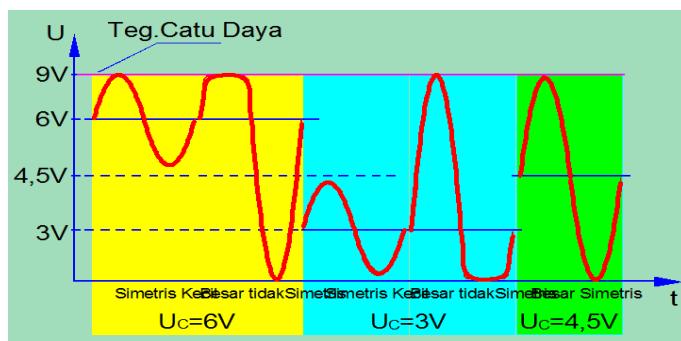
Perhitungan tegangan DC dan arus DC

Perhitungan dibentuk sedemikian rupa, dengan penaksiran perbandingan tegangan dan arus setepat mungkin. Dalam hubungan dengan praktisnya perhitungan/penaksiran besaran ini menggambarkan kemampuan fungsi sebuah rangkaian. Harga perhitungan/penaksiran dan harga terukur nantinya dapat dibandingkan dan diinterpretasi.

Permisalan:

- 1) Semua harga komponen sesuai dengan gambar rangkaian dan semua benar.
 - 2) Rangkaian berfungsi dengan benar.
 - 3) Penyederhanaan : $I_E = I_C$. karenal_B sangat kecil dibanding I_C
 - 4) Data TR1, TR2 :(BC 549) Digambarkan dalam grafik, bahwa besarnya tegangan basis-emitor (U_{BE}) besarnya penguatan (B) sangat tergantung dari penetapan arus kolektor (I_C).
- 1) U_{C2} : Agar dihasilkan pengendalian yang simetris, U_{C2} , dimana pada titik ini diambil sinyal keluaran, besarnya kira-kira harus terletak di tengah-tengah harga tegangan catu. Dengan demikian :

$$U_{C2} = \frac{U_S}{2} = \frac{9V}{2} = 4,5V$$



Gambar 4.12. pengaruh penetapan tegangan kolektor U_C terhadap tegangan sinyal yang dihasilkan

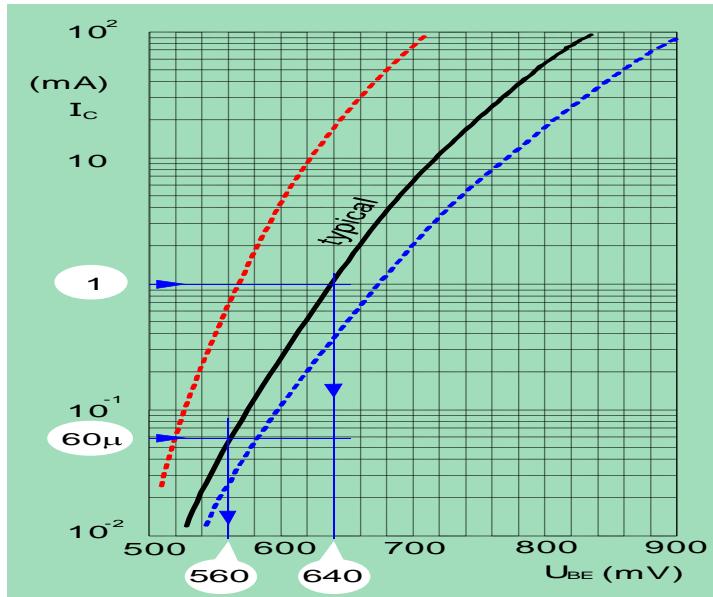
Jika tegangan kolektor transistor terakhir ditetapkan 6V maka tegangan sinyanya sisi positif akan terbatasi oleh tegangan maksimum catu daya. Jika ditetapkan 3V bagian negatif sinyal akan dibatasi oleh 0V. pada penetapan $U_C = 4,5 V$ (setengah tegangan catu), maka akan diperoleh tegangan sinyal yang besar dan simetris, seperti Gambar 4.12.

$$2) I_{C2} = \frac{U_7}{R7} = \frac{U_S - U_{C2}}{R7} = \frac{4,5V}{4,7k\Omega} = 0,96mA$$

$$3) U_9(U_{E2}) = I_{C2} \cdot R9 = 0,96 \text{ mA} \cdot 1k\Omega = 960 \text{ mV}$$

U_9 harus sedikitnya 1V dan tentu lebih besar dari pada $U_{BE1} = 0,6 V$

- 4) $U_{C1} = U_{B2} = U_9 + U_{BE2} = 960\text{mV} + 640\text{mV} = 1,60\text{V} \Rightarrow$ Tegangan basis-emitor $U_{BE1}=640\text{mV}$ ($I_c=1\text{mA}$)



Gambar 4.13. Grafik tegangan basis-emitor (U_{BE}) fungsi arus kolektor (I_C) (Philips Data handbook, Semiconductor Part 3 Nov 1982)

Tegangan basis-emitor U_{BE} sebuah transistor tergantung pada arus kolektor I_C . jika arus kolektor I_C ditetapkan 1mA , maka pada arus 1mA dalam grafik Gambar 4.13 ditarik garis kekanan dan berpotong pada grafik (pilih yang typical) lalu ditarik ke bawah. Maka ditemukanlah besarnya tegangan U_{BE} , dalam hal ini ditemukan U_{BE} sebesar 640mV untuk transistor TR2. Sedang untuk kondisi transistor TR1 dengan $I_C=60\mu\text{A}$ maka diperoleh $U_{BE}=560\text{mV}$

$$5) I_{C1} = \frac{U_s - U_{C1}}{R_3 + R_6} = \frac{9V - 1,6V}{120k\Omega + 4,7k\Omega} = 59\mu\text{A}$$

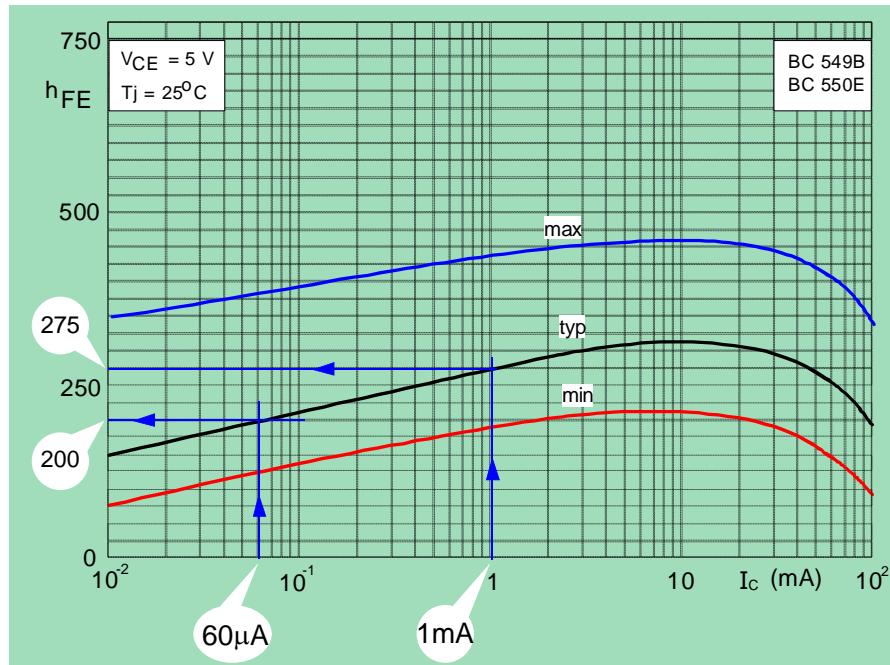
$$6) U_{E1} = I_{C1} \cdot (R_4 + R_5) = 59\mu\text{A} \cdot 5,22\text{ k}\Omega = 308\text{ mV}.$$

$$7) U_B1 = U_E1 + U_{BE1} = 308\text{mV} + 560\text{mV} = 868\text{ mV.} \Rightarrow \text{Tegangan basis-emitor } U_{BE1}=560\text{mV (}I_c=60\mu\text{A)}$$

U_B1 harus lebih kecil dari U_9 agar arus basis dapat mengalir. Dengan sangat kecilnya arus basis I_B1 dan sangat lebih kecil dari I_C2 , maka hanya terdapat tegangan jatuh yang kecil pada R2.

$$8) I_B1 = \frac{U_9 - U_B1}{R2} = \frac{960mV - 868mV}{220k\Omega} = 0,41\mu A$$

$$9) I_B2 = \frac{I_C2}{B2} = \frac{0,96mV}{275} = 3,5\mu A$$



Gambar 4.14. Penguatan (h_{FE}) fungsi arus kolektor (I_C)
(Philips Data handbook, Semiconductor Part 3 Nov 1982)

Dari Gambar 4.14. dapat dibaca penguatan arus B (untuk arus searah) atau h_{FE} , untuk transistor TR2 sebesar 275 karena $I_C=0.96mA$. Untuk transistor TR1 penguatannya sebesar 200 karena $I_C=60\mu A$.

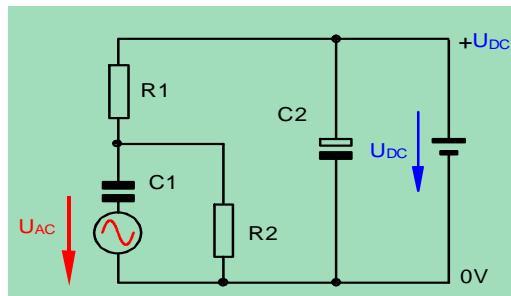
Dengan menggunakan lembar data dan tanpa teori yang rumit memungkinkan perhitungan tegangan dan arus dengan ketepatan yang cukup. Perhitungan tidak harus persis seperti langkah-langkah yang dibicarakan di atas. Untuk diperhatikan, bahwa seharusnya dilakukan permasalahan sedikit mungkin, untuk mendapatkan ketepatan hasil yang masih dapat diterima.

b. Mendimensikan komponen AC.

Aliran Sinyal pada AC

Dalam sebuah rangkaian penguat audio jalannya aliran sinyal untuk AC dan DC tidak sama. Sumber tegangan DC untuk sinyal AC membentuk sebuah

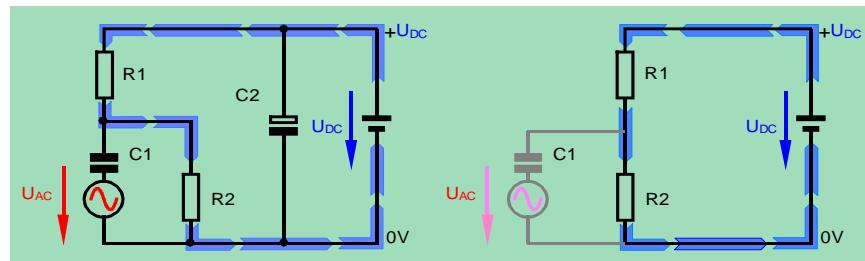
hubung singkat. Tahanan dalam sumber tegangan idealnya sama dengan 0Ω ! Dengan demikian elemen-elemen yang terletak antara potensial positif dan negatif untuk sinyal AC terletak paralel.



Untuk I_{DC} , R_1 dan R_2 terhubung seri. Sehingga $R_t = R_1 + R_2$.

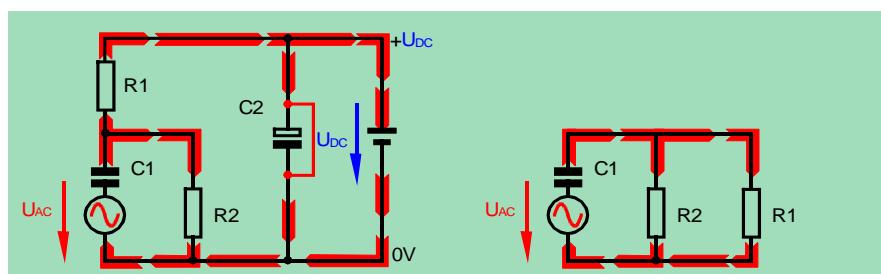
Untuk i_{AC} , R_1 dan R_2 terhubung paralel. Sehingga $R_t = R_1 // R_2$.

Gambar 4.15. Rangkaian 2 tahapan dalam arus searah dan bolak-balik

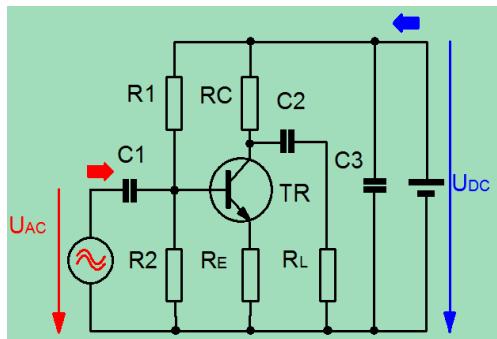


Gambar 4.16 Rangkaian tahanan pada tegangan DC

Gambar sebelah kanan pada Gambar 4.16 merupakan rangkaian pengganti pada saat rangkaian dialiri arus searah (DC). Demikian pula pada Gambar 4.17 sebelah kanan merupakan rangkaian pengganti pada saat rangkaian dialiri arus bolak-balik (AC).



Gambar 4.17 Rangkaian tahanan pada tegangan AC



Gambar 4.18. Arus AC dan DC pada rangkaian penguat transistor

Masukan

Untuk U_{AC} pembagi tegangan R_1 , R_2 terletak paralel sehingga:
 $R_{tB}=R_1//R_2$.

Keluaran

Untuk sinyal AC R_L terletak paralel ke R_C . Dengan demikian R_{tC} dikolektor untuk sinyal AC:
 $R_{tC}=R_C//R_L$.

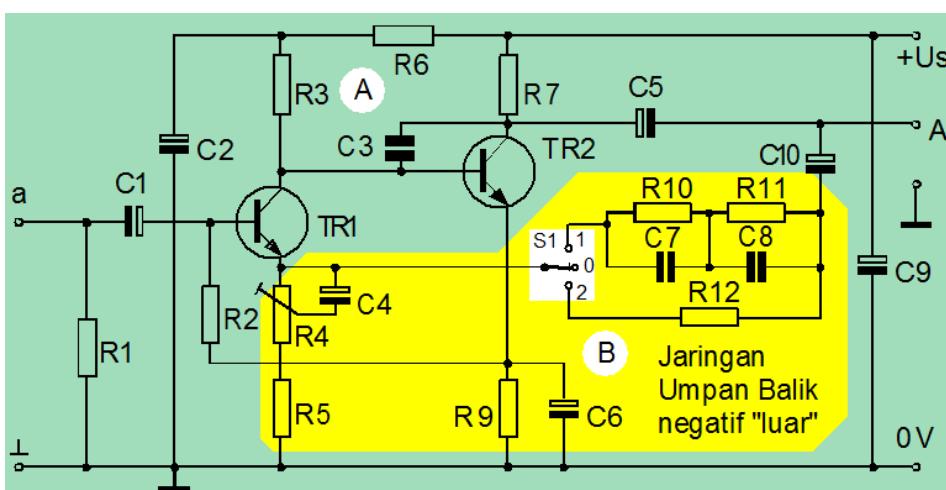
Pemilahan jaringan penguat, jaringan umpan balik negatif.

Rangkaian dalam penguat depan universal yang dibahas dapat dipilah dalam:

- A : Jaringan penguat.
- B : Jaringan umpan balik negatif

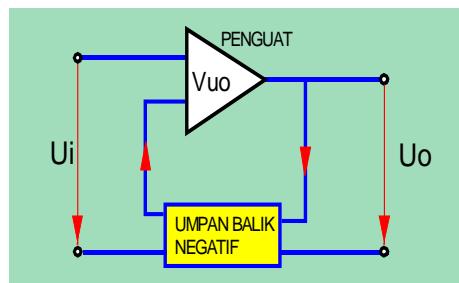
Pemilahan dapat dilihat pada Gambar 4.19,

Umpan balik negatif maksudnya adalah, mengembalikan sebagian tegangan keluaran ke rangkaian masukan dengan efek memperkecil, jika memperbesar disebut dengan umpan balik positif. Cara untuk memperoleh umpan balik negatif, fasa tegangan keluaran yang dikembalikan ke masukan harus berbalikan fasa dengan fasa tegangan masukan. Sehingga akan berakibat sebuah pengurangan.



Gambar 4.19. Pemilahan antara jaringan umpan balik negatif dan penguat

Umpang balik negatif akan mempengaruhi penampilan keseluruhan rangkaian.



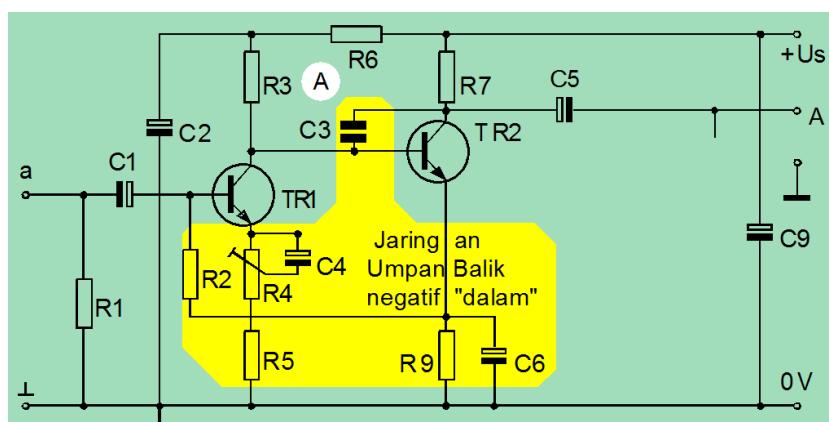
Gambar 4.20. Rangkaian blok penguat

Hal yang dipengaruhi :

- Penguatan V_u (penguatan tegangan), V_i (penguatan arus).
- Lebar band.
- Tahanan masukan r_e .
- Tahanan keluaran r_A .
- Faktor cacat.

Jaringan penguat dengan umpan balik "dalam"

Dalam bahasan berikut rangkaian penguat dalam Gambar 4.19 dianalisa dan penampilannya dihitung secara kualitatif. Dalam bahasan sebelumnya telah dihitung dan diterangkan berakibat apa tahanan-tahanan emitor R9, R4, R5. Semua itu mengakibatkan penstabilan arus kolektor supaya titik kerja tidak bergeser. Dimana yang disebut umpan balik negatif arus, yang mana tegangan umpan balik U_9 (U_{E2}), U_4 , 5 (U_{E1}) sebanding dengan arus I_{E1} , I_{E2} . Umpan balik negatif ini bekerja atas setiap perubahan sinyal. Bila kita letakkan tegangan sinyal pada masukan a, menyimpanglah arus basis dalam irama sinyal masukan. Umpan balik negatif akan menstabilkan "penyimpangan" ini, dengan demikian *sinyal dari masukan tidak dikuatkan*. Padahal penguatan sinyal diperlukan. Maka umpan balik negatif untuk tegangan sinyal harus *diperkecil*.



Gambar 4.21. Penguat hanya dengan umpan balik negatif "dalam"

Dalam rangkaian yang dibahas, umpan balik negatif melalui R9 untuk tegangan sinyal akan diperkecil dengan cara R9 dihubung singkat dengan C6, dengan demikian arus bolak-balik sinyal *tidak membangkitkan tegangan AC* umpan balik melalui R9. Kapasitor C6 membuat suatu hubung singkat untuk sinyal AC. Dengan kata lain C6 berfungsi sebagai peniada umpan balik untuk sinyal AC.

Sedang R4 (trimpot) untuk sinyal AC akan dihubung singkat tergantung posisinya. Umpan balik negatif maksimum bila penggeser trimpot berada paling atas, sehingga tahanan yang berada di emitor sebesar $5,220\text{ k}\Omega$. Tahanan atur R4 digunakan untuk mengatur besarnya umpan balik negatif, tetapi hal ini *hanya berlaku untuk sinyal AC*.

Untuk DC semua kapasitor membentuk rangkaian terputus atau $X_C=\infty$, sehingga pada tahanan atur R4 besarnya tidak akan berubah walau penggeser tahanan atur diubah-ubah. Dengan demikian R4 bertugas untuk pengatur penguatan sinyal.

Rangkaian R6, C2 bertugas untuk menyaring (mem-filter) tegangan catu TR1, karena tingkat penguat keseluruhan mempunyai penguatan yang besar. Jika tidak disaring (difilter), tegangan dengung akan sangat terdengar di keluarkan A. Kapasitor C1, C5 adalah kapasitor pengandeng dan bertugas untuk memisahkan tegangan DC. Tahanan R1 mempunyai pengaruh paling besar dalam menentukan besarnya tahanan masukan rangkaian. Kapasitor C3 adalah umpan balik negatif yang lain dan bekerja pada frekuensi tinggi. Sinyal frekuensi tinggi akan dikembalikan ke basis TR2, maka penguatanpun menurun. Kapasitor C3 bekerja pada frekuensi di atas 20 kHz. Kapasitansi seluruhnya $C_3' = \beta \times C_3$, jadi dengan penguatan arus yang lebih besar nilai C_3' akan sangat besar.

Perhitungan penguatan V_{uo} dengan tahanan emitor R9, R4, R5.

Rangkaian yang dimaksud seperti seperti diperlihatkan Gambar 4.20, rangkaian tanpa jaringan umpan balik C7,C8,R10,R11 dan R12. Besar perbandingan tegangan keluaran dengan tegangan masukan, V_U karena ini tanpa umpan balik tersebut, maka perbandingan ini disebut pula penguatan

terbuka atau “open loop” atau penguatan tanpa umpan balik, dengan notasi V_{UO} . Besarnya:

$$V_{UO} = \frac{U_A}{U_i}$$

Dari rumus umum tersebut, untuk penguat emitor bersama diperoleh hitungan penguatan sebagai berikut:

$$V_{UO} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be} + (\beta + 1) R_E'}$$

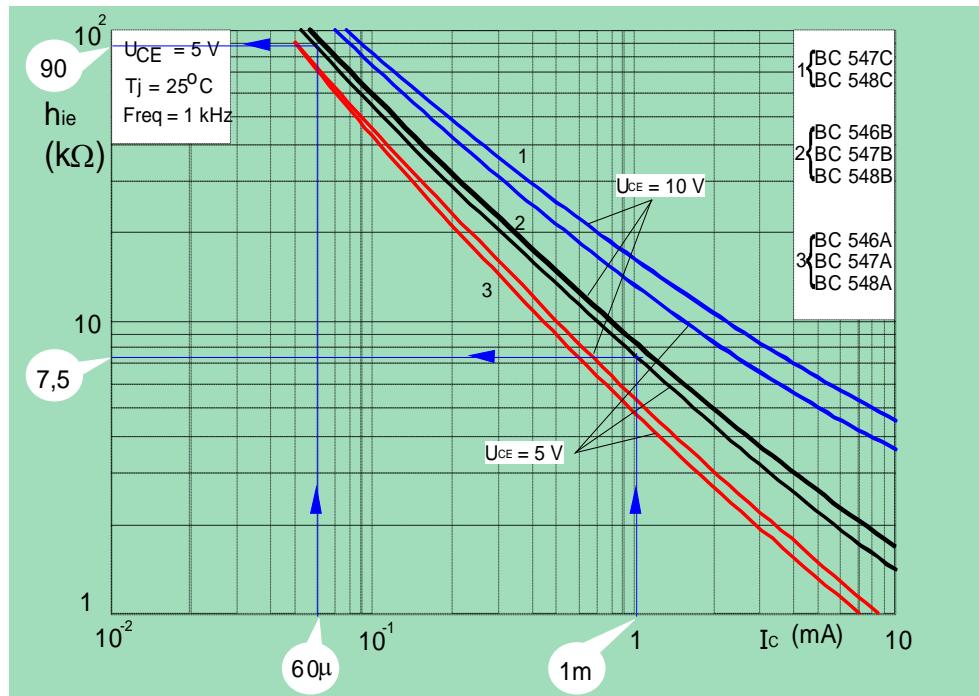
β = Penguatan arus untuk AC $\approx B$
 R_t = Tahanan di kolektor untuk AC.
 r_{be} = Tahanan basis-emitor
 R_E' = Tahanan umpan balik negatif di emitor

Jika $r_{be} \ll \beta \times R_E'$ dan $\beta \gg 1$.

$$|V_U| \approx \frac{R_t}{R_E'}$$

Untuk TR1 terdapat keadaan sebagai berikut:

Paralel dengan R_3 terletak tahanan r_{be2} dari transistor TR2. r_{be2} berharga sekitar $7,5 \text{ k}\Omega$ untuk $I_{C2} = 1 \text{ mA}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (dari lembar data).



Gambar 4.22. Impedansi masukan (h_{ie}) fungsi arus kolektor (I_c)
(Philips Data handbook, Semiconductor Part 3 Nov 1982)

Sehingga:

$$- R_t = R_3 // r_{be2} = 120 \text{ k}\Omega // 7,5 \text{ k} \approx 7 \text{ k}\Omega \Rightarrow // = \text{paralel}$$

- $\beta \approx 220$ untuk $I_C1 = 50 \mu\text{A}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (dari lembar data)

- $R_E' = R_5$ sampai $(R_4 + R_5)$ sesuai posisi trimpot R_4 .

- $r_{be1} = 90 \text{ k}\Omega$ untuk $I_C1 = 50 \mu\text{A}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (dari lembar data).

Untuk V_U maks untuk TR1 rumus sederhana tidak boleh digunakan, karena

$r_{be1} \gg \beta \times R_E'$

Sehingga:

$$|V_{U \text{ maks}}(\text{TR1})| = \frac{220 \times 7,5 \text{ k}\Omega}{90 \text{ k}\Omega + (220 + 1) \times 220} = 11.9 \text{ kali}$$

Untuk V_U min $r_{be1} \ll \beta \times R_E'$ sehingga rumus yang disederhanakan dapat digunakan.

$$|V_{U \text{ min}}(\text{TR1})| = \frac{7,5 \text{ k}\Omega}{5,22 \text{ k}\Omega} \approx 1,4 \text{ kali}$$

TR2 tanpa umpan balik negatif, karena R_9 dihubung singkat oleh C_6 untuk AC. Di kaki kolektor ditemui hanya R_7 , karena tidak terdapat tahanan beban yang dihubungkan.

$$- R_t = R_7 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

- $\beta \approx 275$ untuk $I_C2 = 1 \text{ mA}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (data Gambar 4.13).

- $r_{be2} = 7 \text{ k}\Omega$ untuk $I_C2 = 1 \text{ mA}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (data).

Maka:

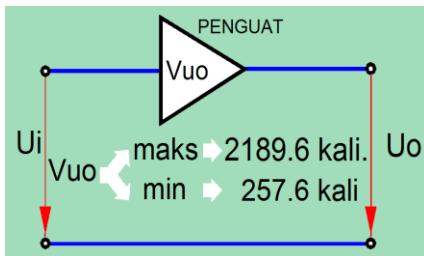
$$V_U = \frac{275 \times 4,7 \text{ k}\Omega}{7 \text{ k}\Omega} = 184 \text{ kali}$$

Untuk penguatan keseluruhan terdapat penguatan:

$$V_{U0} \text{ maks} = V_U \text{ maks} (\text{TR1}) \times V_U (\text{TR2}) = 11.9 \times 184 = 2189.6 \text{ kali.}$$

$$V_{U0} \text{ min} = V_U \text{ min} (\text{TR1}) \times V_U (\text{TR2}) = 1.4 \times 184 = 257.6 \text{ kali.}$$

Hasil dari perhitungan sangat tergantung dari data transistor! β dapat menyimpang hingga $\pm 50\%$ dari harga (menyebar).



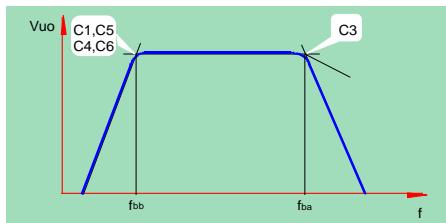
Gambar 4.23. Penguat dengan penguatan V_{Uo} .

Selain itu β dan r_{be} tergantung dari arus kolektor. Harga yang telah dihitung hanya dapat digunakan sebagai pengarah. Penguat yang dibahas sekarang dapat dipandang seperti Gambar 4.23

Penguat mempunyai sifat menguatkan sinyal dengan penguatan beban kosong atau terbuka atau *open loop* V_{Uo} 257,6 kali sampai 2189,6 kali (tergantung pengaturan posisi R4).

Sudah barang tentu penguatan beban kosong V_{Uo} tidak sama besar dari $f=0\text{Hz}$ (DC) sampai $f = \infty$. Frekuensi batas bawah f_{bb} ditentukan oleh kapasitor C_1 , C_5 . Kapasitor C_1 bersama dengan tahanan masukan TR1 membentuk pelalu atas. Kapasitor C_5 bersama tahanan beban R_L membentuk sebuah pelalu atas. R_L dapat merupakan tahanan masukan tingkat berikutnya.

Untuk frekuensi rendah X_c dari C_4 , C_6 selalu semakin besar. Dengan demikian umpan balik negatif naik dan penguatan menurun, lihat Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Pembatasan tanggapan frekuensi

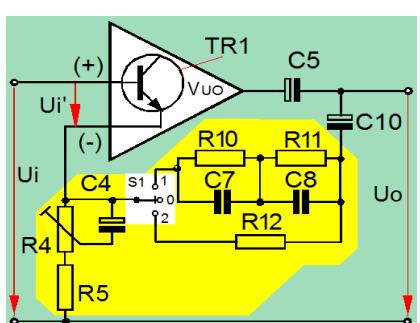
Penguatan dari hasil perhitungan di atas berlaku hanya untuk daerah frekuensi tengah saja (dalam daerah 20 Hz.....20 kHz).

Jaringan umpan balik negatif "luar"

Pengertian *jaringan umpan balik "luar"* adalah jaringan antara *keluaran penguat (C10)* ke *masukan penguat (emitor TR1 untuk memperoleh umpan balik negatif)*. Komponen umpan balik dapat diganti dengan memindahkan saklar penghubung umpan balik S1. Jika saklar S1 pada 2 sinyal keluaran diumpan balikkan melalui tahanan R12, dimana komponen ini tidak

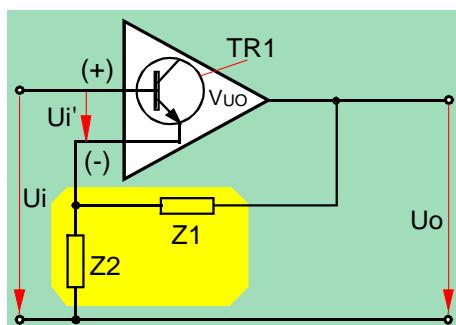
terpengaruh oleh frekuensi, melalui C10 (C10 nilainya terlalu besar untuk sinyal audio). Jika saklar S1 pada 1, umpan balik negatif akan bergantung frekuensi dan sesuai dengan penyama (ekualisasi = *equalization*) untuk piringan hitam RIAA (*Recording Industry Association of America* = Asosiasi Industri Rekaman Amerika), komponen itu terdiri dari jaringan R10,R11 dan C7 serta C8.

Penguatan dengan umpan balik negatif "luar"



Gambar 4.25. Umpan Balik "luar"

Model dari gambar 4.21 diubah. Basis dipisah menjadi masukan (+) dan emitor menjadi masukan (-). Tegangan kendali keseluruhan terletak antara basis (+) dan emitor (-) dari TR1 dan dinyatakan sebagai U_1' lihat gambar 4.25. Untuk perhitungan penguatan model dari gambar 4.25



Gambar 4.26. Penguat dengan umpan balik Z_1 dan Z_2

disederhanakan menjadi seperti Gambar 4.26. Impedansi Z_2 adalah umpanbalik negatif antara keluaran dan emitor TR1. Impedansi Z_1 adalah umpan balik antara emitor TR1 dan massa (0V). Elemen R_4 dan R_5 telah dijelaskan pada umpan balik negatif arus dalam "jaringan penguat".

Dalam umpan balik negatif pada gambar 4.25 elemen ini bekerja kembali.

Penguatan tanpa umpan balik $V_{uo} = \frac{U_o}{U_i}$ dengan $U_i' = U_i - U_o \left(\frac{z_1}{z_1+z_2} \right)$ dimana

$U_A \frac{z_1}{z_1+z_2}$ merupakan tegangan yang dikembalikan dari keluaran ke masukan.

$$V_{uo} = \frac{U_o}{U_i - U_o \left(\frac{z_1}{z_1+z_2} \right)}$$

$$V_{uo} \left(U_i - U_o \left(\frac{z_1}{z_1+z_2} \right) \right) = U_o$$

$$V_{uo} \times U_i - V_{uo} \times U_o \left(\frac{z_1}{z_1+z_2} \right) = U_o$$

$$V_{uo} \times U_i = U_o + V_{uo} \times U_A \left(\frac{z_1}{z_1+z_2} \right) = U_o \left(1 + V_{uo} \times \left(\frac{z_1}{z_1+z_2} \right) \right)$$

$$\frac{U_A}{U_i} = \frac{V_{uo}}{1 + V_{uo} \times \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)}}$$

$$V_u = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)}}$$

Jika $V_{uo} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ Maka $V_u = \frac{1}{1 + \frac{1}{\frac{Z_2}{Z_1}}} \rightarrow V_u = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$

Dari sini terlihat bahwa penguatan V_u tidak lagi tergantung dari penguatan beban kosong (*open loop Gain*) V_{uo} ! Tetapi ditentukan oleh Z_1 dan Z_2 . Jadi jaringan umpan balik negatif Z_1 dan Z_2 menentukan sifat penguat.

Sisi baiknya : sifat yang berbeda dari transistor TR1, TR2 praktis tidak mempengaruhi sifat dari penguat keseluruhan.

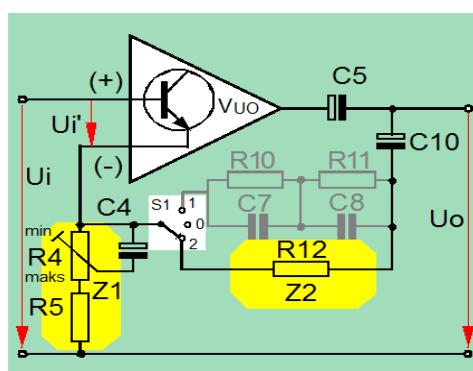
Dengan syarat $V_{uo} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ dalam praktek persyaratan ini hampir selalu terpenuhi. dengan demikian penguatan penguat dapat dihitung dengan rumus sederhana.

Perhitungan penguatan V_u dengan umpan balik negatif "luar"

Data: V_{uo} maks = 2189.6 kali

V_{uo} min = 257.6 kali

Saklar S1 pada posisi 2, berarti umpan balik linier. Umpan balik berupa tahanan R_{12} sebesar $15k\Omega$ lihat Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Penguat dengan umpan balik S1 pada "2"

$$Z_2 = R_{12}$$

$$Z_1 = R_4 + R_5,$$

V_u maks jika $R_4 = 0 \Omega$
(hubung singkat)

V_u min jika $R_4 = 5k\Omega$

$$V_u \text{ min} = 1 + \frac{R_{12}}{R_4 + R_5} = 1 + \frac{15k\Omega}{5k\Omega + 220\Omega} = 3,8 \text{ kali}$$

($V_{uo \ min} = 257.6$ berarti $V_{uo} \gg 3,8$)

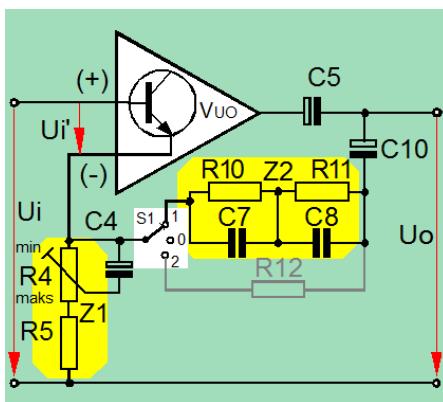
$$V_{u \ maks} = 1 + \frac{R_{12}}{R_4 + R_5} = 1 + \frac{15k\Omega}{0\Omega + 220\Omega} = 69 \text{ kali}$$

($V_{uo} = 2189.6$ berarti $V_{uo} \gg 68$)

Penghubung umpan balik S1 pada kedudukan 1, berarti jaringan umpan balik tergantung frekuensi seperti Gambar 4.28.

Z_2 = terdiri dari R_{11} paralel C_8 disambung seri dengan R_{10} paralel C_7

Z_1 = R_4 disambung seri R_5 .



Gambar 4.28. Penguat dengan umpan balik S1 pada "1"

Karena umpan balik tergantung frekuensi, maka penguatan juga tergantung frekuensi. Pada frekuensi tinggi X_{C7} dan X_{C8} selalu mengecil dengan menaiknya frekuensi. Untuk melihat sifat penguatan dari penguat dengan jaringan umpan balik $S1=1$

maka dipilih 3 besaran frekuensi. Kemudian impedansi Z_2 dapat dihitung yang selanjutnya penguatan untuk masing-masing besaran frekuensi dapat dihitung.

Pada tabel 5.1 dihitung besar impedansi Z_2 pada masing-masing frekuensi dan pada tabel 5.2 dihitung besar penguatan tanpa beban V_{uo} dan penguatan rangkaian dengan umpan balik luar V_u . Perhitungan $|Z_2|$ hanya pendekatan dengan tidak memperhitungkan sudut fasa, sekedar untuk mempermudah analisis kerja rangkaian.

Tabel 5.1.Penghitungan impedansi $|Z_2|$

f (Hz)	R11 (Ω)	Xc8 (Ω)	R10 (Ω)	Xc7 (Ω)	Rumus Z_2	Z_2 (Ω)
50	15k	670k	330k	212k	$\Rightarrow R_{11} \ll X_{c8}$ $\Rightarrow R_{10} // X_{c7} \gg R_{11}$ $\approx R_{10} // X_{c7} \approx 129k$	$\approx R_{10} // X_{c7}$ $\approx 129k$
1k	15k	34k	330k	10,6k	$\Rightarrow X_{c7} \ll R_{10}$ $\Rightarrow R_{11} // X_{c8} \approx X_{c7}$ $\approx R_{11} // (X_{c8} + X_{c7}) \approx 21k$	$\approx R_{11} // (X_{c8} + X_{c7})$ $\approx 21k$
20k	15k	1,7k	330k	530k	$\Rightarrow X_{c8} \ll R_{11}$ $\Rightarrow (R_{10} // X_{c7}) \ll R_{11}$ $\approx X_{c8} \approx 1,7k$	$\approx X_{c8} \approx 1,7k$

Tabel 5.2. Perhitungan penguatan V_U min

f (Hz)	Z_2 (Ω) dari tabel 5.1	$Z_1 =$ $R_4 + R_5$ (Ω)	$V_U \approx 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$	$V_U = \frac{1}{\frac{1}{V_{U0}} + \frac{1}{1 + \frac{Z_2}{Z_1}}}$	V_{U0}	$1 + \frac{Z_2}{Z_1}$	$\frac{V_{U0}}{1 + \frac{Z_2}{Z_1}}$
			pendekatan	tepat			
50	129k	5,22k	25,7	23,4	257,6	25,7	10,0
1k	21k	5,22k	5,0	4,9	257,6	5,0	51,3
20k	1,7k	5,22k	1,3	1,3	257,6	1,3	194,3

Dalam tabel 5.2 dapat dilihat, bahwa perhitungan untuk V_U pada frekuensi 50 Hz terdapat penyimpangan antara hasil yang didapat dengan rumus pendekatan dan rumus. Untuk frekuensi lainnya persyaratan $V_{U0} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ terpenuhi. dalam tabel 5.3 perhitungan V_U maksimum pada frekuensi 50Hz hasil kedua rumus masih berbeda. Karena perbandingan V_{U0} : $1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ sangat kecil, hanya 3,7 saja.

Tabel 5.3. Perhitungan penguatan V_U maks

f (Hz)	Z2 (Ω) dari tabel 1	Z1=R5 (Ω)	$V_U \approx 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$	$V_U = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \frac{Z_2}{Z_1}}}$	V_{uo}	$1 + \frac{Z_2}{Z_1}$	$\frac{V_{uo}}{1 + \frac{Z_2}{Z_1}}$
			pendekatan	tepat			
50	129k	220	587,4	463,1	2189,6	35	3,7
1k	21k	220	96,5	92,4	2189,6	4,3	22,7
20k	1,7k	220	8,7	8,7	2189,6	1,3	250,9

Tabel 5.4. Penguatan dalam dB

f (Hz)	V_{uo} (maks)	dB	V_{uo} (min)	dB	V_U (maks)	dB	V_U (min)	dB
50	2189,6	66,8	257,6	48,2	463,1	53,3	23,4	27,4
1k	2189,6	66,8	257,6	48,2	92,4	39,3	4,9	13,9
20k	2189,6	66,8	257,6	48,2	8,7	18,8	1,3	2,4

Syarat $V_{uo} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$, tidak terpenuhi. V_{uo} hanya 2,6 kali lebih besar dari $1 + \frac{Z_2}{Z_1}$.

Pada 1kHz perbedaan menjadi lebih kecil dan pada 20 kHz persyaratan

$V_{uo} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ pasti terpenuhi.

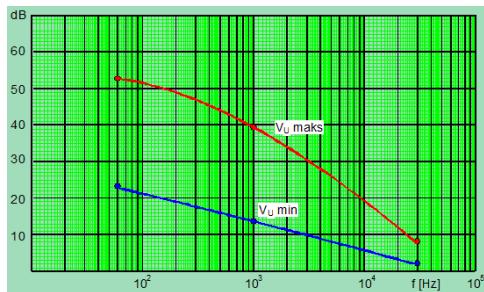
Untuk hasil yang tepat dengan rumus sederhana berlaku jika V_{uo} paling

sedikit 10 kali lebih besar dari faktor $1 + \frac{Z_2}{Z_1}$. Ini berlaku untuk semua juga

hitungan praktis. Penguatan *open loop* (V_{uo}) seharusnya paling tidak 10 kali

lebih besar dari faktor $1 + \frac{Z_2}{Z_1}$, dengan demikian penguatan tidak lagi

bergantung pada V_{uo} , melainkan hanya bergantung dari Z_2 dan Z_1 .

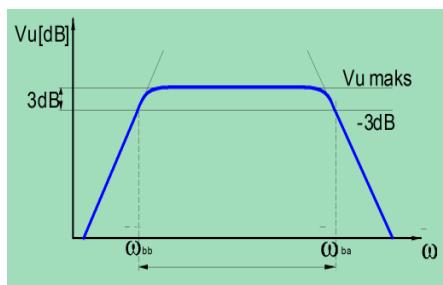


Gambar 4.29. Penguatan V_u terhadap frekuensi
4.27

Tanggapan frekuensi dari penguat pemungut suara magnetik diambil dari data tabel 5.4 ditampilkan pada Gambar 4.29. Semakin rendah penguatan penguat dengan naiknya frekuensi sinyal terlihat pada Gambar

3. Lebar Daerah Frekuensi

a. Pengertian lebar daerah frekuensi (*bandwidth*)



Gambar 4.30. Lebar daerah frekuensi

Lebar daerah frekuensi b adalah selisih dari frekuensi batas atas (ω_{ba}) dengan frekuensi batas bawah (ω_{bb}). Pada frekuensi batas penguatan pada frekuensi itu turun sekitar -3dB, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.30.

Penyebab pembatasan daerah frekuensi

Tidak ada penguat yang memiliki lebar daerah frekuensi yang tak terhingga (∞). Lebar daerah frekuensi dibatasi oleh kekhususan seperti berikut :

- Kapasitansi, induktansi yang menyebar dalam rangkaian.
- Kapasitansi dalam semikonduktor (kapasitansi basis - kolektor).
- Bagian induktif misalnya dalam kapasitor-kapasitor, tahanan-tahanan.
- Pemilihan rangkaian.

Dengan upaya rangkaian yang sesuai dicoba untuk memperoleh sebuah daerah frekuensi yang optimal.

Akibat pembatasan daerah frekuensi

Dengan adanya pembatasan daerah frekuensi maka hanya daerah frekuensi tertentu saja yang dikuatkan. Efek positifnya, sinyal-sinyal pada frekuensi yang diluar keinginan, misal di bawah 20 Hz dan di atas 20 kHz, diredam

dan akan dapat menghemat daya. Hal ini dapat pula suatu hal yang diinginkan, misalnya dalam penguat selektif seperti penguat frekuensi antara ($IF=Intermediate Frequency$), atau penyelesaian gangguan misalnya dalam penguat video. Paling mengganggu adalah pada ujung daerah ω_{bb} , ω_{ba} . Selain penurunan amplitudo timbul pula pergeseran phasa φ yang tergantung dari frekuensi.

Komponen yang membatasi daerah frekuensi

Dalam rangkaian penguat depan universal yang dibahas (Gambar 4.7 paragraf 4.2.1) bekerja 4 untaian RC sebagai pelalu atas.

- 1) C1 dengan tahanan masukan r_1 dari TR1.
- 2) C5 dengan tahanan beban R_L pada A.
- 3) C4 dengan R4, R5. Semakin tinggi frekuensi, umpan balik semakin kecil (penampilan pelalu atas).
- 4) C6 dengan R9 (berpenampilan seperti C4).

Frekuensi batas bawah ω_{bb} ditentukan oleh 4 untaian RC. Kemiringan garis a (gambar 4.29) berharga hanya 20dB pada sebuah untai RC.

Dalam rangkaian penguat depan universal yang dibahas (Gambar 4.7paragraf 4.2.1) bekerja 2 kombinasi RC sebagai pelalu bawah.

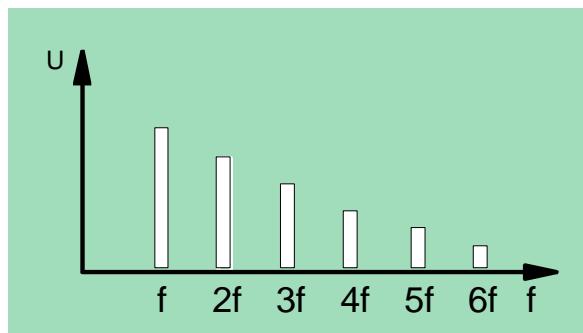
- 5) Kapasitansi kolektor basis $C_{CB}(TR\ 1)$ dengan tahanan masukan r_1, r_2 .
- 6) Kapasitansi kolektor basis $C_{CB}(TR\ 2)/C3$ dengan tahanan masukan r_2 dan $R7 // RL$.

Semakin tinggi frekuensi, semakin besar umpan balik melalui C_{CB} juga $C_{CB}/C3$, ini merupakan penampilan pelalu bawah.

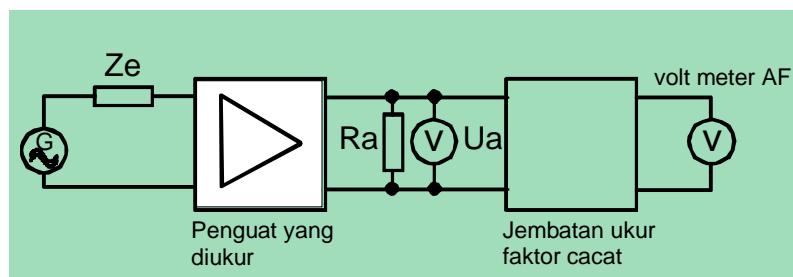
4. Pengukuran Kualitas Penguat Suara

Untuk dapat meletakkan suatu penguat dalam suatu kelas mutu, harus mengetahui data tekniknya. Biasanya pembuat peralatan menyertakan data-data teknik antara lain untuk sebuah penguat suara, berikut diuraikan data-data yang harus ada pada penguat depan:

a. Faktor cacat



Gambar 4.31. Frekuensi harmonisa (2f 3f dan seterusnya) yang ditimbulkan



Gambar 4.32. Tata cara mengukur faktor cacat

Faktor cacat adalah ukuran untuk cacat sebuah getaran sinus melalui harmonis sehingga disebut pula cacat harmonis (Gambar 4.43). Idealnya penguat hanya menguatkan sinyal frekuensi asli atau dasar, tapi karena dalam penguat terdapat komponen aktif yang bekerja tidak linier, maka selain sinyal asli timbul sinyal baru dengan frekuensi lain. Frekuensi baru merupakan kelipatan frekuensi dasar (harmonika). Sinyal-sinyal harmonis ini turut dikuatkan bersama sinyal dasar, sehingga pada keluaran tertampil jumlah seluruh sinyal. Maka sinyal keluaran tidak sesuai lagi dengan sinyal masukan.

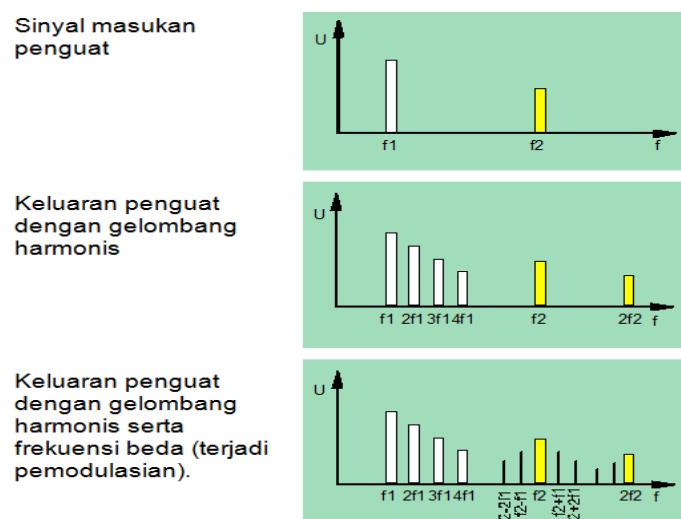
$$\text{Faktor cacat } k = \frac{\sqrt{U^2 f_2 + U^2 f_3 + \dots}}{\sqrt{U^2 f_1 + U^2 f_2 + U^2 f_3 + \dots}} \times 100\%$$

Gambar 4.44 menunjukkan pengukuran faktor cacat, penguat dikendalikan mencapai harga tegangan nominal pada R_a . Jembatan ukur faktor cacat ditala pada frekuensi yang sama dengan frekuensi generator, gunanya untuk

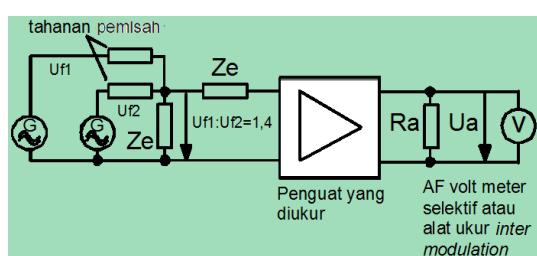
menekan frekuensi dasar. Setelah jembatan ukur dipasang milivoltmeter mengukur amplitudo gelombang harmonis keseluruhan, yang kemudian dikalibrasi sebagai faktor cacat dalam %.

b. Cacat intermodulasi

Bila sebuah penguat dikendalikan secara penuh dengan dua frekuensi maka akan timbul bagian dari semua frekuensi jumlah dan beda. Hal ini terjadi dari pencampuran melalui garis kurva bengkok (Gambar 4.45).



Gambar 4.33. Cacat intermodulasi



Gambar 4.34. Tata cara pengukuran inter modulasi

Pengukuran derajad intermodulasi sesuai peraturan DIN, penguat diberi dua sinyal dengan frekuensi $f_2 = 8000$ Hz dan $f_1 = 250$ Hz dengan perbandingan amplitudonya adalah 1: 4. Jumlah harga puncak dari f_1 dan f_2 seharusnya mengendalikan penguat secara penuh, dimana dengan itu tegangan f_1 jatuh sebanyak empat bagian atau 80% dari tegangan masukan. Pada R_a akan

terukur tegangan-tegangan $U_{f2}-U_{f1}$ dan $U_{f2} + U_{f1}$ juga $U_{f2} - 2U_{f1}$ dan $U_{f2} + 2U_{f1}$ dan seterusnya.

Maka derajad intermodulasi m dihitung dengan rumus

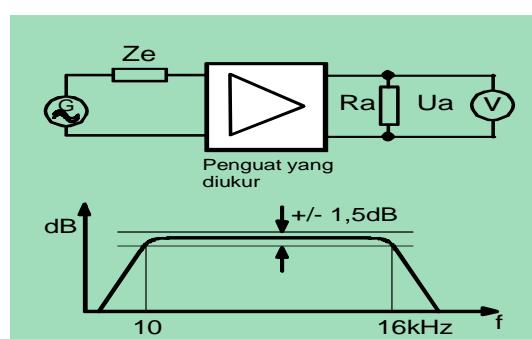
$$m = \frac{\sqrt{[(U_{f2} - U_{f1}) + (U_{f2} + U_{f1})]^2 + [(U_{f2} - 2U_{f1}) + (U_{f2} + 2U_{f1})]^2 + \dots}}{U_{f2}} \times 100\%$$

c. Daerah pemindahan (tanggapan frekuensi)

Daerah pemindahan sebuah penguat adalah daerah frekuensi, dimana penguat menindahkan tanpa cacat linier pada harga nominal. Pada frekuensi batas penguatan turun sekitar 3 dB (30%). Tentu dicita-citakan daerah pemindahan yang besar. Walaupun pendengaran manusia hanya sampai sekitar 15 kHz, perlu dikembangkan penguat sampai misalnya 30.000 Hz.

Bunyi suatu instrumen ditentukan oleh harmonisnya, misalnya suatu instrumen bergetar pada 10.000 Hz maka harmonis pertama terletak pada 20.000 Hz, harmonis kedua pada 30.000 Hz. Walau orang tidak bisa mendengar gelombang harmonis, tetapi perbedaan antara frekuensi dasar dan harmonis berada pada daerah pendengaran.

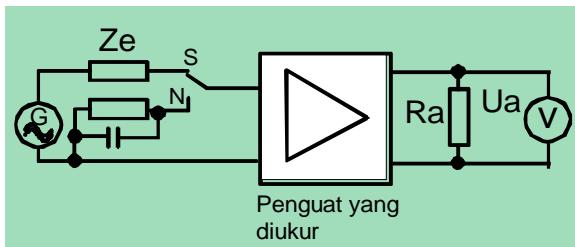
Gambar 4.47 memperlihatkan rangkaian pengukuran untuk mengukur tanggapan frekuensi. Dengan pengatur kuat suara dibuka penuh, penguat dikendalikan oleh generator suara dengan frekuensi 1000 Hz dan tegangannya 10 dB di bawah harga tegangan masukan nominal. Tegangan keluaran pada R_a dengan kondisi ini diambil sebagai tegangan patokan 0 dB. Frekuensi generator diubah-ubah dari minimum maksimum.



Gambar 4.35. Tata cara mengukur tanggapan frekuensi (kiri), dan kurva tanggapan frekuensi

d. Perbandingan sinyal ke desis(signal to noise ratio S/N)

Jarak sinyal dengan desis atau lebih dikenal perbandingan sinyal ke desis adalah perbandingan antara sinyal yang berguna dengan sinyal pengganggu



Gambar 4.36. Tata cara pengukuran S/N

yang dapat terdengar. Dan perbandingan ini ukur dalam dB, sinyal pengganggu ini termasuk desis dan brum. Gambar 4.48 memperlihatkan rangkaian pengukuran S/N.

Penguat dikendalikan oleh generator dengan frekuensi 1000 Hz dan dengan tegangan masukan minimum, kuat suara dilemahkan sehingga daya keluaran pada R_a sebesar 100 mW (pada $R_a = 4 \Omega$, 630 mV).

Untuk stereo 2×50 mW (pada $R_a = 4 \Omega$, 2×450 mV).

Pengatur nada pada kondisi datar, geseran tidak boleh lebih dari + 4dB sekitar harga patokan pada 1 kHz. Tegangan keluaran pada kondisi sebagai patokan tegangan patokan 0dB. Kemudian generator dilepas, masukan diganti dengan komponen penutup, kemudian diukur lagi. Pada kondisi terakhir adalah pengukur sinyal gangguan yang ditimbulkan dari penguat sendiri.

$$S/N = 20 \log \frac{U_a}{U_{\text{gangguan}}} \quad (\text{dB})$$

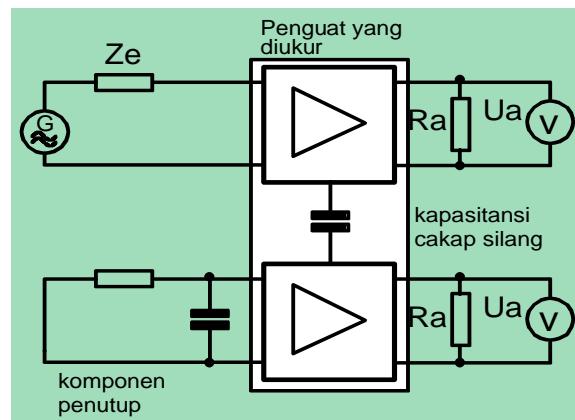
e. Cakap silang(cross talk)

1) Cakap silang antar kanal

Pada peralatan stereo cakap silang antar kanal adalah ikut bersuaranya kanal yang lain jika kanal yang satu sedang beroperasi. Gambar 4.49 memperlihatkan rangkaian pengukurannya.

Kedua kanal pada keluaran dipasang tahanan murni sebesar impedansi keluarannya. Kanal yang satu dikendalikan oleh generator hingga tegangan keluaran nominalnya dengan frekuensi 1000 Hz dan antara 250 Hz sampai 10.000 Hz. Keduanya diukur dengan voltmeter AF. Besarnya

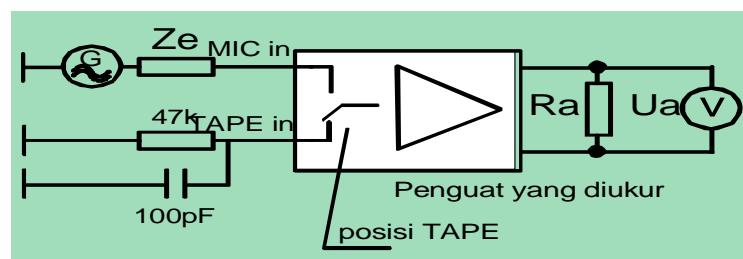
$$\text{redaman cakap silang} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \quad (\text{dB})$$



Gambar 4.37. Pengukuran cakap silang

2) Cakap silang antar masukan yang berlainan

Cakap silang antar masukan adalah timbulnya cakap silang antar masukan yang satu dengan yang lainnya. Gambar 4.50 merupakan rangkaian pengukuran untuk itu. Satu masukan penguat dikendalikan oleh generator suara, sedang yang lainnya ditutup dengan komponen penutup. Penguat dihubungkan antara masukan satu dengan yang lainnya, masing-masing diukur keluarannya. Perbandingan tegangan keluaran dengan tegangan keluaran nominal disebut cakap silang.



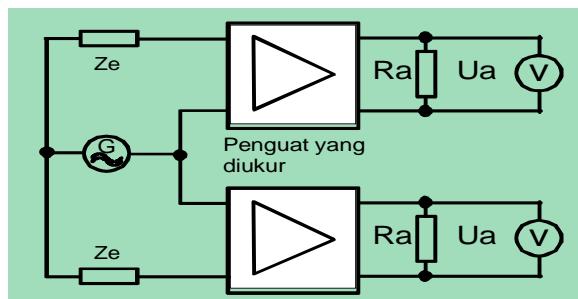
Gambar 4.38. Pengukuran cakap silang

$$\text{Besarnya cakap silang} = 20 \log \frac{U_{sa}}{U_{na}} \text{ (dB)} \quad \begin{aligned} U_{sa} &= \text{tegangan keluaran terukur} \\ U_{na} &= \text{tegangan keluaran nominal} \end{aligned}$$

f. Keseimbangan kanal

Pada peralatan stereo, kekuatan suara kanal kanan dan kiri hanya boleh berbeda pada batas tertentu ($\leq 3\text{dB}$). Sedang pada peralatan stereo dengan pengatur keseimbangan (*balance*) perbedaan boleh sampai 6dB . Gambar 4.51 memperlihatkan rangkaian pengukuran keseimbangan kanal, kedua

masukan (kanal kanan dan kiri) diberi masukan yang sama dengan frekuensi 250Hz-6.300Hz dengan level -10dB dari harga nominalnya. Pengaturan-pengaturan pada kedua kanan penguat yang diukur pada posisi yang sama, kemudian diukur kedua tegangan keluarannya.



Gambar 4.39. Tata cara mengukur keseimbangan kanal

5. Persyaratan Norma Hi-Fi

Sebuah penguat suara dapat dikategorikan Hi-Fi (*High Fidelity*) jika hasil pengukuran kualitas penguat tidak melebihi ketentuan. Standar DIN (*Deutsches Institut für Normung*) untuk Hi-Fi seperti tertuang pada Norm DIN 45 500 untuk penguat suara seperti ditampilkan dalam Tabel 5.6 berikut ini:

Tabel 5.5. Persyaratan Hi-Fi

Jenis pengukuran	Harga batas	
Tanggapan Frekuensi	40 ..16 kHz	$\pm 1,5\text{dB}$ untuk masukan linear $\pm 2\text{dB}$ untuk masukan panyama (equilizer)
Faktor Cacat	$\leq 1 \%$	pada 40-12.500 Hz Pada daerah batas daya turun 50 %
Intermodulasi	3 %	Pada frekuensi 250Hz+8.000 Hz skala penuh & amplitudo 4:1
Ketidakimbangan kanal	$\leq 3 \text{ dB}$	250 6.300 Hz
Cakap silang (Crosstalk)	$> 40 \text{ dB}$ $> 30 \text{ dB}$	pada 1 kHz pada 250 10.000 Hz
S/N	$> 50 \text{ dB}$	Pada output total 100mW

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan

1. Memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. Gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Tugas 1. Merencana penguat depan universal

Tindakan
1. Dengan menggunakan rangkaian Gambar 4.7, hitunglah nilai-nilai resistor untuk tegangan sumber 12V, arus diam untuk transistor 2 sebesar 1mA!
2. Buatlah daftar komponen

Tahanan
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R9
R10
R11
R12

2. Tugas2. Merakit penguat depan universal

Tindakan
<ol style="list-style-type: none"> Buatlah papan rangkaian tercetak PRT/PCB (<i>Printed Circuit Board</i>) untuk penguat dengan gambar rangkaian yang ditampilkan pada gambar 4.7. PRT dengan cara langsung dengan spidol atau dengan cara sablon dengan penggambaran menggunakan perangkat lunak. Setelah PRT selesai solderlah hanya resistor dan transistornya saja. Berilah tegangan catu sebesar 9Volt dan lakukan pengukuran pada kaki-kaki transistor, lengkapi tabel pengukuran.

No	Titik ukur	Nilai tegangan secara teori	Hasil Pengukuran	Selisih (%)
1	U_C2			
2	U_E2			
3	U_B2			
4	U_C1			
5	U_E1			
6	U_B1			

Semua pengukuran diukur terhadap 0V (massa)

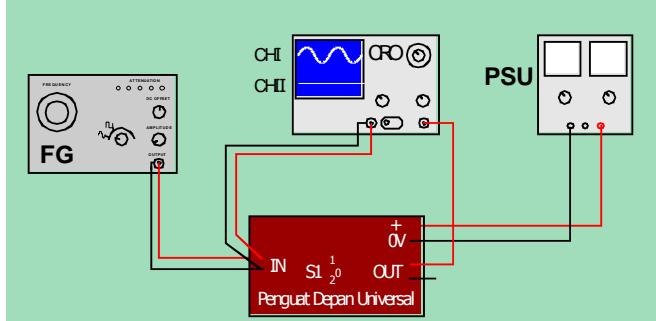
Kesimpulan :

.....

PERTANYAAN (untuk tugas 1)

- 1 Apa fungsi tahanan pada kolektor pada transistor terakhir?
- 2 Bagaimana besar arus kolektor, jika temperatur naik?
- 3 Apa akibatnya jika titik kerja transistor bergeser?
- 4 Apa yang dimaksud dengan menetapkan titik kerja transistor?
- 5 Tahanan manakah yang berfungsi sebagai penstabil titik kerja?

3. Tugas 3. Pengukuran penguatan

Rangkaian Pengukuran

Tindakan
<ol style="list-style-type: none">1. Jika Tugas 1 sudah sesuai antara hasil pengukuran dengan nilai secara teori, maka lanjutkan tugas 2 ini.2. Diharapkan dalam 1 kelas terdapat 12 buah penguat (per grup 3 siswa).3. Solderlah semua kapasitor.4. Siapkan generator fungsi (FG) dan osiloskop (CRO), hubungkan kuluaran FG pada masukan penguat (a) dan CRO kanal 1 pada (a) dand anal 2 pada (A). Saklar S1 pada rangkaian pada posisi 0.5. Aturlah FG pada bentuk gelombang sinus dan amplitudo sekitar 5mVpp dengan frekuensi 1kHz.6. Bacalah penunjukkan CRO dan lengkapi tabel pengukuran berikut ini. Setiap grup bertugas memasukkan satu lajur data sesuai nomor urut PRT-nya.

Bentuk gelombang sinus, $f=1\text{kHz}$, $U_i=5\text{mVpp}$ (sinyal keluaran tidak boleh cacat)

No PRT	V_{uo} min	V_u min (S1 = 2)	V_{uo} maks	V_u maks (S1 = 2)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
Hasil terendah				
Hasil tertinggi				
Selisih terendah tertinggi				

Harga perhitungan untuk V_u min =.....

Harga perhitungan untuk V_u maks =.....

Harga perhitungan untuk V_{uo} min =.....

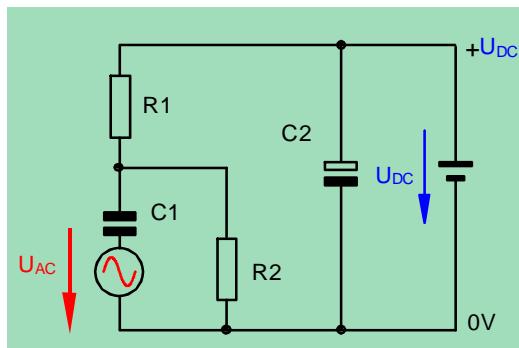
Harga perhitungan untuk V_{uo} maks =.....

Kesimpulan :

.....
.....

PERTANYAAN (untuk Tugas 2)

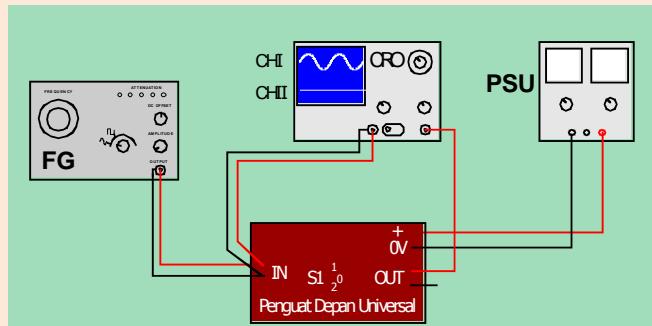
- 1 Bagi sinyal AC, sumber tegangan DC akan membentuk hubung singkat ataukah hubungan terbuka?
- 2 Tuliskan rumus tahanan R_t untuk arus AC dari rangkaian berikut ini!



- 3 Apa fungsi C_6 dalam rangkaian yang dibahas?
- 4 Secara keseluruhan, komponen manakah yang menentukan sifat penguat?
- 5 Komponen atau rangkaian manakah yang menyeragamkan sifat penguat?
- 6 Bandingkan penguatan penguat tanpa umpan balik untuk masing-masing PRT apakah hasilnya semua sama/seragam?

4. Tugas3. Pengukuran penguatan

Gambar Rangkaian Pengukuran



1. Rangkailah PRT penguat yang sudah disolder lengkap dengan peralatan seperti rangkaian pengukuran.
2. Pemilih S1 pada PRT di set pada "1", R4 di set untuk penguatan minimum.
3. Atur FG pada gelombang sinus dan frekuensi sesuai tabel. Amplitudo FG diatur 5mVpp (di ubah bila bentuk gelombang keluarannya cacat)
4. Lengkapi tabel tugas berikut dari hasil perhitungan teori. Masukkan hasil pengukuran yang diperoleh

Tabel II:

.f (Hz)	Perhitungan		Pengukuran		Perhitungan		$\frac{V_{UO}}{1 + \frac{Z_2}{Z_1}}$	
	Kasar	Tepat	V _U	V _{UO}	Z ₁	Z ₂		
	$V_U = 1 + \frac{z_2}{z_1}$	$V_U = \frac{1}{\frac{1}{V_{UO}} + \frac{1}{1 + \frac{z_2}{z_1}}}$						
50								
1k								
20k								

Tabel III.

Perhitungan dan pengukuran penguatan dengan umpan balik maksimum (V_u maks.) dan penguatan beban kosong maksimum (V_{uo} maks) dengan penghubung umpan balik, pada n

.f (Hz)	Perhitungan		Pengukuran		Perhitungan		$\frac{V_{uo}}{1 + \frac{z_2}{z_1}}$	
	Kasar	Tepat	V_u	V_{uo}	$ Z1 $	$ Z2 $		
	$V_u = 1 + \frac{z_2}{z_1}$	$V_u = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \frac{z_2}{z_1}}}$						
50								
1k								
20k								

Kesimpulan:

.....

.....

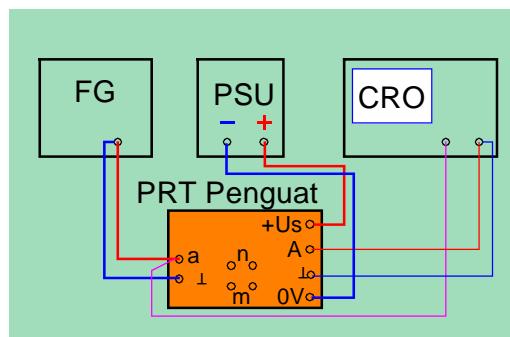
.....

PERTANYAAN (untuk Tugas 3)

1. Apa syaratnya supaya penguatan penguat (V_u) akan tepat/mendekati $1 + \frac{z_2}{z_1}$?
2. Tuliskan rumus penguatan, jika $V_{uo}=2xV_u$!
3. Sebesar atau sekecil mungkin besarnya V_{uo} , supaya penguatan penguat tidak tergantung dari toleransi komponen?
4. Bagaimana besar penguatan, jika umpan balik sangat kecil?
5. Bagaimana tanggapan frekuensinya, jika pemilih S1 pada posisi 1?

5. Tugas 4. Tanggapan Frekuensi

Gambar Rangkaian Pengukuran



Tindakan

1. Rangkailah PRT penguat yang sudah disolder lengkap dengan peralatan seperti rangkaian pengukuran disamping ini.
2. Saklar S1 pada PRT di set pada “2”, R4 di set untuk penguatan minimum.
3. Atur FG pada gelombang sinus dan frekuensi sesuai tabel.
4. Amplitudo FG diatur 2mVpp (di ubah bila bentuk gelombang keluarannya cacat)
5. Lengkapi tabel tugas berikut dari hasil perhitungan teori. Masukkan hasil pengukuran yang diperoleh

TABEL I

Pengukuran tanggapan frekuensi dan tanggapan phasa tanpa umpan balik.

Tegangan masukan 2 mVpp (selalu dipertahankan).

f Hz	Uo Volt	Vu kali	Vu dB	S1 divisi	S2 divisi	Q
10						
20						
50						
100						
200						
500						
1k						
2k						
5k						
10k						
20k						
50k						
100k						

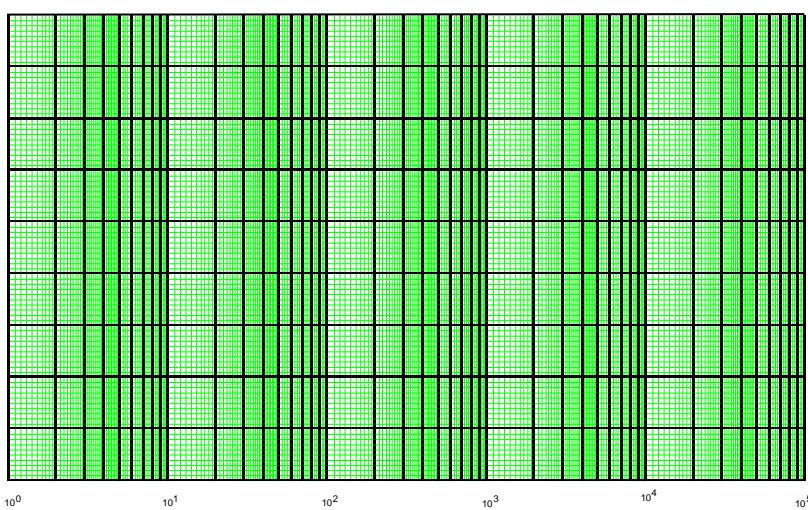
Keterangan.

Uo = tegangan keluaran.

Vu = penguatan tegangan.

$$Q = \text{pergeseran fasa} = \frac{180^\circ}{S_2} \times S_1$$

Gambarlah hasil pengukuran ke lembar grafik berikut ini

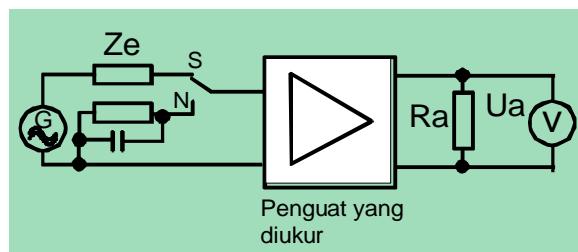


6. Tugas 5. Pengukuran S/N dengan Voltmeter AF

Bahan : Modul Penguat Depan

Alat : AFG
AF Voltmeter
CRO dan probenya

Gambar Pengukuran



Ze = tahanan masukan

Ra = tahanan keluaran

(V) = Voltmeter AF



Contoh Voltmeter AF dengan menfungsikan alau ukur cacat untuk V dan mV meter AF

Tindakan

1. Rangkaian bahan dan peralatan seperti gambar pengukuran.
2. Atur sinyal AFG frekuensi 1kHz bentuk gelombang sinus dengan amplitudo sesuai ketentuan penguat.
3. Ukur tegangan keluaran saat saklar pada "S" sebagai U_s dan posisi "N" sebagai S_N .
4. Catat hasilnya pada tabel pengukuran.
5. Lakukan tindakan 1 sampai 4 untuk modul penguat yang lainnya.

No	No Modul Penguat	U_s	S_N	$S/N = 20 \log \left(\frac{U_s}{U_N} \right) \text{ dB}$
1				
2				
3				

7. Tugas 6. Pengukuran S/N

Bahan : Modul Penguat Depan

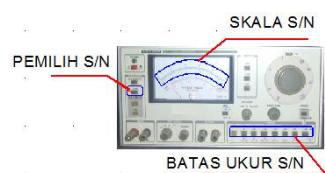
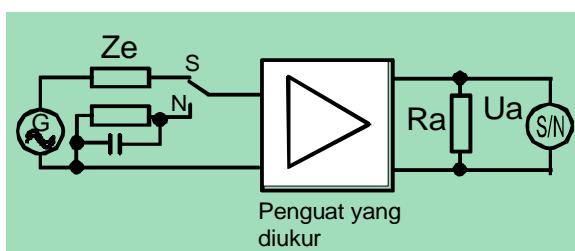
Lakukan percobaan berikut ini

Alat : AFG

S/N meter

CRO dan probenya

Gambar Pengukuran



Ze = tahanan masukan

Ra = tahanan keluaran

= S/N meter

Tindakan

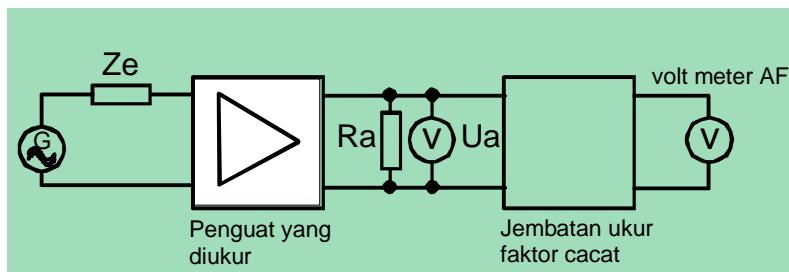
1. Rangkaian bahan dan peralatan seperti gambar pengukuran.
2. Atur sinyal AFG frekuensi 1 kHz bentuk gelombang sinus dengan amplitudo sesuai ketentuan penguat.
3. Pengaturan pada alat ukur, pilih fungsi S/N, tombol SET ditekan.
4. Masukan penguat pada "S", atur level masukan, sehingga jarum menunjuk pada SET.
5. Pindah masukan penguat pada "N", pindahkan jangkah ukur S/N pada tombol lebih bawah, sehingga jarum menyimpang cukup besar. Baca penunjukkan jarum ditambah besaran tombol jangkah S/N. Catat dalam tabel pengukuran.
6. Lakukan tindakan 1 sampai 4 untuk modul penguat yang lainnya.

No	No Modul Penguat	Batas Ukur (dB)	Penunjukan (dB)	Hasil Ukur (dB)
1				
2				
3				

8. Tugas 7. Pengukuran Faktor Cacat

Bahan : Modul Penguat Depan
 Alat : AFG
 Distortion Meter (Jembatan ukur faktor cacat)
 AF Voltmeter
 CRO dan probenya

Gambar Pengukuran



Tindakan

1. Rangkaian bahan dan peralatan seperti gambar pengukuran.
2. Lakukan seting awal pada Distortion Meter, level masukan maksimum, jangkah pengukuran pada 100%
3. Atur frekuensi AFG pada 1kHz bentuk sinus dengan amplitudo sesuai dengan penguat yang akan diukur, untuk penguat depan sekitar 10mVpp, perhatikan bentuk sinyal tidak cacat (pasang CRO pada keluaran penguat)
4. Tombol jangkah range ke satu langkah yang lebih kecil, atur filter pada Distortion Meter untuk meminimalkan penunjukkan, demikian seterusnya sampai ke jangkah range terrendah yang dimungkinkan.
5. Baca penunjukkan Distortion Meter, dan catat pada tabel pengukuran.
6. Ulangi tindakan 1 sampai 5 untuk modul penguat depan yang lainnya.

No	No Modul Penguat	Hasil Pengukuran (%)
1		
2		
3		

F. Rangkuman

Penguat depan universal dapat menguatkan sinyal dari mikrofon yang memiliki tanggapan frekuensi datar dan menguatkan sinyal dari pemungut suara (pick-up) yang memiliki tanggapan frekuensi sesuai RIAA. Pada analisis rangkaian dilakukan tahapan analisis arus searah (DC) untuk penetapan titik kerja dan penstabilanya. Pada analisis sinyal atau analisis arus bolak-balik (AC) untuk mengitung atau merencanakan seberapa besar penguatan dari rangkaian penguat yang direncanakan.

Penguat dengan umpan balik “luar” akan hanya bergantung dari komponen dalam umpan balik tersebut dengan syarat V_{U0} lebih besar dari V_U minimal 10 kali. Untuk mengukur kualitas penguat dilakukan pengukuran kualitas penguat seperti tanggapan frekuensi, cacat harmonis, perbandingan sinyal ke noise (S/N ratio) dan sebagainya.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesian guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5: RANGKAIAN PENGATUR NADA (*TONE CONTROL*) PENGUAT AUDIO

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Merencana rangkaian pengatur nada (*tone control*) penguat audio.
2. Mengukur rangkaian pengatur nada (*tone control*) penguat audio.

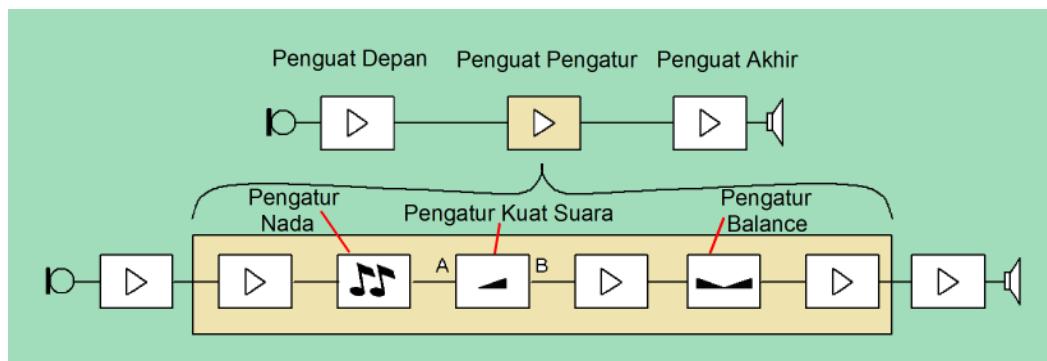
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Merencanakan rangkaian pengatur nada.
2. Mengukur kualitas pengatur nada.

C. Uraian Materi

1. Arsitektur rangkaian penguat pengatur.

Diantara blok rangkaian penguat depan dengan penguat akhir terdapat blok penguat pengatur. Dalam penguat pengatur ini terdapat pengaturan kuat suara, pengaturan nada dan pengatur kesetimbangan kanal untuk sistem stereo. Pengatur kuat suara berfungsi menyesuaikan kuat suara sekeliling dengan kebiasaan mendengar. Sedang pengatur nada untuk menyesuaikan dengan akustik ruangan. Diagram blok penguat pengatur diperlihatkan pada Gambar 5.1.

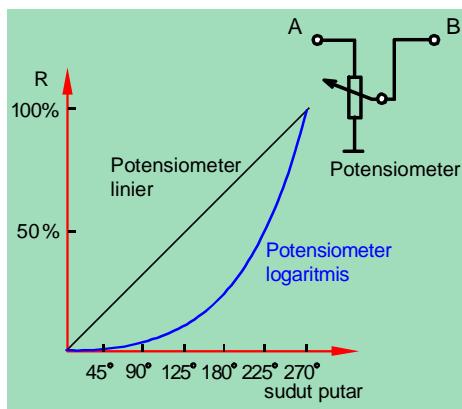


Gambar 5.1. Gambar diagram sebuah penguat suara

2. Pengatur kuat suara

a. Pengatur Kuat Suara Sederhana

Pengatur paling sederhana dengan sebuah potensiometer yang bekerja sebagai pembagi tegangan sederhana. Digunakan logaritmis positif, karena hubungan antara tekanan bunyi yang terpancarkan dan perasaan pendengaran yang mendekati logaritmis.



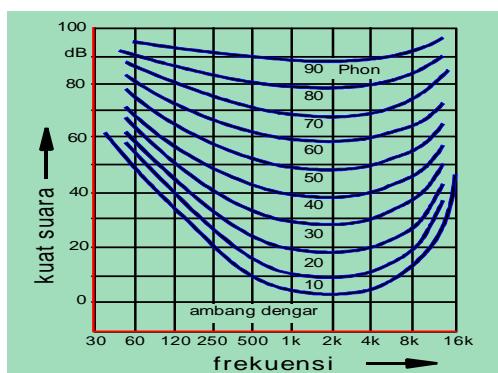
Gambar 5.2. Gambar simbol Potensiometer dan karakteristiknya

Gambar 5.2. memperlihatkan gambar simbol potensiometer dan karakteristiknya. Pengatur kuat suara sederhana tidak mengoreksi perasaan pendengaran pada frekuensi rendah dan tinggi pada kuat suara lemah. Digunakan potensiometer dari jenis logaritmik positif akan menyebabkan saat posisi

lemah pengaturan akan perlahan tidak sebanding dengan sudut putar potensiometer. Untuk mengoreksi perasaan pendengaran pada frekuensi rendah dan tinggi pada kuat suara yang berlainan digunakan pengaturan sesuai dengan pendengaran, yang biasa disebut pengaturan kuat suara dengan *loudness*.

b. Pengatur Kuat Suara sesuai Pendengaran (Psikologis)

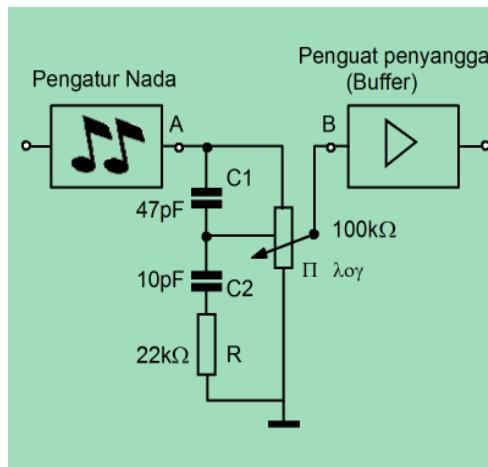
Pendengaran manusia tidak mempunyai fungsi yang linier. Semakin lemah kuat suara sebuah sumber bunyi, tekanan bunyi harus lebih kuat pada



Gambar 5.3. Karakteristik pendengaran

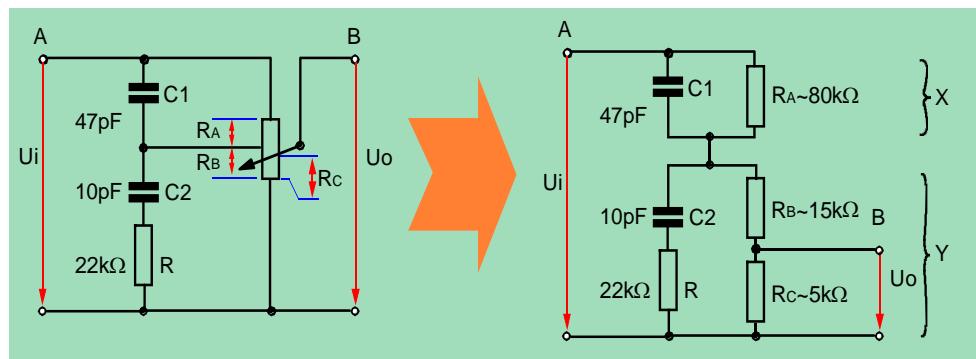
frekuensi rendah dan tinggi untuk menimbulkan tekan nada yang “linier” didalam telinga. Pada kuat suara sangat keras perasaan pendengaran hampir linier. Gambar 5.3. memperlihatkan karakteristik pendengaran tersebut.

Gambar 5.4 berikut ini menunjukkan pengatur kuat suara sesuai pendengaran terjadi pada kuat suara lemah (penggeser potensiometer dekat dengan hubungan Massa/ 0V) tegangan berfrekuensi rendah (bass) dan tinggi (treble) sedikit diangkat lebih tinggi dibanding pada frekuensi tengah (middle). Pendengaran manusia tidak mempunyai fungsi yang linier. Semakin lemah kuat suara sebuah sumber bunyi, tekanan bunyi harus lebih kuat pada frekuensi rendah dan tinggi untuk menimbulkan tekan nada yang “linier” didalam telinga.



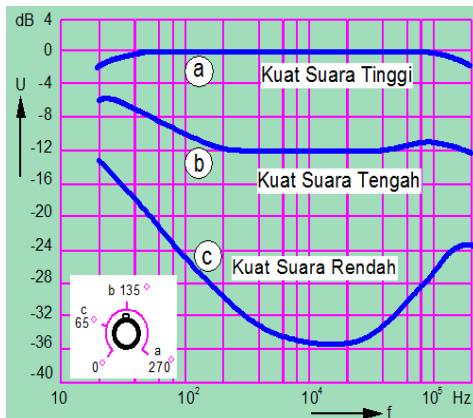
Gambar 5.4. Pengatur kuat suara dengan *loudness*

Pada kuat suara sangat keras perasaan pendengaran hampir linier. Gambar 5.3. memperlihatkan karakteristik pendengaran tersebut. Untuk memahami cara kerja rangkaian, kita sederhanakan rangkaian di atas. Posisi penggeser potensiometer dianggap seperti Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Rangkaian pengganti pengatur kuat suara dengan *loudness*

Frekuensi berganti dari 1000Hz ke frekuensi lebih *tinggi*. Kapasitor C1 akan bertahanan rendah. Tegangan jatuh di X akan menjadi kecil, di Y menjadi



Gambar 5.6. Tanggapan frekuensi sebuah pengaturan kuat suara sesuai pendengaran

besar. Dengan demikian tegangan keluaran U_o akan lebih besar. Frekuensi berganti dari 1000Hz ke frekuensi lebih *rendah*. Kapasitor C2 akan bertahanan tinggi. Tegangan jatuh di Y akan menjadi besar. Dengan demikian tegangan keluaran U_a juga menjadi besar. Kapasitor C1 mengakibatkan pengangkatan tegangan keluaran pada frekuensi rendah.

Frekuensi rendah dan tinggi direproduksi lebih kuat daripada frekuensi pada kuat suara lemah. Sifat untuk jaringan ini dapat dilihat dalam grafik pada gambar 5.6.

3. Pengatur Nada

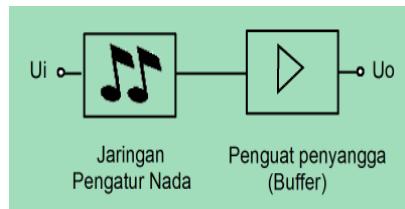
Pengatur nada bertugas menyesuaikan nada frekuensi tinggi dan rendah dengan selera pendengar dan akustik ruang, sehingga timbul gambaran nada yang diinginkan.

Keterpengaruhannya yang dapat dikoreksi meliputi:

- tenggapan frekuensi dari sumber bunyi yang berbeda-beda,
- karakteristik reproduksi dari loudspeaker,
- penurunan perasaan pendengaran untuk frekuensi tinggi dalam usia tua,
- sifat bunyi ruangan,
- dan lain-lain.

a. Pengatur nada pasif

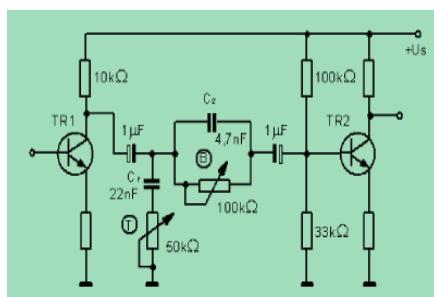
Pada pengatur nada pasif sinyal melalui keterpengaruhannya frekuensi pada dasarnya selalu diperlemah. Secara diagram blok dapat digambarkan seperti



Gambar 5.7. Diagram blok pengatur nada pasif

gambar 5.7. Penguat penyangga mempunyai tugas menaikkan level sinyal yang teredam pengatur nada. Melalui tingginya penguatan penguat antara atau penguat penyangga/buffer

akan timbul faktor harmonis dan cacat intermodulasi yang merupakan keburukan pengatur nada pasif ini.

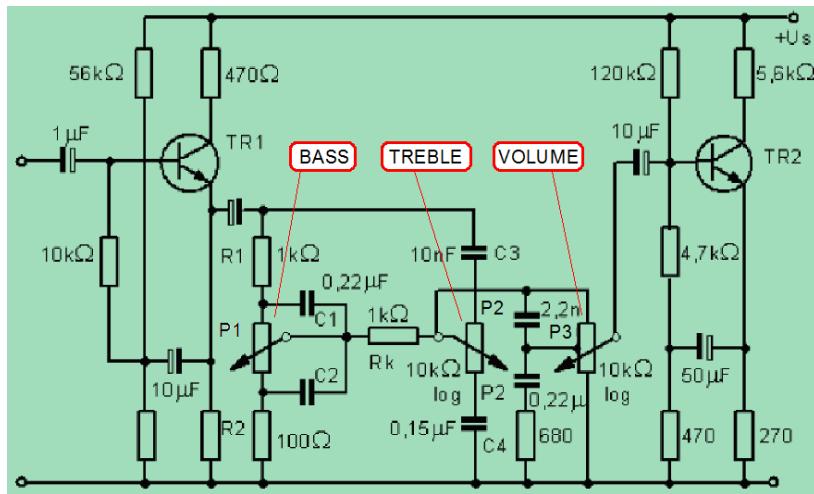


Gambar 5.8. Pengatur nada paling sederhana.

Cara kerja pengatur nada Gambar 5.8 adalah, melalui kapasitor C1 frekuensi tinggi sampai pada potensiometer T (Potensiometer pengatur Treble/nada tinggi). Sesuai posisi penggeser banyak atau sedikit sinyal frekuensi tinggi dihubung singkat

dengan massa sedang untuk frekuensi rendah kapasitor C2 mempunyai tahanan yang besar.

Sedang frekuensi tinggi melewati C2 tanpa rintangan. C2 terletak paralel dengan potensiometer B (Potensiometer pengatur Bass/nada rendah), maka sinyal berfrekuensi rendah akan melewati potensiometer ini. Tergantung posisi penggeser potensiometer T frekuensi rendah sedikit atau banyak dilewatkan hingga mencapai transistor TR2. Rangkaian ini mempunyai keburukan yang besar, bahwa pengatur nada rendah dan tinggi saling mempengaruhi dan kuat suara berubah.

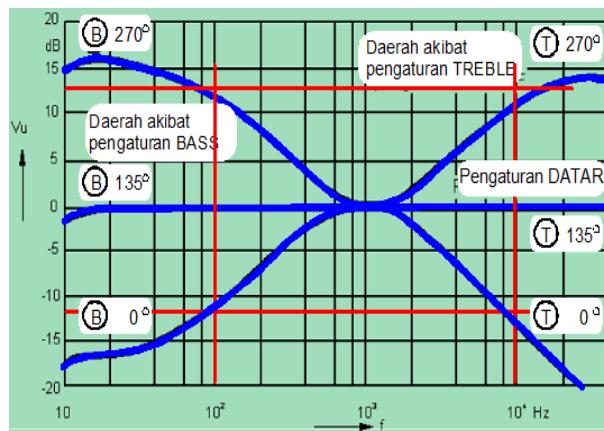


Gambar 5.9. Pengatur nada pasif

Rangkaian pengatur nada seperti Gambar 5.9 memperbaiki keburukan tersebut. Frekuensi rendah dan tinggi dikuatkan atau diredam terpisah tanpa terpengaruh oleh pengaturan satu sama lain. Pada rangkaian tengah potensiometer (posisi penggeser potensiometer berada ditengah-tengah) menghasilkan tanggapan frekuensi yang datar dengan redaman dasar sebesar 20 dB.

Redaman ini disesuaikan dengan penguatan antara TR2. Sehingga secara keseluruhan jaringan pengatur nada mempunyai redaman 0dB pada potensiometer posisi tengah. Sementara transistor TR1 dirangkai sebagai penyesuaian impedansi dengan dirangkai kolektor bersama (*common collector*).

Grafik pada Gambar 5.10 menampilkan capaian frekuensi jaringan pengatur nada. Pada frekuensi 100 Hz “**BASS**” dapat dikuatkan 12dB atau diredam minus 12dB pada frekuensi 10 kHz “**TREBLE**” dapat dikuatkan plus 12dB. Pada frekuensi 1000 Hz tidak tejadi pengaruh pengaturan nada rendah dan tinggi. Dari proses cara kerja pengatur nada pasif yang hanya merupakan pelemahan, jadi sinyal dengan frekuensi yang diinginkan dilemahkan atau diredam.

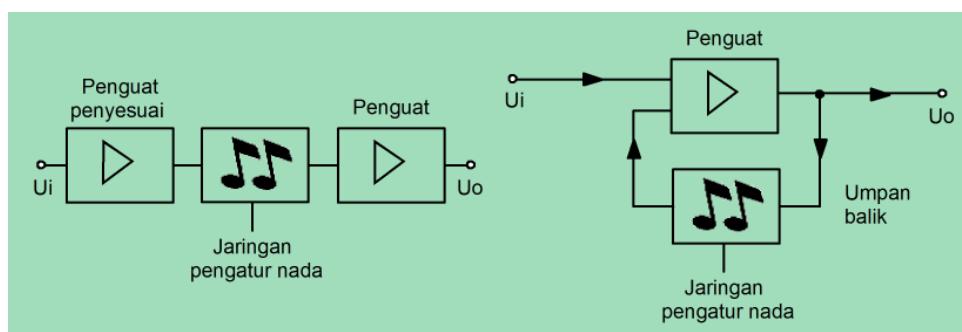


Gambar 5.10. Tanggapan frekuensi pengatur nada pasif

Untuk mengembalikan lagi ke level awal, maka setelah diolah di jaringan pengatur nada maka perlu dikuatkan. Pada kejadian seperti ini, sinyal dikuatkan sebesar 20dB. Dampak dari hal ini, sinyal yang tidak diinginkan pun ikut dikuatkan 20dB, sehingga level desis naik.

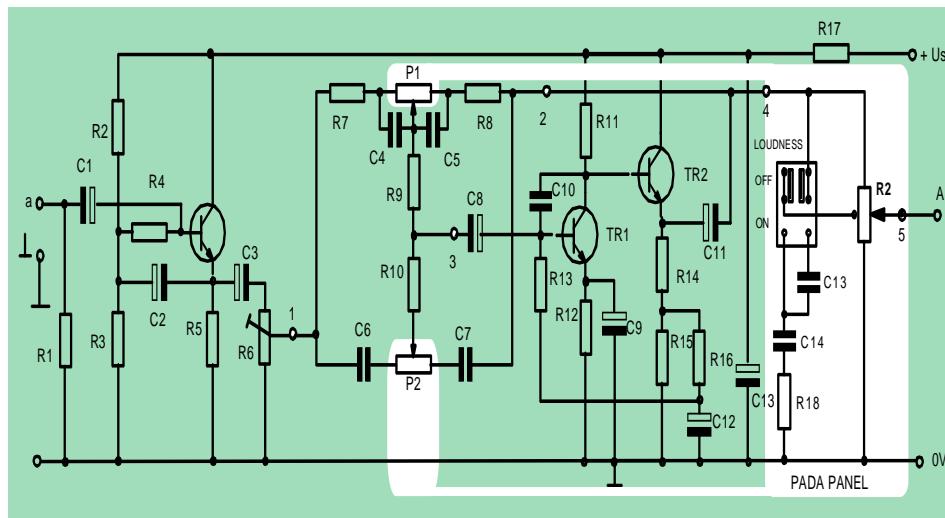
b. Pengatur Nada Aktif

Untuk mengurangi keburukan pengatur nada pasif, digunakan pengatur nada aktif. Pada pengatur ini jaringan pengatur nada terletak dalam rangkaian umpan balik penguat. Gambar 5.11 memperlihatkan diagram blok penguat pengatur nada aktif. Pada pengatur nada aktif, mengatur nada berarti mengatur penguatan penguat, maka jaringan pengatur diletakkan pada jaringan umpan balik



Gambar 5.11. Diagram blok pengatur nada pasif (kiri) dan aktif (kanan)

Berikut dibahas penguat pengatur nada aktif dengan transistor sebagai komponen aktifnya (Gambar 5.12). Transistor pertama difungsikan sebagai penguat penyesuai, karena jaringan pengatur nada memiliki impedansi rendah, agar tidak membebani penguat sebelumnya transistor ke 2 berfungsi sebagai penguat pengatur nada.



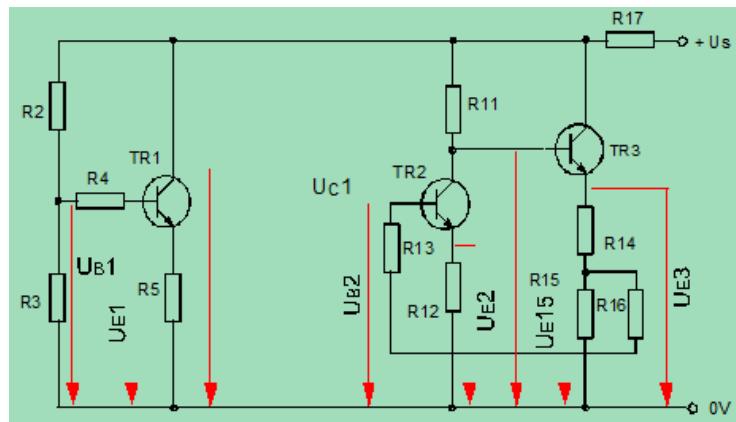
Gambar 5.12.Rangkaian lengkap penguat pengatur nada

Tabel 5.1. Daftar komponen

Tahanan				Kapasitor						Transistor		
R1	680 kΩ	R10	3,3 kΩ	C1	10 μF	C8	10 μF			TR1	BC 549	B
R2	150 kΩ	R11	15 kΩ	C2	10 μF	C9	470 μF			TR2	BC 549	B
R3	270 kΩ	R12	2,2 kΩ	C3	10 μF	C10	47 pF			TR3	BC 549	B
R4	47 kΩ	R13	100 kΩ	C4	47 nF	C11	10 μF					
R5	4,7 kΩ	R14	3,3 kΩ	C5	47 nF	C12	10 μF	Potensiometer				
R7	4,7 kΩ	R15	820 Ω	C6	2,2 nF	C13	100 μF	R6	5 kΩ Trim			
R8	4,7 kΩ	R16	100 kΩ	C7	2,2 nF	C14	47 nF	P1	100 kΩ Lin			
R9	33 kΩ	R17	220 Ω			C15	10 nF	P2	100 kΩ Lin			
								P3	100 kΩ Log-ct			

Transistor ke 3 berfungsi sebagai penguat penyesuai karena keluaran penguat akan dihubungkan ke umpan balik yang didalamnya berupa jaringan pengatur nada yang memiliki impedansi rendah. Transistor TR2 dan TR3 disambung secara arus searah mirip pada pembahasan penguat depan di bab sebelum ini.

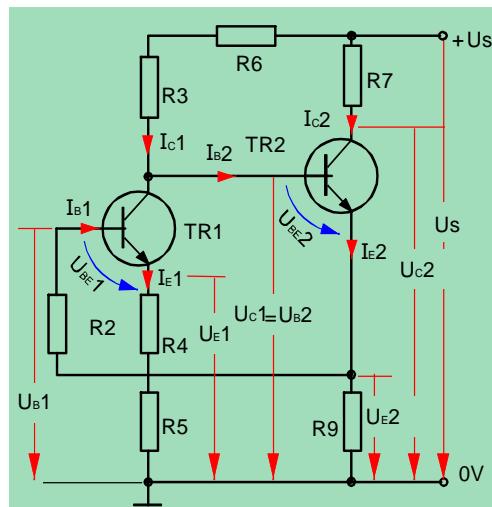
Rangkaian arus searah



Gambar 5.13.Rangkaian arus searah

Setelah proses pensaklaran berlalu maka yang tertinggal adalah keadaan statis. Semua kapasitor terisi penuh dan berpotensial konstan dalam rangkaian secara arus searah terlihat pada gambar 5.13.

Untuk membahas rangkaian arus searah penguat pengatur ini, dapat perbandingkan dengan rangkaian arus searah dari penguat depan universal yang dibahas pada bab terdahulu. Gambar 5.15 ditampilkan kembali rangkaian arus searah penguat depan.



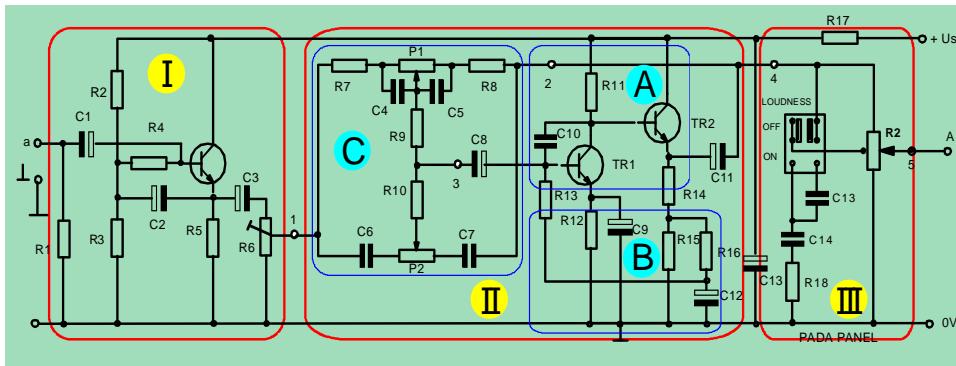
Gambar 5.14. Rangkaian arus searah penguat depan universal

Bandingkan rangkaian arus searah dalam Gambar 4.13 dan Gambar 5.14. Kedua rangkaian itu mempunyai kesamaan pada rangkaian gambar 5.13 transistor TR2 dan TR3 dibangun persis sama dengan rangkaian Gambar 5.14. Sedang rangkaian dengan transistor TR1 pada penguat sederhana saja resistor R4 nantinya akan sangat berkepentingan dengan tegangan

sinyal bekerja sama dengan kapasitor C2, yang akan dibicarakan pada paragraf penguat depan rangkaian AC. Sedikit perbedaan dalam mengawali perhitungan nilai-nilai tegangan. Karena keluaran atau output diambil dari

kaki emitor TR3, maka besarnya U_{E3} harus ditetapkan sebesar setengah tegangan catu. Jadi jika tegangan catu 9V maka U_{E3} harus sebesar 4,5V.

Rangkaian Arus Bolak-Balik



Gambar 5.15. Pemilahan rangkaian penguat pengatur nada.

Rangkaian penguat pengatur (Gambar 5.15) dapat pilahkan dalam 3 kelompok sehingga nampak jelas per bagiannya. Bagian-bagian itu adalah :

Penguat penyesuaikan masukan	I
Penguat pengatur nada	II
Pengatur kuat suara (<i>volume</i>)	III

Sedang pada penguat pengatur nada untuk uraian nantinya dapat dibagi lagi menjadi beberapa bagian :

Jaringan penguat.	A
Jaringan umpan balik negatif dalam.	B
Jaringan umpan balik negatif luar	C

Jaringan penguat dengan umpan balik dalam secara prinsip dapat dipersamakan dengan penguat depan. Dalam Jaringan penguat sendiri ada perbedaan dengan rangkaian penguat depan. Perbedaan itu terletak pada bangunan dasar rangkaian transistor TR1, TR2 dan TR3. Transistor TR1 dibangun dalam bentuk kolektor bersama dengan masukan bootstrap. Transistor TR2 dibangun dalam bentuk emitter bersama dimana rangkaian ini mempunyai penguatan yang besar sedang transistor TR3 dibangun dalam bentuk kolektor bersama.

Dasar pembentukan ini adalah:

1. Rangkaian kolektor bersama mempunyai tahanan keluaran yang rendah untuk penyesuaian dengan tingkat berikutnya.

2. Untuk memisahkan jaringan pengatur nada dengan tingkat berikutnya sehingga tingkat berikutnya tidak mempengaruhi kerja pengatur nada.
3. Rangkaian kotektor bersama dengan *bootstrap* pada transistor TR1 untuk menaikkan tahanan masukan dengan cukup tinggi sehingga Jaringan pengatur nada tidak membebani tingkat sebelumnya. Selanjutnya akan dibahas pula rangkaian ini pada penguat akhir.

a. Rangkaian Penyesuaikan Masukan.

Transistor TR1 disusun dalam rangkaian kolektor bersama (*common collector*) untuk memisahkan (*decoupling*) tingkat pengatur nada TR2. Masukan dari rangkaian ini mempunyai tahanan masukan yang cukup tinggi dan tahanan/impedansi keluaran cukup rendah sehingga jaringan pengatur nada tidak membebani penguat tingkat sebelumnya. Secara lebih lanjut rangkaian dengan bootstrap akan dijelaskan pada bahasan penguat daya.

b. Penguat Pengatur Nada

Penguatan beban kosong V_{uo}

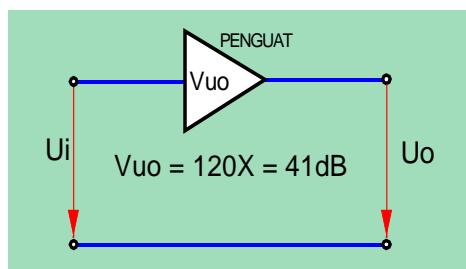
Perhitungan untuk penguatan beban kosong (*open loop gain / V_{uo}*) dimana penguat TR2 diperhitungkan saat hanya terpasang umpan balik negatif dalam (jaringan B).

Untuk transistor TR2 dan lembar data dengan $I_c \approx 260 \mu A$ diperoleh :

$$h_{11e} = h_{ie} \approx 25k\Omega$$

$$\beta \approx 200$$

$$V_{uo} = \frac{\beta \times R_{11}}{h_{ie}} \approx \frac{200 \times 15k\Omega}{25k\Omega} \approx 120 = 41dB$$

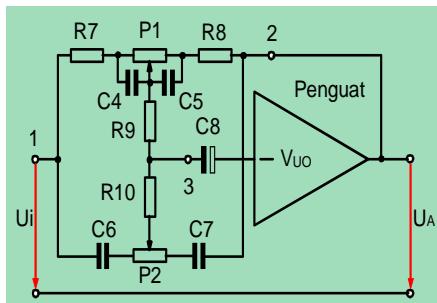


Gambar 5.16. Penguat beban terbuka untuk penguat pengatur nada

Maka penguat dengan umpan balik negatif “dalam” dapat disederhanakan seperti gambar 5.16.

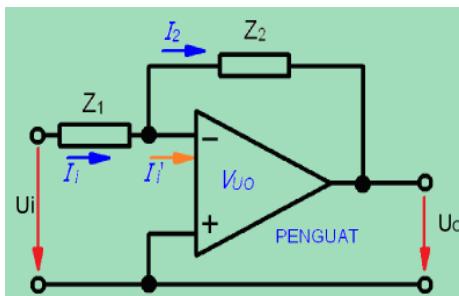
Penguat dengan jaringan umpan balik luar.

Rangkaian penguat pengatur Gambar 5.15 dapat disederhanakan seperti berikut (bagian pengatur nada):



Gambar 5.17. Penyederhanaan penguat pengatur nada.

Kemudian disederhanakan lagi menjadi :



Gambar 5.18. Penguat dengan umpan balik Z_2 dan Z_1

$$\text{Dengan } I_i = \frac{U_i}{Z_1} \quad \text{dan} \quad I_i = \frac{-U_A}{Z_2} \rightarrow -I_i = \frac{U_A}{Z_2}$$

$$\text{Maka : } \frac{-U_A}{U_i} = \frac{I_2 \times Z_2}{I_i \times Z_1} \quad \text{sehingga}$$

Dari Gambar 5.17 terlihat bahwa jaringan pengatur nada berada dalam ujung umpan balik negatif, dari keluaran penguat dikembalikan ke masukan (-) melalui jaringan pengatur nada.

Penguatan dengan umpan balik luar dari rangkaian gambar 5.18 :

$$V_U = \frac{U_o}{U_i} \quad \text{dan} \quad I_i - I'_i = I_2$$

Karena impedansi masukan penguat sangat besar maka,

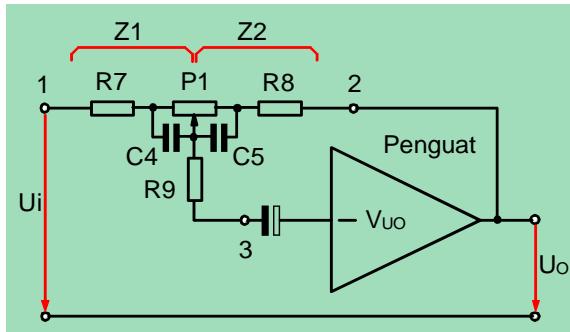
$$I_i = I_2 \rightarrow \text{karena } I'_i \approx 0$$

$$\frac{-U_A}{U_i} = V_U = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Umpan balik negatif bekerja dengan Z_1 dan Z_2 , dari rumus di atas, penguatan dengan umpan balik negatif ditentukan oleh umpan balik Z_1 dan Z_2 .

Proses pengaturan nada

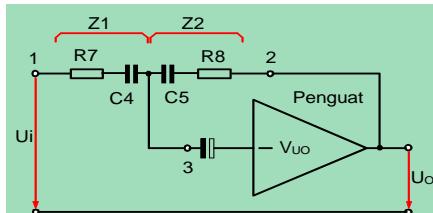
a. Pengaturan nada rendah



Gambar 5.19. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada rendah

Penguatan dan pelemanan nada rendah (frekuensi rendah) dilakukan dengan menggeser potensiometer P_1 . Pada frekuensi tengah ke atas (1 kHz ke atas) kapasitor C_4 dan C_5 mempunyai tahanan arus bolak-balik yang kecil dibanding tahanan P_1 . Kapasitor C_4 dan C_5 akan menghubung singkat P_1 .

Maka rangkaian pengantinya seperti benakut :

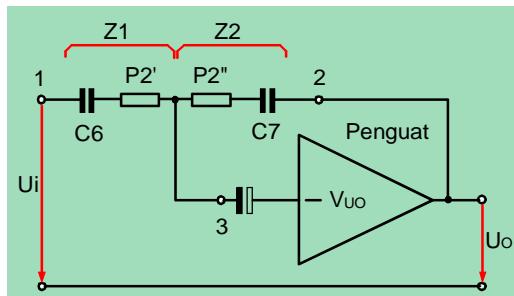


Gambar 5.20. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada rendah (saat sinyal berfrekuensi tinggi)

Impedansi $Z_1 = Z_2$ maka $V_U = 1 = 0\text{dB}$ untuk frekuensi tengah ke atas dan tidak terpengaruh oleh kedudukan potensiometer P_1 . Untuk frekuensi rendah penguatan tegangan akan tergantung dari pengaturan P_1 .

b. Pengaturan nada tinggi.

Kapasistor C_3 dan C_4 mempunyai tahanan AC yang besar untuk frekuensi tengah ke bawah. Sehingga pengaturan nada tinggi tidak mempengaruhi tanggapan frekuensi pada daerah tengah ke bawah. Dengan naiknya frekuensi menjadi lebih besar dari 1kHz maka C_6 dan C_7 menjadi bertahanan rendah. Pada kondisi ini penguatan tegangan terpengaruh oleh kedudukan pengaturan P_2 .

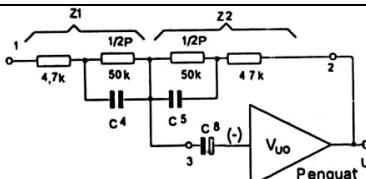
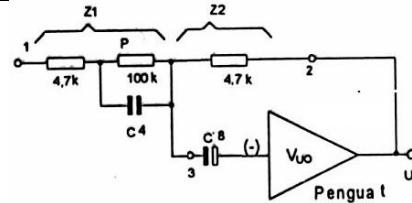
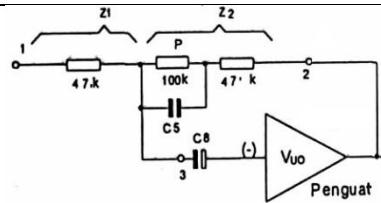


Gambar 5.21. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada tinggi

Kondisi yang dibahas dengan tidak menyertakan R9 dan R10, bila tahanan-tahanan ini diperhitungkan maka tentu penguatan tegangan akan menjadi lain. Dan hal ini akan sangat kompleks sekali.

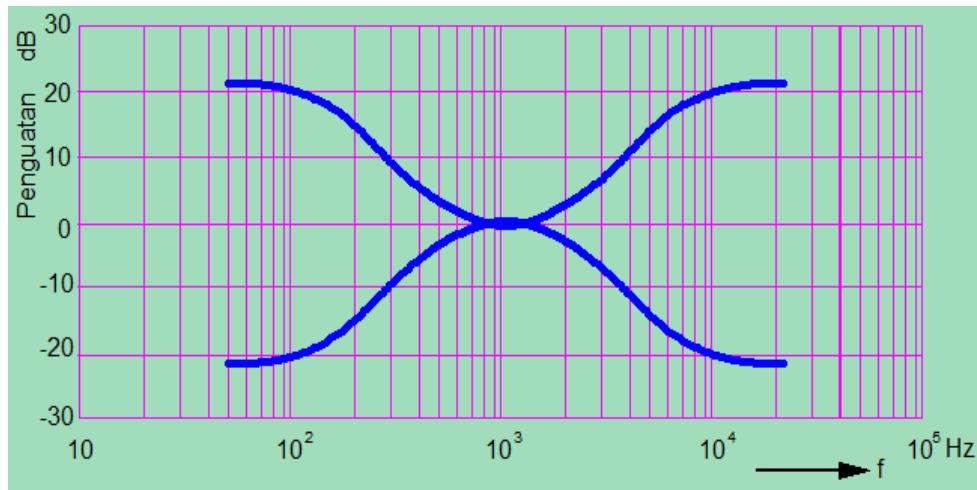
Pada uraian terlihat bahwa Jaringan pengatur nada tinggi hampir tidak punya pengaruh pada pengaturan nada rendah, karena pada frekuensi rendah C6 dan C7 mempunyai tahanan buta (X_c) yang sangat besar sehingga jaringan nada rendah dapat diabaikan. Rangkuman cara kerja penguat pengatur nada dapat dilihat pada Tabel 6.2 dan Tabel 6.3

Tabel 6.2. Perhitungan Penguatan frekuensi rendah

Posisi Pot-m	Skema Pengganti	Perhitungan penguatan	
Tengah-tengah		$Z1 = Z2$ $VU = 1 \approx 0 \text{ dB}$	Penguatan tidak tergantung frekuensi
Kanan (secara skema)		$f = 50 \text{ Hz}$ $Z1 \approx 56 \text{ k}\Omega$ $Z2 \approx 4.7 \text{ k}\Omega$ $V_U = \frac{4.7 \text{ k}\Omega}{56 \text{ k}\Omega} = 0.084x$ $\approx -21.5 \text{ dB}$	Sinyal berfrekuensi 50Hz diredam sebesar 21,5dB
		$f = 20 \text{ kHz}$ $Z1 \approx (4.7k + (169/100k)) = 4.9k \Omega$ $Z2 \approx 4.7 \text{ k}\Omega$ $V_U = \frac{4.7 \text{ k}\Omega}{4.9 \text{ k}\Omega} = 0.96x$ $\approx -0.35 \text{ dB}$	Sinyal berfrekuensi 20 kHz dilalukan sebesar -0,35dB
Kiri (secara skema)		$f = 50 \text{ Hz}$ $Z1 \approx 56 \text{ k}\Omega$ $Z2 \approx 4.7 \text{ k}\Omega$ $V_U = \frac{56 \text{ k}\Omega}{4.7 \text{ k}\Omega} = 11.9x$ $\approx 21.5 \text{ dB}$	Sinyal berfrekuensi 50Hz dikuatkan sebesar 21,5dB
		$f = 20 \text{ kHz}$ $Z2 \approx (4.7k + (169/100k)) = 4.9k \Omega$ $Z1 \approx 4.7 \text{ k}\Omega$ $V_U = \frac{4.9 \text{ k}\Omega}{4.7 \text{ k}\Omega} = 1.04x$ $\approx 0.34 \text{ dB}$	Sinyal berfrekuensi 20 kHz dilalukan sebesar 0,34dB

Tabel 6.3. Perhitungan Penguatan frekuensi tinggi

Posisi Pot-m	Skema Pengganti	Perhitungan penguatan	
Tengah-tengah		$Z_1 = Z_2$ $V_U = 1 \approx 0 \text{ dB}$	Penguatan tidak tergantung frekuensi
Kanan (secara skema)		$f = 20 \text{ kHz}$ $Z_1 \approx 103,6\text{k}\Omega$ $Z_2 \approx 3,6\text{k}\Omega$ $V_U = \frac{3,6\text{k}\Omega}{103,6\text{k}\Omega} = 0,035x$ $\approx -28,8\text{dB}$	Sinyal berfrekuensi 20 kHz diredam sebesar 28,8dB
		$f = 50\text{Hz}$ $Z_1 \approx 1,54\text{M}\Omega$ $Z_2 \approx 1,45\text{M}\Omega$ $V_U = \frac{1,45\text{M}\Omega}{1,54\text{M}\Omega} = 0,94x$ $\approx -0,5\text{dB}$	Sinyal berfrekuensi 20 kHz dilalukan sebesar -0,5dB
Kiri (secara skema)		$f = 20 \text{ kHz}$ $Z_1 \approx 3,6\text{k}\Omega$ $Z_2 \approx 103,6\text{k}\Omega$ $V_U = \frac{103,6\text{k}\Omega}{3,6\text{k}\Omega} = 28,7x$ $\approx 29\text{dB}$	Sinyal berfrekuensi 50Hz dikuatkan sebesar 29dB
		$f = 50\text{Hz}$ $Z_2 \approx 1,54\text{M}\Omega$ $Z_1 \approx 1,45\text{M}\Omega$ $V_U = \frac{1,54\text{M}\Omega}{1,45\text{M}\Omega} = 1,06x$ $\approx 0,5\text{dB}$	Sinyal berfrekuensi 20 kHz dilalukan sebesar 0,34dB



Gambar 5.22. Tanggapan frekuensi pengatur nada

Dengan pegaturan potensiometer, maka perbandingan Z_1 dan Z_2 dari jaringan pengatur nada dapat diubah-ubah sesuai kedudukan potensiometer. Dengan demikian penguatan dari penguat pengatur nada *berubah*. Karena pengaturan nada dengan jalan mengatur penguatan penguat, maka pengatur nada ini dinamakan pengatur nada aktif. Jaringan pengatur nada berada dalam jaringan umpan balik dan jaringan pengatur nada ini mengatur penguatan.

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan

1. memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Tugas 1. Perhitungan Tegangan

Hitunglah nilai tegangan dan arus dari rangkaian penguat pengatur dari gambar

5.14

No	Titik ukur	Perhitungan	Hasil
1	U_E3	
2	U_B3	
3	U_{15}	
4	U_E2	
5	U_C2	
6	U_B2	
7	U_C1	
8	U_E1	
9	U_B1	

2. Tugas 2. Pengukuran Tegangan

Tindakan
<ol style="list-style-type: none"> Buatlah papan rangkaian tercetak PRT/PCB (<i>Printed Circuit Board</i>) untuk penguat dengan gambar rangkaian yang ditampilkan pada gambar 5.13. PRT bisa cara langsung dengan spidol atau dengan cara sablon dengan penggambaran menggunakan perangkat lunak. Setelah PRT selesai solderlah hanya resistor dan transistornya saja. Berilah tegangan catu sebesar 9Volt dan lakukan pengukuran pada kaki-kaki transistor, lengkapi tabel pengukuran.

No	Titik ukur	Nilai tegangan secara teori	Hasil Pengukuran	Selisih (%)
1	U_E3			
2	U_B3			
3	U_{15}			
4	U_E2			
5	U_C2			
6	U_B2			
7	U_C1			
8	U_E1			
9	U_B1			
Semua pengukuran diukur terhadap 0V (massa)				

Kesimpulan:

3. Tugas 3. Pengukuran Tegangan

Siapkan peralatan yang diperlukan

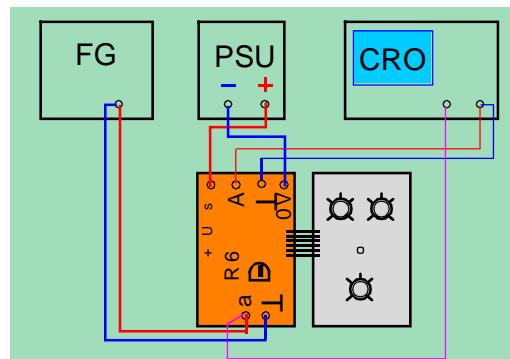
Alat : Osiloskop 2 kanal

FG

DC Power Supply

Penguat Pengatur Nada.

Gambar Percobaan



Tindakan

1. Rangkailah penguat pengatur nada dan peralatan seperti gambar percobaan
2. Atur R6 dan Potensiometer volume sehingga menyebabkan level maksimum. Potensiometer Bass dan Treble tengah-tengah.
3. Atur tegangan catu 9V
4. Atur tegangan keluaran FG 200mV bentuk gelombang sinus, frekuensi 1kHz.
5. Lakukan pengukuran dengan ketentuan seperti pada Tabel percobaan

Tabel I Penguatan pengatur nada. Pengukuran penguatan dengan umpan balik “luar” jaringan nada rendah.

$Ui = 200\text{mVpp}$ posisi P2 pada tengah-tengah

.f (Hz)	Posisi P1 (B)	U_o mVpp	$\frac{U_o}{U_i}$	Vu dB
20	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
1k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
20k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			

Tabel II Penguatan pengatur tinggi. Pengukuran penguatan dengan umpan balik “luar” jaringan nada tinggi.

$Ui = 200\text{mVpp}$ posisi P1 pada tengah-tengah (bisa dilepas)

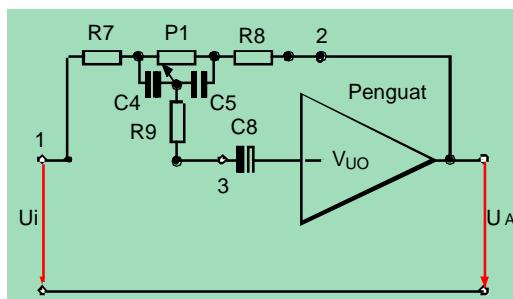
.f (Hz)	Posisi P2 (T)	U_o mVpp	$\frac{U_o}{U_i}$	Vu dB
20	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
1k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
20k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			

Kesimpulan:

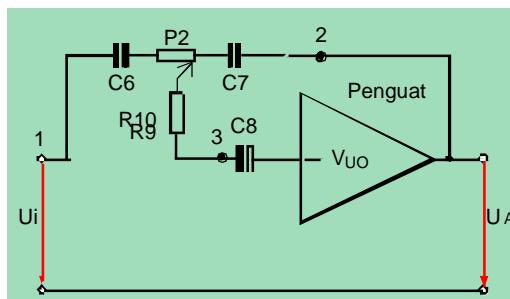
.....

PERTANYAAN

1. Dari jenis logaritmik atau linierkah potensiometer yang digunakan untuk pengatur kuat suara?
2. Pengaturan kuat suara sesuai psikologis, pada level seberapa besar nada rendah dan tinggi lebih besar dari nada tengah?
3. Dimana letak jaringan pengatur nada pada penguat pengatur nada aktif?
4. Posisi P1 kiri seperti gambar, berapa besar penguatan untuk sinyal frekuensi tinggi (treble)?



5. Apa fungsi C4 dan C5 untuk sinyal frekensi tinggi pada gambar soal no 4?
6. Saat frekuensi tinggi (treble) jika posisi P2 seperti pada gambar di bawah, maksimum atau minimumkah penguatannya?



7. Apa keunggulan pengatur nada pasif dibanding pengatur nada aktif?

F. Rangkuman

Penguat pengatur terdiri dari pengatur kuat suara dan pengatur nada. Pengatur nada terdapat 2 jenis, yaitu pengatur nada pasif dan aktif. Secara rangkaian penguat yang digunakan pada pengatur nada mirip dengan yang digunakan pada penguat depan. Pada penguat yang digunakan pada penguat ditambah dengan penguat penyesuai impedansi (penguat kolektor bersama), karena adanya jaringan pengatur nada.

Pada bagian pengatur kuat suara (*volume*), terdapat dua macam. Pengatur kuat suara yang sederhana, berupa pembagi tegangan dan pengatur kuat suara yang memperhatikan psikologis pendengaran manusia (pengatur kuat suara dengan *loudness*).

Prinsip kerja dari pengatur nada pasif dengan jalan pengaturan level sinyal pada frekuensi tertentu. Sedang pengatur nada aktif, mengatur nada dengan mengatur penguatan rangkaian penguat. Jaringan pengatur nada diletakkan pada umpan balik penguat.

Kelebihan pengatur nada aktif dibanding dengan pengatur nada pasif, saat pengaturan nada minimum, desis juga ikut ditekan. Sebagai contoh, sebuah pengatur nada mampu menguatkan nada rendah $\pm 24\text{dB}$, artinya penguat tersebut menguatkan nada rendah (BASS) dengan $+24\text{dB}$ (15x) dan meredam nada rendah dengan -24dB (0,06X).

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesionalan guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan *grade* perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 6: RANGKAIAN PENCAMPUR (*MIXER*) AUDIO

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Merencana rangkaian pencampur (*mixer*) audio
2. Mengukur rangkaian pencampur (*mixer*) audio

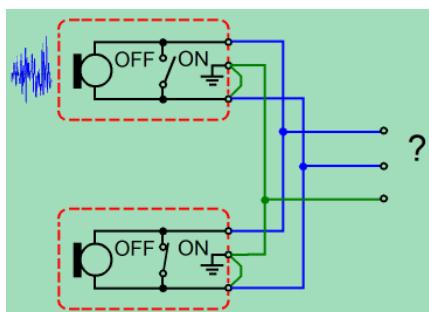
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Merencana rangkaian pencampur.
2. Mengukur kualitas penguat pencampur.

C. Uraian Materi

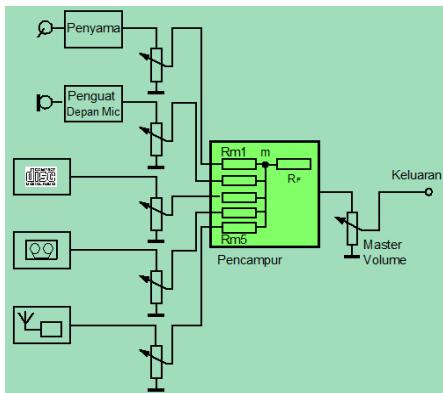
1. Arsitektur Rangkaian Pencampur (*mixer*) Penguat Audio.

Mencampur bermacam sumber sinyal memberikan efek yang indah dan menyenangkan. Secara prinsip mencampur dua atau lebih sumber sinyal sederhananya menghubungkan sumber-sumber sinyal tadi secara langsung. Apa jadinya jika 2 buah mikrofon seperti gambar 6.1 dicampurkan secara langsung?



Gambar 6.1. Dua mikrofon dihubungkan secara langsung.

Jika salah satu mikrofon dimatikan, maka mikrofon yang lain itu mati. Ini karena saat mikrofon dimatikan saklar pada posisi hubung singkat. Maka diperlukan peralatan pencampur, sehingga masing-masing sumber sinyal bisa diatur secara mandiri dan bisa dimatikan dihidupkan tidak saling mengganggu.



Gambar 6.2. Diagram blok pencampur 5 kanal

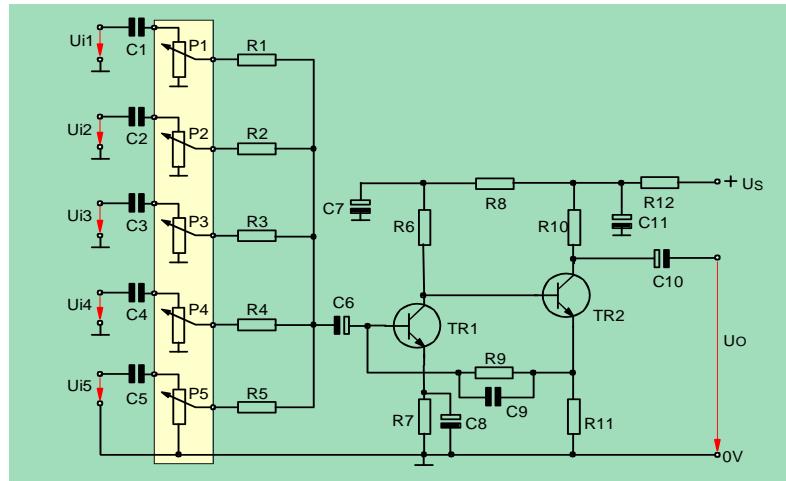
Penguat pencampur 5 kanal masukan seperti terlihat dalam Gambar 6.2 memperlihatkan masing-masing masukan memiliki pengatur level masing-masing. Pengaturan masing-masing tidak akan mempengaruhi satu sama lain, pada setiap masukan dalam pencampur terdapat sebuah tahanan pencampur.

Tahanan R_m menghindarkan hubung singkat titik “ m ” dengan massa (0V) jika salah satu pengatur level masukan pada posisi minimum. Pada keluaran penguat pencampur dipasang sebuah pengatur level lagi, yang biasa disebut dengan “*master volume*”.

2. Rangkaian Pencampur (mixer) Penguat Audio.

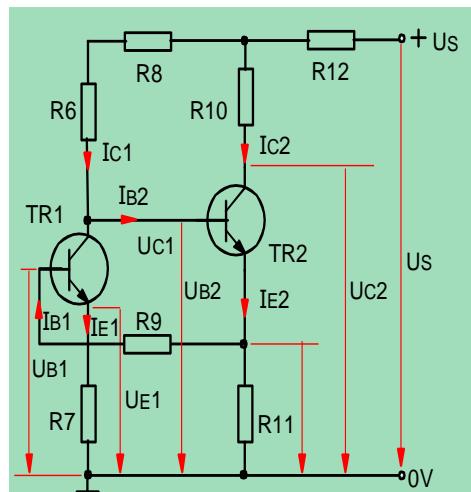
a. Rangkaian Arus Searah

Gambar skema rangkaian pencampur diperlihatkan pada gambar 6.3 dibangun dengan 2 buah transistor yang dihubungkan secara DC. Rangkaian penguat yang identik dengan rangkaian penguat yang digunakan pada penguat depan pada bahasan sebelum ini. Transistor TR1 dan TR2 dibangun menjadi penguat emitor bersama, tegangan bias TR1 diperoleh dari tegangan emitor TR2 dan tegangan bias TR2 diperoleh dari tegangan kolektor TR1. Sehingga titik kerja masing-masing transistor akan saling mempengaruhi. Rangkaian seperti ini untuk membuat penstabilan titik kerja yang baik.



Gambar 6.3. Skema rangkaian pencampur

Kode Komponen	Nilai/Tipe	Kode Komponen	Nilai/Tipe
R1-R5	100kΩ	C1- C5	0,47μF
R6	220kΩ	C6,C10	3,3μF
R7	4,7kΩ	C7,C11	150μF
R8	270Ω	C8	220μF
R9	10kΩ	C9	150pF
R10	1,8kΩ	TR1,TR2	BC549B
R11	270Ω	P1-P5	Potm 100kΩ
R12	100Ω		



Gambar 6.4. Rangkaian arus searah penguat pencampur

Untuk analisa rangkaian secara DC dapat memperhatikan gambar 6.4, semua kapasitor setelah proses pensaklaran akan terbuka. Rangkaian arus searah yang diperlihatkan pada gambar 6.4 sangat sederhana, dan rangkaian ini mirip dengan penguat depan yang telah dibahas pada bab terdahulu. Maka segala tidak semua fungsi dibahas dalam bab ini.

Untuk menghitung tegangan pada kaki-kaki transistor dan arus-arusnya, berawal dari penetapan tegangan dan arus kolektor transistor 2.

1) Perhitungan Tegangan dan Arus DC

Transistor yang digunakan BC549B ditetapkan arus kolektor untuk transistor 2 (I_C2) adalah 2,5mA maka supaya tegangan keluarannya optimal maka besarnya $R10$ adalah:

$$R10 = \frac{U_S - U_C2}{I_C2} = \frac{9 - 4,5}{2,5m} = 1,8k\Omega$$

Dengan $R11$ ditetapkan 270Ω maka tegangan emitor transistor 2

$$U_E2 = I_E2 \cdot R11 = I_C2 \cdot R11 = 2,5m \cdot 270 = 675mV$$

Dari lembar data untuk $I_C2 = 1mA$ maka $U_{BE2}=640mV$, maka tegangan basis TR2

$$U_B2 = U_{BE2} + U_E2 = 640m + 675m = 1,31V$$

$$U_C1 = U_B2 = 1,31V$$

Dari lembar data untuk $I_C2 = 2,5mA$ maka penguatan arus searahnya $B = 275$

$$I_B2 = \frac{I_C2}{B} = \frac{2,5m}{275} = 9,1\mu A$$

$$I_C1 = 4 \cdot I_B2 = 4 \cdot 9,1\mu A = 36,4\mu A$$

$$I_E1 \approx I_C1 = 36,4\mu A$$

$$U_E1 = I_E1 \cdot R7 = 36,4\mu \cdot 4,7k = 0,17V$$

Dari lembar data untuk $I_C1 = 30\mu A$ maka penguatan arus searahnya $B = 180$

$$I_B1 = \frac{I_C1}{B1} = \frac{36,4\mu A}{180} = 0,2\mu A$$

Dan tegangan basis-emitor transistor 1 sesuai lembar data sama dengan 545mV

$$U_B1 = U_E1 + U_{BE1} = 0,17 + 0,545 = 715mV$$

2) Perhitungan Penguatan terbuka V_{uo}

Rangkaian yang dimaksud seperti gambar 4.21, rangkaian tanpa jaringan umpan balik C7, C8, R10, R11 dan R12. Besar perbandingan tegangan keluaran dengan tegangan masukan, V_u karena ini tanpa umpan balik tersebut, maka perbandingan ini disebut pula penguatan terbuka atau "open loop" atau penguatan tanpa umpan balik, dengan notasi V_{uo} . Besarnya:

$$V_{UO} = \frac{U_A}{U_i}$$

Dari rumus umum tersebut, untuk penguat emitor bersama diperoleh hitungan penguatan sebagai berikut:

$V_{UO} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be} + (\beta+1) R_E'}$	β = Penguatan arus untuk AC $\cong B$ R_t = Tahanan di kolektor untuk AC. r_{be} = Tahanan basis-emitor R_E' = Tahanan umpan balik negatif di emitor.
---	--

Jika $r_{be} \ll \beta \times R_E'$ dan $\beta \gg 1$.

$$|V_U| \approx \frac{R_t}{R_E'}$$

Untuk TR1 terdapat keadaan sebagai berikut:

Paralel dengan R6 terletak tahanan r_{be2} dari transistor TR2. r_{be2} berharga sekitar $7,5\text{k}\Omega$ untuk $I_c2 = 2,5\text{mA}$ dan $f = 1\text{kHz}$ (dari lembar data).

Sehingga:

- $R_t = R6 // r_{be2} = 220\text{k}\Omega // 7,5\text{k} \cong 7,3\text{k}\Omega \Rightarrow // = \text{paralel}$
- $\beta \cong 180$ untuk $I_c1 = 30\mu\text{A}$ dan $f = 1\text{kHz}$ (dari lembar data)
- $r_{be1} = 150\text{k}\Omega$ untuk $I_c1 = 30\mu\text{A}$ dan $f = 1\text{kHz}$ (dari lembar data).

Untuk V_U untuk TR1 tidak ada tahanan umpan balik di kaki emitor karena adanya C8

sehingga:

$$|V_{U1}| = \frac{180 \times 7,3\text{k}\Omega}{150\text{k}\Omega} = 8,76\text{kali}$$

TR2 terdapat tahanan umpan balik R11.

- $R_t = R10 = 1,8\text{k}\Omega$
- $\beta \cong 300$ untuk $I_c2 = 2,5\text{mA}$ dan $f = 1\text{kHz}$.
- $r_{be2} = 7\text{k}\Omega$ untuk $I_c2 = 1\text{mA}$ dan $f = 1\text{kHz}$ (data).

Dan karena $r_{be2} \ll \beta \times R_E'$ sehingga rumus yang disederhanakan dapat digunakan.

Maka

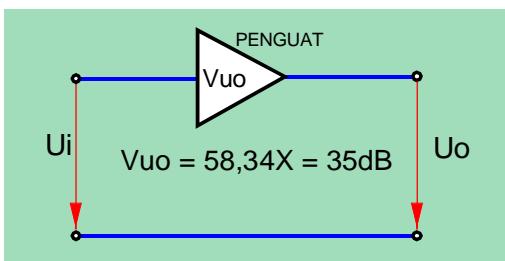
$$|V_{U2}| = \frac{1,8k\Omega}{270\Omega} \approx 6,66 \text{ kali}$$

Untuk penguatan keseluruhan terdapat penguatan:

$$V_{uo} = V_{u1} \dots V_{u2} = 8,76 \dots 6,66 = 58,34 \text{ kali}$$

Atau

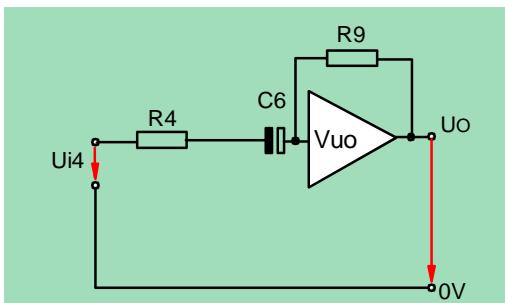
$$V_{uo} = 20 \times \log 58,34 = 35 \text{ dB}$$



Gambar 6.5. Penguat beban terbuka

Maka penguat dengan umpan balik negatif "dalam" dapat disederhanakan seperti gambar 6.5. dengan memiliki $V_{uo}=58,34 \text{ kali}$ atau 35 dB

Gambar 6.3 dapat disederhanakan seperti gambar 6.6 berikut ini,



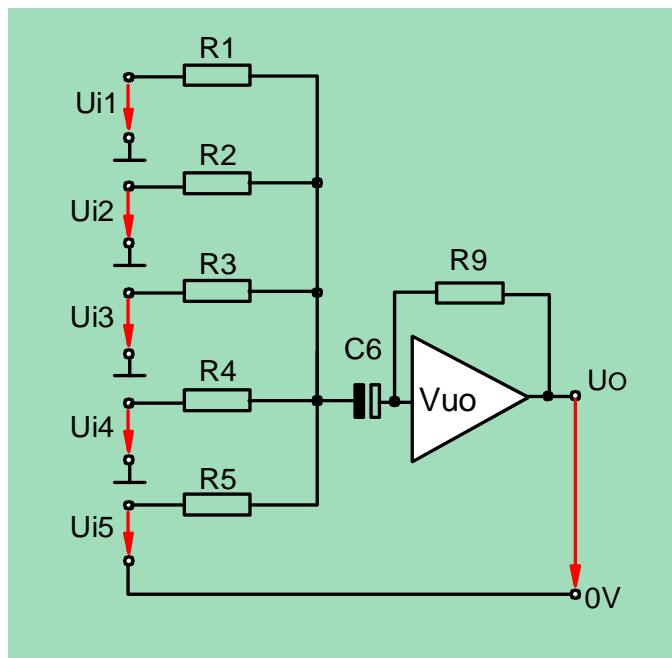
Gambar 6.6. Penguat pencampur untuk satu masukan

Dengan seperti ini maka penguatan penguat akan sama dengan

$$V_u = \frac{R_9}{R_4} = \frac{10k\Omega}{100k\Omega} = 0,1 \text{ kali atau } -20 \text{ dB}$$

Penguat pencampur dengan 5 masukan seperti terlihat pada Gambar 6.7 dapat dihitung tegangan keluarannya U_o

$$U_o = \frac{R_9}{R_1} \times U_{i1} + \frac{R_9}{R_2} \times U_{i2} + \frac{R_9}{R_3} \times U_{i3} + \frac{R_9}{R_4} \times U_{i4} + \frac{R_9}{R_5} \times U_{i5}$$



Gambar 6.7. Penguat pencampur dengan lima masukan

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan

1. Memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. Gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Tugas 1. Fungsi Pencampur

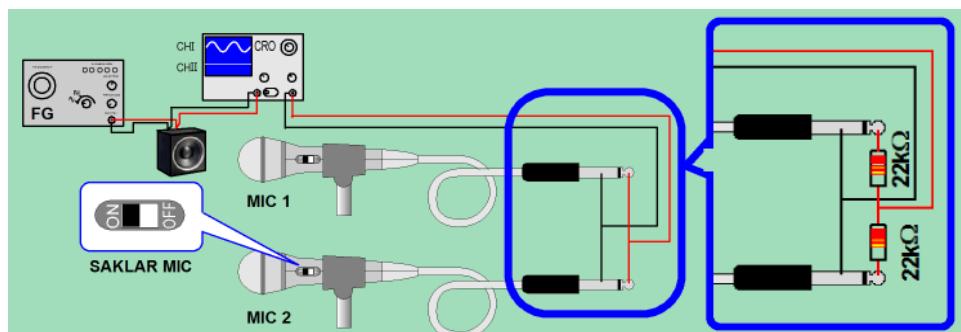
Alat : CRO

FG

Mikrofon dinamik ...2buah

Tahanan $22\text{k}\Omega$ 2buah

Rangkaian Pengukuran



Gambar 1

Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian pengukuran seperti gambar 1.
2. Saklar mikrofon posisi ON, function generator dengan frekuensi 1kHz bentuk gelombang sinus, amplitudo secukupnya tidak terlalu keras. CRO diatur sehingga dapat menampilkan sinyal dari keluaran mikrofon.
3. Perhatikan tampilan CRO, catat nilai yang ditampilkan.
4. Pindah posisi saklar Mikrofon 2 ke OFF, catat tampilan CRO CHII.
5. Tambahkan Tahanan sebesar $22\text{k}\Omega$ seperti pada gambar sebelah kanan.
6. Ulangi langkah 2 sampai 4, amati tampilan CRO CHII catat dalam kesimpulan

Kesimpulan:

.....

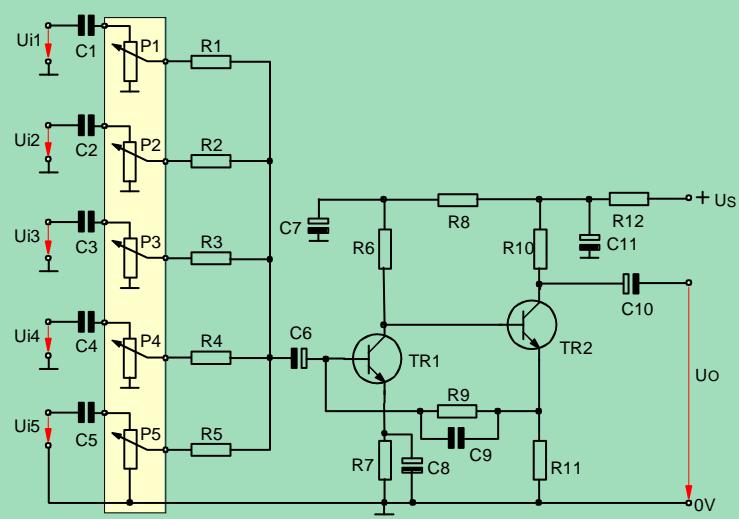
.....

.....

.....

2. Tugas 2. Merencana Penguat Pencampur

Gambar Rangkaian



Tindakan

1. Dengan menggunakan rangkaian di atas, hitunglah nilai-nilai resistor untuk tegangan sumber 12V, dengan menggunakan transistor BC549C arus diam untuk transistor 2 sebesar 1mA!
2. Buatlah daftar komponen

Daftar Tahanan

R1		R7	
R2		R8	
R3		R9	
R4		R10	
R5		R11	
R6		R12	

3. Tugas 3. Membangun Penguat Pencampur (untuk analisis DC)

Langkah Kerja				
No	Titik ukur	Nilai tegangan secara teori	Hasil Pengukuran	Selisih (%)
1	U_C2			
2	U_E2			
3	U_B2			
4	U_C1			
5	U_E1			
6	U_B1			
Semua pengukuran diukur terhadap 0V (massa)				

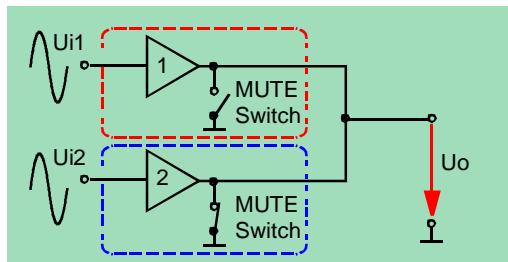
Kesimpulan :

.....

.....

PERTANYAAN (untuk Tugas 3)

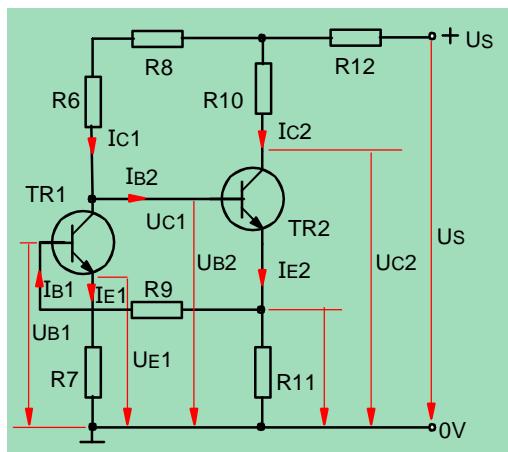
1.



Penguatan masing penguat pada gambar disamping sebesar 1X, dengan kondisi seperti gambar, berapa besar tegangan U_o ?

2 Apa fungsi penguat pencampur?

3



Mengapa tegangan U_{E2} harus lebih tinggi dari U_{B1} ?

4 Apa fungsi tahanan di kolektor transistor TR2?

5 Tahanan-tahanan manakah yang berfungsi sebagai umpan balik negatif arus?

4. Tugas 4. Membangun Penguat Pencampur (untuk analisis AC)

Langkah Kerja
<p>Jika Tugas 3 sudah sesuai antara hasil pengukuran dengan nilai secara teori, maka lanjutkan tugas 2 ini. Diharapkan dapat terbangun 12 buah penguat.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Solderlah kapasitor dari C6 hingga C11. 2. Siapkan generator fungsi (FG) dan osiloskop (CRO), hubungkan keluaran FG pada masukan penguat sebelum C6. 3. Aturlah FG pada bentuk gelombang sinus dan amplitudo sekitar 1Vpp dengan frekuensi 1kHz. 4. Bacalah penunjukkan CRO dan hitung penguatannya dan masukkan pada kolom V_{uo} tabel pengukuran berikut ini. 5. Pindah keluaran FG ke titik sebelum tahanan R1, hitung penguatannya dan masukkan pada kolom V_u tabel pengukuran berikut ini. 6. Setiap penguat satu lajur data sesuai nomor urut PRT-nya.

Bentuk gelombang sinus, $f=1\text{kHz}$, $Ui=1\text{Vpp}$ (sinyal keluaran tidak boleh cacat)		
No PRT	V_{uo}	V_u
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
Hasil terendah		
Hasil tertinggi		
Selisih terendah tertinggi		

Kesimpulan:

PERTANYAAN (untuk Tugas 4)

1. Mengapa hasil pengukuran V_{uo} dari 12 PRT banyak sekali perbedaan?
2. Mengapa hasil pengukuran V_u masing-masing PRT cukup seragam?
3. Tulis rumus besar penguatan penguat untuk masukan 1?
4. Berapa persyaratan minimum V_{uo} dibanding V_u supaya penguatannya hanya dipengaruhi perbandingan tahanan umpan balik?
5. Apa fungsi kapasitor C8?

5. Tugas 5. Analisis fungsi pencampuran

Langkah Kerja

1. Solderlah semua komponen yang belum terpasang sehingga lengkap.
2. Siapkan generator fungsi (FG) dan osiloskop (CRO), hubungkan keluaran FG pada masukan penguat masukan 1 sampai dengan masukan 5.
3. Atur semua P1 hingga P5 pada kiri penuh (minimum). Aturlah FG pada bentuk gelombang sinus dan amplitudo sekitar 1Vpp dengan frekuensi 1kHz.
4. Bacalah penunjukkan CRO dan lengkapi tabel pengukuran berikut ini.
5. Setiap grup bertugas memasukkan satu lajur data sesuai nomor urut PRT-nya.

Bentuk gelombang sinus, $f=1\text{kHz}$, $U_i=1\text{Vpp}$ (sinyal keluaran tidak boleh cacat)

	P1	P2	P3	P4	P5	U_o	$V_u(\text{kali})$	$V_u(\text{dB})$
1	ki	ki	ki	ki	ki			
2	ka	ki	ki	ki	ki			
3	ka	ka	ki	ki	ki			
4	ka	ka	ka	ki	ki			
5	ka	ka	ka	ka	ki			
6	ka	ka	ka	ka	ka			

ki ; kiri penuh, tegangan keluaran minimum

ka ; kanan penuh, tegangan keluaran maksimum

Kesimpulan :

.....

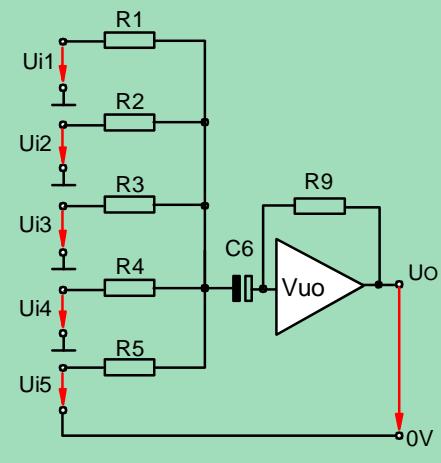
.....

.....

PERTANYAAN (untuk Tugas 5)

1. Mengapa penguatan masing-masing masukan dibuat sedemikian kecil?

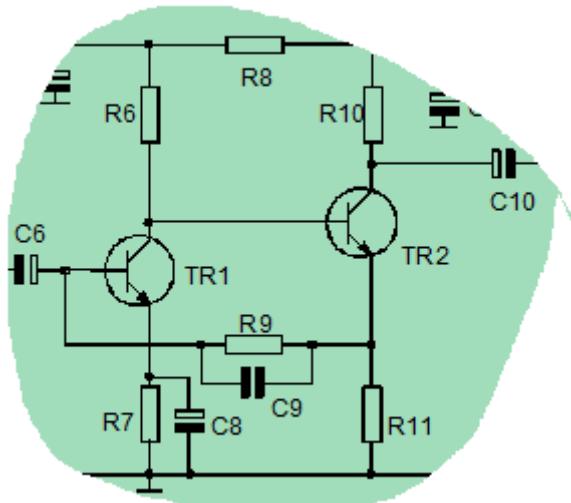
2.



Apa yang terjadi dengan tegangan keluaran, jika tegangan Ui_4 bernilai 0V (hubung singkat)?

3. Secara teori, berapa kali masing-masing sinyal masukan dikuatkan?

4



Apa fungsi kapasitor C9?

F. Rangkuman

Untuk mencampur beberapa sinyal masukan dengan tanpa saling mempengaruhi diperlukan sebuah penguat pencampur. Mematikan sumber sinyal sering kali dengan cara menghubungkan singkat antara “*line*” sinyal dengan massa (0V). Sehingga jika keluaran sumber sinyal ini dihubung parallel sumber lain, maka sumber lain akan mati juga.

Rangkaian pencampur, secara dasar yang digunakan dalam bahasan ini identik dengan rangkaian yang digunakan pada penguat depan universal. Penguatan untuk masing-masing sinyal masukan harus didesain sedemikian besarnya sehingga saat semua masukan maksimum, tegangan keluarannya tidak melapauui batas maksimum.

G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesian guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 7: RANGKAIAN PENGUAT DAYA AUDIO

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Merencana rangkaian penguat daya audio (*power amplifier*)
2. Mengukur rangkaian penguat daya.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Merencana rangkaian penguat daya
2. Mengukur kualitas penguat daya

C. Uraian Materi

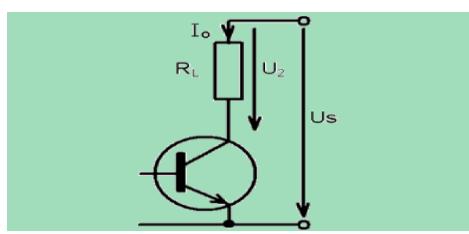
1. Dasar Penguat Akhir

Penguat akhir bertugas menguatkan sinyal sejauh mungkin dengan daya guna yang sesuai. Kepentingan utama sebuah penguat akhir, yang juga disebut penguat daya, terletak pada pembangkitan daya bolak-balik untuk loudspeaker. Transistor harus dikendalikan maksimal jika dia seharusnya memberikan daya yang besar, karena tidak liniernya kurva transistor timbul cacat.

Selain masalah efisiensi penguat daya, maksudnya perbandingan dari daya bolak-balik yang diberikan dan daya arus searah yang diambil sebesar mungkin, karena biaya operasi dan pendinginan transistor yang besar.

a. Penguat tunggal

Penguat dengan transistor tunggal bekerja selalu dalam kelas A. Dalam Gambar 7.2 terlihat bahwa titik kerja penguat kelas A berada kira-kira ditengah daerah pengendalian.

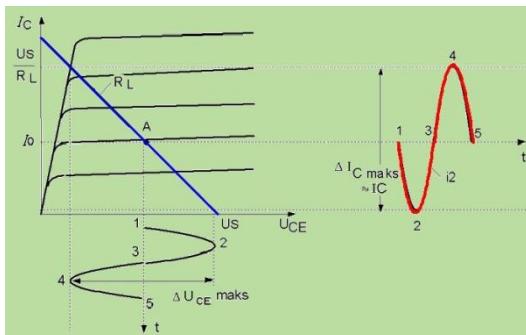


Gambar 7.1. Penguat akhir klas A

Kedua sinyal setengah gelombang dikuatkan oleh sebuah transistor. Penguat kelas A seperti tegambar pada Gambar 7.1, mempunyai kekurangan bahwa catu dayanya besar.

Pada saat tanpa pengendalian pada masukan telah mengalir pula arus kolektor yang relatif besar. Dengan demikian daya guna dari penguat ini kecil, sehingga hanya digunakan untuk daya keluaran yang kecil.

Daya guna η adalah perbandingan daya arus bolak-balik yang diberikan pada pemakai P_2 dengan daya arus searah dari sumber daya P_s yang diambil, yang juga tergantungan pada rangkaian (lihat Gambar 8.2) :



Gambar 7.2. Garis beban penguat kelas A

$$P_s = U_s \times I_o \quad (\text{untuk catu daya})$$

$$P_2 = U_{2\text{eff}} \times I_{2\text{eff}}$$

$$U_{2\text{eff}} = \frac{\Delta U_{CE} \text{ maks}}{2\sqrt{2}} \approx \frac{U_s}{2\sqrt{2}}$$

$$U_{2\text{eff}} = \frac{I_C \text{ max}}{2\sqrt{2}} \approx \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

$$P_2 = \frac{U_s}{2\sqrt{2}} \times \frac{I_o}{2} = \frac{U_s \cdot I_o}{4}$$

$$\eta \% = \frac{P_2}{P_s} \times 100\% = \frac{\frac{U_s \cdot I_o}{4}}{\frac{U_s \cdot I_o}{4}} \times 100\% = \frac{U_s \cdot I_o}{4 \cdot V_s \cdot I_o} \times 100\% = 25\%$$

b. Penguat *push pull*

Penguat *push pull* dibangun dengan dua transistor yang masing-masing bekerja dalam kelas B. Titik kerja kelas B terletak pada batas arus sisa. Sehingga satu transistor hanya menguatkan setengah tegangan sinyal. Tanpa pengendalian hanya mengalir arus kolektor yang kecil yang dapat diabaikan.

Daya hilang saat diam dengan demikian kecil sehingga daya gunanya sangat besar. Keburukan penguat kelas B adalah untuk menghasilkan tegangan bolak-balik penuh diperlukan dua transistor cacat saat melewati titik nol, yang dinamakan *cross over* atau *cacat B*. Cacat ini disebabkan oleh tegangan jenuh basis-emiter. Daya guna penguat *push pull* kelas B lebih besar dari penguat yang bekerja dikelas A untuk rangkaian Gambar 7.2:

$$P_s = U_s \times I_c = U_s \cdot \frac{2}{\pi} I_c \text{ maks}$$

$$P_2 = U_{2\text{eff}} \times I_{2\text{eff}}$$

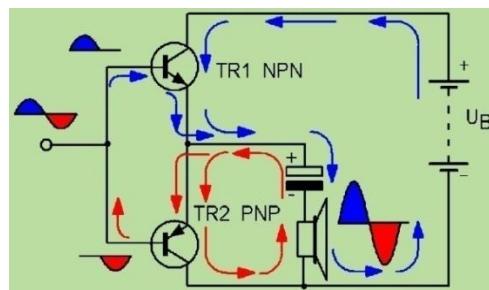
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\Delta U_{CE} \max}{\sqrt{2}} \times \frac{\Delta U_C \ max}{\sqrt{2}} = \frac{U_s}{\sqrt{2}} \times \frac{I_C \ max}{\sqrt{2}} = \frac{U_s \times I_C \ max}{\sqrt{2}} \\
 \eta \% &= \frac{P_2}{P_s} \times 100\% = \frac{\frac{2}{Us \times \frac{2}{\pi} \times I_C \ max}}{.100\%} \\
 &= \frac{Us \times I_C \ max}{2 \times Us \times 2 \times I_C \ max} \times 100\% = \frac{\pi}{4} \times 100\% = 78\%
 \end{aligned}$$

Jadi daya guna penguat *push pull* tiga kali dari penguat tunggal kelas A.

Penguat push pull dibagi dalam dua jenis penguat komplementer dan penguat komplementer quasi. Jenis ini berbeda dalam pasangan kedua transistornya.

c. Penguat komplementer

Penguat komplementer ini penguat push pull yang menggunakan dua transistor akhir yang berpasangan komplementer NPN dan PNP seperti diperlihatkan Gambar 7.3. Transistor NPN akan hidup jika mendapat tegangan bias basis positif dan transistor PNP akan hidup jika mendapat tegangan bias basis negatif.



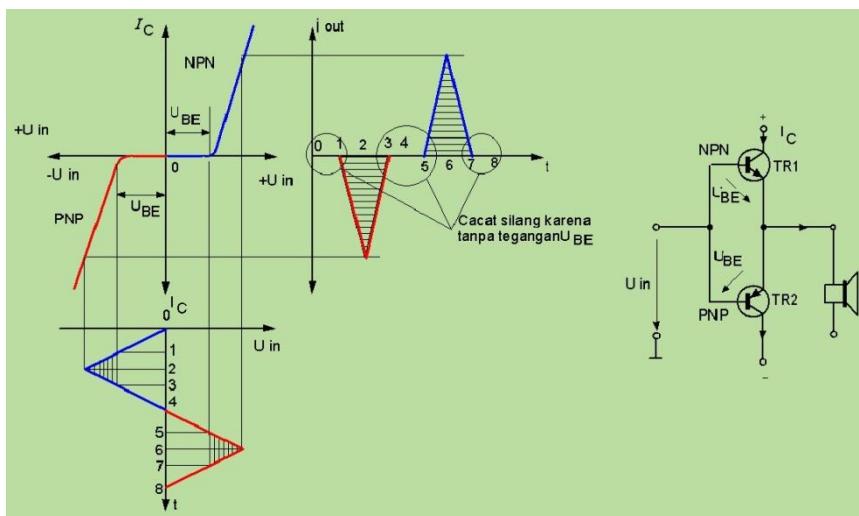
Gambar 7.3. Rangkaian dasar penguat komplementer

Pada saat sinyal setengah gelombang positif transistor TR1 akan hidup dan transistor TR2 akan mati. Maka akan terjadi aliran arus dari baterai (+) melalui transistor TR1, kapasitor C lalu loudspeaker dan kembali ke baterai (-).

Arus ini sekaligus mengisi kapasitor C sesuai dengan polaritasnya. Pada sinyal setengah gelombang negatif transistor TR1 akan mati dan transistor TR2 akan hidup. Aliran arus dari kapasitor C (+) melalui TR2 ke loudspeaker dan kembali ke kapasitor C (-). Pada saat sinyal setengah gelombang negatif kapasitor C sebagai catu daya transistor TR2.

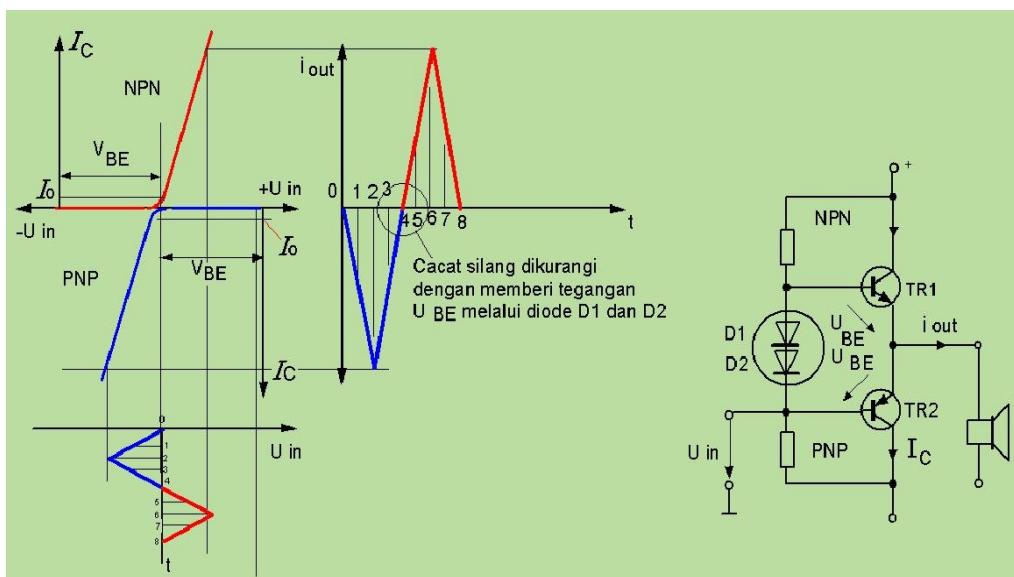
d. Cacat silang

Untuk dapat hidup transistor-transistor memerlukan tegangan bias. Jika kedua transistor tidak diberi tegangan bias basis. Maka karakteristiknya seperti Gambar 7.4 yang kita peroleh yaitu adanya cacat silang. Dengan melalui



Gambar 7.4. Kerja penguat push pull tanpa tegangan bias pada TR₁- TR₂

pemilihan tegangan bias basis emiter kita mengatur arus diam yang kecil. Sehingga cacat yang berasal dari daerah lengkung kurva dapat dihindari (Gambar 7.5).

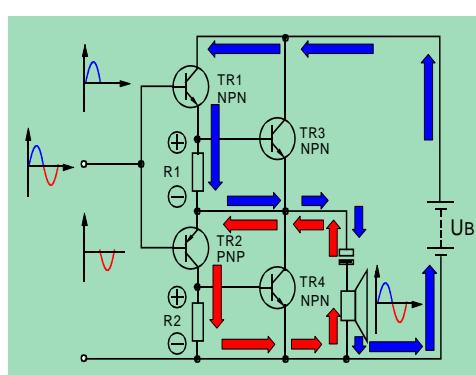


Gambar 7.5. Kerja penguat push pull dengan tegangan bias pada TR₁- TR₂

e. Penguat komplementer quasi

Penguat komplementer (*complement*) daya keluarannya lebih besar, kita dapat mengendalikan dua transistor akhir. Kedua transistor akhir ini bertipe sama (NPN dan NPN) seperti terlihat pada Gambar 7.6.

Tingkat akhir seperti ini yang dengan daya keluaran besar sudah tentu memerlukan tingkat penggerak dan tingkat depan yang dapat menyediakan arus basis untuk transistor akhir yang besar.



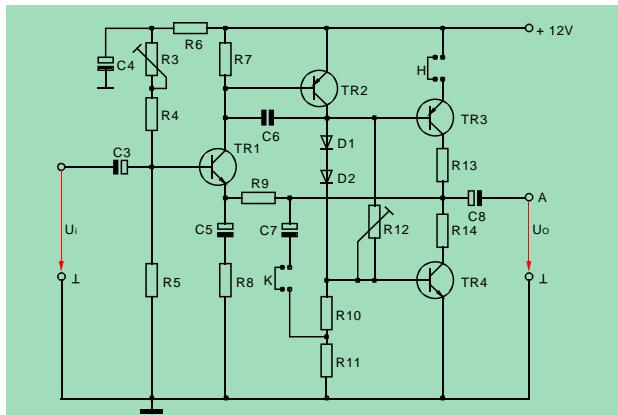
Gambar 7.6. Penguat akhir komplementer quasi

Rangkaian dasar penguat komplementer quasi diperlihatkan gambar di atas. Komponen-komponen transistor TR1 dan TR2, kapasitor C dan loudspeaker dirangkai seperti penguat push pull komplementer. Masing-masing transistor komplemen mengendalikan satu transistor daya.

Pada sinyal setengah gelombang positif transistor TR1 hidup dan melalui tegangan jatuh pada R1 transistor TR3 akan hidup. Kedua transistor mengalirkan arus yang besar melalui loudspeaker dan mengisi kapasitor C.

Pada sinyal setengah gelombang negatif transistor TR2 hidup melalui tegangan jatuh pada R2 transistor TR4 hidup. Arus mengalir dari kapasitor C melalui kedua transistor dan loudspeaker. Dengan demikian kapasitor C mengalami pengosongan. Harga R1 dan R2 harus sama, dengan demikian kedua transistor daya dikendalikan dalam bentuk yang sama.

2. Rangkaian Penguat Daya

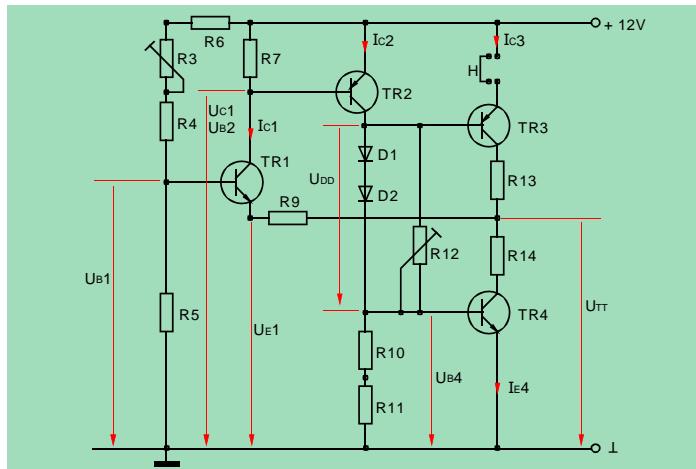


Gambar 7.7. Rangkaian penguat daya

Gambar 7.7 merupakan sebuah penguat daya yang akan dibahas dalam buku ini. Penguat dengan tingkat akhir *push pull* komplementer.

a. Skema rangkaian arus searah.

Gambar 7.8 menampilkan skema rangkaian arus searah dimana kapasitor-kapasitor secara DC mempunyai tahanan yang tak terhingga maka tidak digambar. Dalam rangkaian DC kapasitor tidak berpengaruh.



Gambar 7.8. Rangkaian DC penguat daya

b. Titik kerja

Tugas rangkaian arus searah seperti pada penguat yang lain adalah:

- 1) Menetapkan titik kerja.
- 2) Menstabilkan titik kerja.

Titik kerja dapat berubah oleh perubahan temperatur, baik temperatur ruangan maupun dari daya rugi transistor. Hal-hal yang berubah adalah:

\Rightarrow Arus basis (U_{CE} konstan).

- ⇒ Tegangan basis-emitor (I_B konstan).
- ⇒ Penguatan arus.
- ⇒ Arus halang I_{CB} .

Perubahan-perubahan rinci telah dibahas pada penguatan depan.

c. Upaya penstabilan titik kerja pada rangkaian penguatan daya.

1) Penstabilan arus diam

Arus diam adalah arus kolektor transistor tingkat akhir yang diukur pada saat tanpa sinyal. Upaya yang dilakukan dalam rangkaian ini adalah dengan dioda D1 dan D2. Dimana kedua dioda ini dalam paletakannya sesungguhnya harus dekat atau dimungkinkan dilekatkan pada pendingin transistor akhir. Tegangan basis-basis TR3 dan TR4 diperoleh dari dioda D1 seri D2 (atau dapat diganti dengan sebuah zener 1,5 Volt), dan ketepatannya diatur oleh trimpot R10. Bila temperatur sekeliling dioda D1 dan D2 naik maka tegangan dioda akan mengecil dengan demikian tegangan bias untuk TR3 dan TR4 akan turun pula, hal ini akan menurunkan arus kolektor TR3 dan TR4. Selanjutnya diterangkan sebagai berikut:

Bila temperatur $\uparrow I_{C3}, I_{C4} \uparrow$, $U_{D1-2} \downarrow$ maka $U_{BB} \downarrow I_{B3}, I_{B4} \downarrow$ sehingga $I_{C3}, I_{C4} \downarrow$

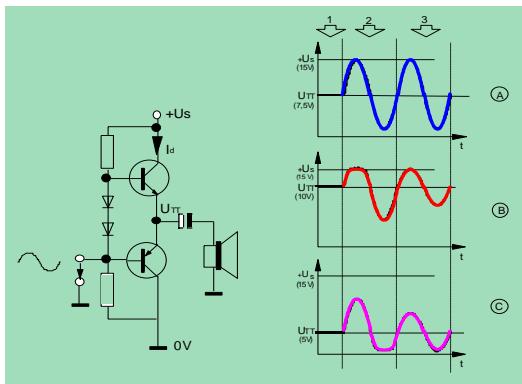
Bila temperatur $\downarrow I_{C3}, I_{C4} \downarrow$, $U_{D1-2} \uparrow$ maka $U_{BB} \uparrow I_{B3}, I_{B4} \uparrow$ sehingga $I_{C3}, I_{C4} \uparrow$

Maka besar arus kolektor akan tetap tidak terpengaruh oleh temperatur, berarti titik kerja stabil.

2) Penstabilan tegangan tengah

Tegangan titik tengah (U_{TT}) berharga setengah U_S untuk membangkitkan sinyal keluaran secara simetris dan tegangan sinyal yang maksimum. Pada kenaikan temperatur sekeliling dimungkinkan terjadinya arus kolektor/emitor TR3 dan TR4 naik tidak sama. Tegangan titik tengah ini harus selalu tetap, untuk menjaga tegangan sinyal tetap simetris.

Pada gambar 7.9 diperlihatkan tiga kenjadian dimana U_{TT} tidak sama besar, pertama U_{TT} tepat setengah tegangan catu (gambar A) kedua lebih tinggi dari setengah tegangan catu (gambar B) dan ketiga lebih rendah dari setengah tegangan catu (gambar C).



Pada gambar B dan C salah satu sisi sinyal terpotong bila penguat memperoleh tegangan masukan yang sama seperti gambar A, atau tengan sinyal akan lebih kecil bila diinginkan tegangan keluaran yang tidak cacat.

Gambar 7.9. Tegangan titik tengah

Proses penstabilan dapat dijelaskan sebagai berikut.

Bila $U_{TT} \uparrow$, $U_E1 \uparrow$, $U_{BE1} \downarrow$, $I_B1 \downarrow$, $I_C1 \downarrow$, $U_B2 \uparrow$, $U_{BE2} \downarrow$, $I_B2 \downarrow$, $I_C2 \downarrow$, $U_C2 \downarrow$
maka U_B3 , $U_B4 \downarrow$, $I_C3 \uparrow$, $I_C4 \downarrow$ maka $U_E3 \downarrow$ dan $U_E4 \downarrow$

Bila $U_{TT} \downarrow$, $U_E1 \downarrow$, $U_{BE1} \uparrow$, $I_B1 \uparrow$, $I_C1 \uparrow$, $U_B2 \downarrow$, $U_{BE2} \uparrow$, $I_B2 \uparrow$, $I_C2 \uparrow$, $U_C2 \uparrow$
maka U_B3 , $U_B4 \uparrow$, $I_C3 \downarrow$, $I_C4 \uparrow$ maka $U_E3 \uparrow$ dan $U_E4 \uparrow$

Sehingga tegangan emitor TR3 dan TR4 selalu konstan sebesar setengah tegangan catu.

d. Perhitungan tegangan DC dan arus DC

Berikut adalah perhitungan tegangan dan arus DC, hasil dari hitungan ini adalah merupakan pernyataan kemampuan fungsi sebuah rangkaian.

Permisalan:

- ⇒ Semua harga komponen sesuai dengan gambar skema.
- ⇒ Rangkaian berfungsi dengan benar.
- ⇒ Data transistor: lihat lembar data.
- ⇒ Penyederhanaan $I_C = I_E$. (sebenarnya hal ini hanya berlaku untuk transistor dengan β yang besar)

a. U_{TT} : Agar diperoleh pengendalian yang simetris, kira-kira harus setengah

$$\text{tegangan catu } U_{TT} = \frac{U_S}{2} = \frac{15V}{2} = 7,5V$$

b. $U_B3 = U_E3 + U_{BE3} = 7,5V + 0,6V = 8,1V$

⇒ tegangan jatuh di R11 diabaikan

$$c. U_{B4} = U_E4 - 0,6V = 7,5V - 0,6V = 6,9V$$

\Rightarrow tegangan jatuh di R12 diabaikan

$$d. U_D1 = U_D2 = 0,6V$$

$$e. U_{D1,2} = U_D1 + U_D2 = 0,6V + 0,6V = 1,2V$$

$$f. U_{B2} = U_S - U_{BE2} = 15V - 0,6V = 14,4V$$

$$g. U_B1 = \frac{R3}{R1 + R2 + R3 + R4} \times U_S = 8,58 V$$

$$U_B1 = \frac{120k}{50k + 56k + 120k + 10k} \times 15 = 7,62V \Rightarrow R1 \text{ maks}$$

$$U_B1 = \frac{120 k}{0k + 56k + 120 k + 10 k} \times 15 = 9,67V \Rightarrow R1 \text{ min}$$

Pengaturan arus diam

Arus diam adalah arus yang mengalir pada transistor akhir (arus kolektor) saat tanpa sinyal. Besarnya tergantung dari karakteristik transistor bersangkutan dan tegangan basis-basis dari kedua transistor yang tergandeng push pull U_{BB} .

Dimana U_{BB} diatur oleh R9 (trimpot) yang besarnya

$$U_{BB} = U_D1 + U_D2 = 0,6V + 0,6V = 1,2 \text{ Volt. } (U_{BB} \text{ maksimum}).$$

$U_{BB} = 0 \text{ Volt}$ pada posisi R10 minimum (D1 dan D2 dihubung singkat)

Arus diam semakin besar bila U_{BB} semakin besar. Pengaturan arus diam dengan jalan memasukkan sinyal pada masukan dengan $f = 1 \text{ kHz}$ tegangan nominal, kemudian kita lihat dengan CRO. R9 kita atur seminimum mungkin (dalam skema penggeser R9 ke atas) tetapi cacat silang (*cross over distortion*) tidak terlihat pada layar CRO. Sinyal kita ambil, kita ukur pemakaian arus saat tanpa sinyal, inilah arus diam itu.

3. Rangkaian tegangan bolak-balik

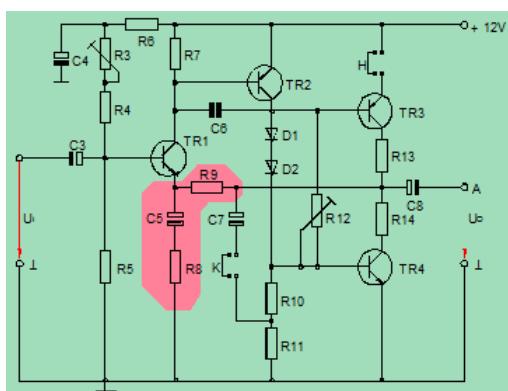
a. Aliran sinyal AC.

Dasar untuk aliran sinyal AC dapat kita lihat lagi pada bahasan penguat depan. Dimana sumber tegangan DC merupakan hubung singkat bagi sinyal AC (tahanan dalam = 0Ω) sehingga komponen-komponen yang terletak antara plus dan minus catu untuk sinyal AC terletak paralel.

Kita dapat melihat fungsi masing-masing kapasitor dari harga kapasitor tersebut.Untuk yang bernilai besar (orde mikro) bersifat sebagai pemisah antara arus DC dengan AC (*decoupling*) misal C1, C3, C7. Yang terakhir (C7) juga dipakai sebagai sumber tegangan catu untuk TR4 saat setengah periода tegangan sinyal dimana TR3 dalam keadaan mati.Untuk kapasitor yang bernilai kecil digunakan sebagai pemotong frekuensi tinggi seperti C8,C4,C6. Kapasitor terakhir dengan fungsi sama tetapi dipasang dalam jatringan umpan balik

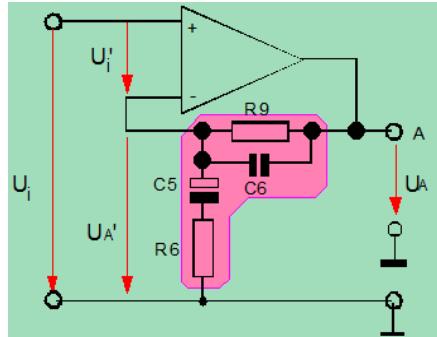
b. Jaringan umpan balik negatif pada penguat daya.

Umpan balik “luar” pada rangkaian penguat daya seperti terlihat pada Gambar 7.10 dari titik tengah keluaran terdapat R11 diumpan balikkan ke emitor



Gambar 7.10. Komponen umpan balik “luar” pada penguat daya.

transistor TR1. R11 membentuk pembagi tegangan dengan R8, sedang C5 berfungsi pembagi tegangan berpengaruh hanya pada tegangan sinyal (AC) saja.



Gambar 7.11. Rangkaian penguat daya memperlihatkan komponen umpan balik

Gambar 7.10 disederhanakan menjadi Gambar 7.11. Harga C5 dibuat cukup besar sehingga pada daerah frekuensi suara reaksinya lebih kecil dibanding R6. Maka itu $Z_1 = R_6$. Harga C6 dibuat cukup kecil karena untuk membatasi frekuensi tinggi.

Penguatan tegangan AC seluruhnya:

$$\begin{aligned}
 U_A &= U_i' x V_{uo} ; U_i' = U_i - \left(U_A \frac{R_6}{R_6 + R_9} \right) \\
 U_A &= \left[U_i - \left(U_i - \left(U_A \frac{R_6}{R_6 + R_9} \right) \right) \right] x V_{uo} \dots \rightarrow x \frac{1}{U_A} \\
 1 &= \left[\frac{U_i}{U_A} - \frac{R_6}{R_6 + R_9} \right] x V_{uo} \\
 1 + V_{uo} x \frac{R_6}{R_6 + R_9} &= \frac{U_i}{U_A} x V_{uo} \dots \rightarrow x \frac{1}{V_{uo}} \\
 \frac{1}{V_{uo}} + \frac{R_6}{R_6 + R_9} &= \frac{U_i}{U_A} \dots \rightarrow x \frac{1}{x} \\
 \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{R_6}{R_6 + R_9}} &= \frac{U_i}{U_A} \text{ jika } \frac{1}{V_{uo}} \ll \frac{R_6}{R_6 + R_9} \\
 \frac{1}{\frac{R_6}{R_6 + R_9}} &= \frac{U_A}{U_i} \quad \text{maka } \frac{U_A}{U_i} = \frac{R_6 + R_9}{R_6}
 \end{aligned}$$

$\frac{U_A}{U_i} = \frac{R_9}{R_6} + 1$	Dan jika $\frac{R_9}{R_6} \gg 1$ maka	$\frac{U_A}{U_i} = \frac{R_9}{R_6}$
---	---------------------------------------	-------------------------------------

Besarnya harga C5 bagi penguatan tegangan AC tidak memiliki peran (C5≈ hubung singkat), tetapi C5 mempunyai tugas penting untuk penstabilan titik kerja seluruh rangkaian. Untuk tegangan DC kapasitor C5 seakan terbuka (X_C besar) maka $U_O = U_i$ sehingga penguatannya:

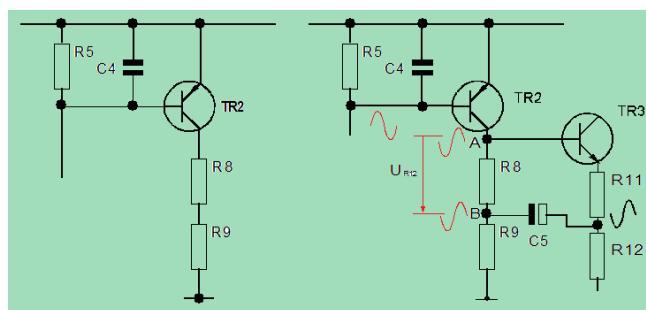
$$\frac{U_A}{U_i} = \frac{R_9 + R_6 + |X_C 5|}{R_6 + |X_C 5|} \quad \text{dan } R_9 \ll R_9 \ll (R_6 + |X_C 5|)$$

$$\frac{U_A}{U_i} = \frac{R_6 + |X_C 5|}{R_6 + |X_C 5|} = 1 \text{ kali}$$

Ini juga berarti, bahwa goyangan titik kerja hanya dikuatkan dengan faktor 1. Penguatan pada frekuensi rendah diperkecil oleh rangkaian RC, misalnya C1, R3, R2 dan juga C6, RL. Sedang penguatan pada frekuensi tinggi dibatasi oleh C4. Bila frekuensi semakin tinggi maka reaktansi C4 mengecil dan R6 dihubung singkat oleh C4, dan umpan balik ke emitor TR1 semakin besar penguatan mengecil. Kapasitor C2 untuk menghaluskan tegangan basis TR1 bersama-sama R5 (filter).

c. Bootstrap

Seperti yang telah pernah dibahas untuk dapat memberlakukan jaringan umpan balik luar sebagai penentu sifat diperlukan penguatan *open loop* yang besar. Salah satu upaya menaikkan V_{uo} dengan memasang bootstrap pada transistor TR2 (Gambar 7.12).



Gambar 7.12. Cara kerja Bootstrap

Besar penguatan rangkaian transistor TR2 adalah

$$V_{uo} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be} + (\beta+1) R_E} \quad \Rightarrow \text{karena di kaki emitor tidak ada tahanan } R_E \text{ maka}$$

$$V_{uo} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be}} \quad \Rightarrow R_t \text{ adalah tahanan total di kaki kolektor}$$

Maka untuk membesarkan lagi V_{uo} adalah dengan jalan membesarkan nilai R_t dengan cara:

Seperti diperlihatkan gambar 7.12 dimana sinyal yang dikuatkan oleh TR3 dikembalikan ke titik B. Sinyal ini mempunyai fasa yang sama dan besar amplitudo yang kira-kira hampir sama (rangkaian kolektor) maka pada titik A dan B mempunyai tegangan yang sama, sehingga pada R8 tidak ada arus yang mengalir. Hanya pada tahanan takterhingga sajalah tidak ada arus

yang mengalir. Dengan cara ini diperoleh tahanan yang sangat besar (secara arus bolak-balik / AC).

d. Daya keluaran

Daya maksimum yang dapat diberikan pada beban dengan sinyal sinus ditentukan oleh tegangan catu dan tahanan loud speaker. Lebar simpangan tegangan keluaran adalah $U_o - 2 U_{CE}$ jenuh dibagi dua, sehingga harga efektifnya:

$$U_o \text{ eff maks} = \frac{Us - 2 U_{CE} \text{ jenuh}}{2\sqrt{2}} \quad \text{misalnya: } U_{CE} \text{ jenuh} = 0,5 \text{ Volt}$$

$Us = U \text{ catu}$

$$P_o \text{ maks} = \frac{U_a \text{ eff maks}}{R_L} = \frac{(Us - 2 U_{CE} \text{ jenuh})^2}{8 R_L}$$

$$= \frac{(15V - 2 \cdot 0,5V)^2}{8 \cdot 4\Omega} = \frac{196 V^2}{32\Omega} = 6,125W$$

4. Pengukuran Kualitas Penguat Suara (pada Penguat Daya/Akhir)

Untuk dapat meletakkan suatu penguat dalam suatu kelas mutu, harus mengetahui data tekniknya. Biasanya pembuat peralatan menyertakan data-data teknik antara lain untuk sebuah penguat suara, berikut diuraikan data-data yang harus ada pada penguat akhir/daya:

- faktor cacat,
- cacat intermodulasi,
- daerah pemindahan (tanggapan frekuensi),
- perbandingan sinyal ke desis,
- cakap silang,
- keseimbangan kanal,
- daya keluaran,
- lebar band daya,
- faktor redaman (damping).

Berikut ini hanya akan dibahas untuk poin ke 3 terakhir, karena yang lainnya sudah dibahas pada bab penguat depan. Dalam pengukurannya semua harus dilakukan pada penguat akhir ini juga.

a. Daya keluaran

Besaran pengenal daya keluaran dibedakan dalam dua pengertiannya itu:

1) Daya keluaran nominal

Disebut pula daya terus menerus sinus, daya sinus atau daya terus menerus. Penguat suara dikendalikan hingga mencapai faktor cacat nominal dengan frekuensi 1000 Hz selama paling tidak 10 menit pada temperatur sekitar 15°C sampai 30°C. Tegangan catu daya harus stabil, perubahan yang dibolehkan maksimum 1 %.

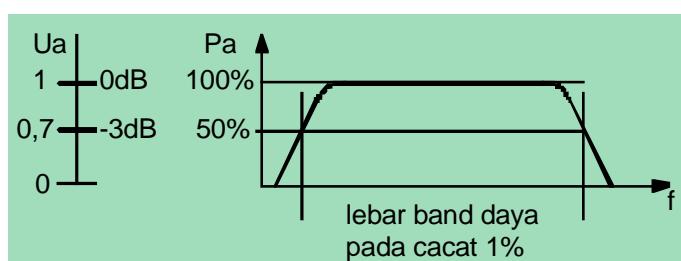
$$P = \frac{U_a^2}{R_a}$$

2) Daya musik

Akhir-akhir ini dikenal daya musik dengan istilah PMPO (*Peak Music Power Output*), istilah ini terkenal dalam iklan produk penguat suara. Istilah PMPO belum pernah didefinisikan dalam standar apapun. Konversi daya RMS ke daya PMPO-pun tidak ada rumusan yang tepat. Bisa jadi rumusan PMPO merupakan kuadrat tegangan puncak-puncak keluaran dibagi dengan beban. Ada juga yang memanjangkan PMPO dengan *Peak Momentary Power Output*, istilah yang masih kontroversi dan untuk kepentingan dagang. PMPO sebuah loudspeaker pada dasarnya merupakan daya keluaran maksimum dalam waktu yang sangat pendek (orde mikro detik).

b. Lebar band daya (*power bandwidth*)

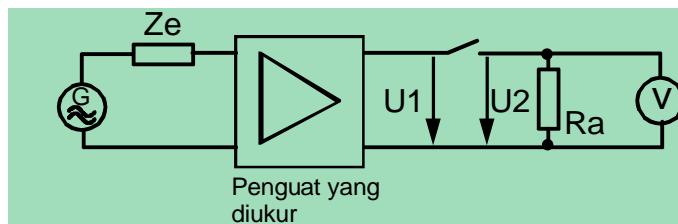
Lebar band daya adalah daerah frekuensi, padanya dicapai daya keluaran nominal separuh harga nominal dengan cacat maksimum seperti faktor cacat yang dibolehkan. Pengukuran sama seperti mengukur daerah pemindahan, dengan patokan penguat dikendalikan sampai daya nominal pada frekuensi 1 kHz (sebagai 0 dB)



Seperti diperlihatkan dalam Gambar 7.13, frekuensi masukan digeser dari minimum ke maksimum, pada kedua ujung batas frekuensi, daya turun 50% dengan cacat yang masih diperbolehkan.

c. Faktor redaman (*damping factor*)

Faktor redaman besarnya tergantung dari tahanan penguat dan tahanan beban nominal. Faktor redaman harus sebesar mungkin sehingga loudspeaker teredam dengan kuat dan dengan demikian getaran yang tidak diinginkan tertekan. Pengukuran diperlihatkan Gambar 8'14, penguat diberi masukan dari generator function. Pada keluaran diukur tegangannya saat tanpa beban (U_1) dan saat berbeban (U_2).



Gambar 7.14. Tata cara pengukuran

$$R_1 \approx R_a \frac{U_1 - U_2}{U_2}$$

$$\text{Faktor redaman} = \frac{R_a}{R_1}$$

R_1 = tahanan dalam penguat (dari keluaran)

U_1 = tegangan keluaran beban kosong

U_2 = tegangan keluaran berbeban

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

Dalam melakukan percobaan diharapkan

1. memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Tugas 1. Merencana Penguat Akhir

Tindakan
<ol style="list-style-type: none">1. Dengan menggunakan rangkaian Gambar 7.7, hitunglah nilai-nilai resistor untuk tegangan sumber 15V.2. Buatlah daftar komponen

Tahanan	
R1	
R2	
R3	
R4	
R5	
R6	
R7	
R8	
R9	
R10	
R11	
R12	
R13	
R14	

2. Tugas 2. Merakit Penguat Akhir

Langkah Kerja				
No	Titik ukur	Nilai tegangan secara teori	Hasil Pengukuran	Selisih (%)
1	U_{TT}			
2	U_{E3}			
3	U_{B3}			
4	U_{C3}			
5	U_{E4}			
6	U_{B4}			
7	U_{C4}			
8	U_{E2}			
9	U_{B2}			
10	U_{C2}			
11	U_{E1}			
12	U_{B1}			

Semua pengukuran diukur terhadap 0V (massa)

Kesimpulan :

.....

.....

3. Tugas 3. Pengukuran Daya

Gambar Pengukuran
Langkah Kerja
<ol style="list-style-type: none"> 1. Rangkailah peralatan seperti dalam gambar pengukuran. 2. Atur FG pada gelombang sinus dan frekuensi 1kHz. Amplitudo FG diatur 5mVpp (di ubah bila bentuk gelombang keluarannya cacat). 3. Atur tegangan catu seperti tabel, naikkan amplitudo FG hingga sinyal keluaran hampir cacat. 4. Lengkapi tabel tugas berikut dari hasil perhitungan teori. Masukkan hasil pengukuran yang diperoleh

Tabel I Pengaruh Tegangan Catu dan Beban terhadap Daya Keluaran

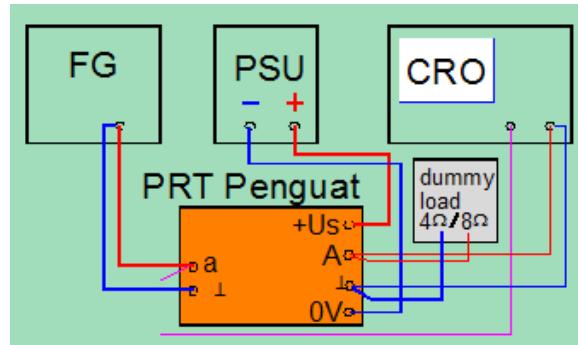
U Catu	Pengukuran				Perhitungan	
	Beban 4		Beban 8		Beban 4	Beban 8
	Uo maks Vpp	P Watt	Uo maks Watt	P Watt	P Watt	P Watt
12 V						
15 V						
17 V						

Kesimpulan :

.....

4. Tugas 4. Tanggapan Frekuensi (*Frequency Response*)

Gambar Pengukuran



Gambar Pengukuran

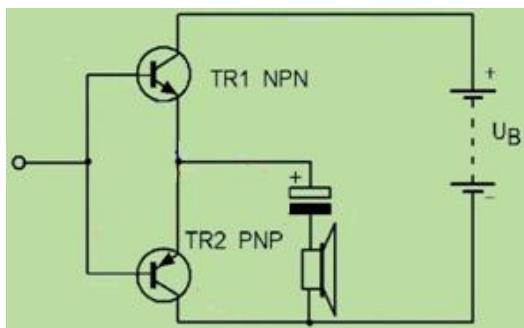
1. Rangkailah peralatan seperti dalam gambar pengukuran.
2. Atur FG pada gelombang sinus dan frekuensi 1kHz.
3. Amplitudo FG diatur 200mVpp (ubah bila bentuk gelombang keluarannya cacat).
4. Atur tegangan catu seperti tabel, ubah frekuensi FG seperti dalam tabel. Lengkapilah tabel pengukuran.

Tabel Tanggapan frekuensi			
Us = 15 Volt	Ui = 200 mVpp		
frek (Hz)	Uo (Vpp)	20 log $\frac{U_o}{U_i}$	20 log $\frac{U_o}{U_o (1 \text{ KHz})}$
20			
50			
100			
200			
500			
1k			
2k			
5k			
10k			
20k			
100k			

Kesimpulan :

PERTANYAAN

1. Besar manakah efisiensi penguat daya dengan transistor tunggal dibanding dengan penguat *push pull*?
2. Kelas penguat apa yang dibangun untuk penguat *push pull* dibangun dengan 2 transistor?
3. Apa keburukan penguat *push pull* kelas B disbanding dengan penguat dengan transistor tunggal?
4. Apa nama penguat *push pull* dengan 2 transistor yang sama (misal masing-masing 2N3055)?
5. Apa fungsi kapasitor dalam rangkaian berikut ini?



6. Tuliskan rumus daya untuk penguat akhir!
7. Apa yang dimaksud dengan daya keluaran nominal pada penguat daya?
8. Harus besar atau kecilkah, faktor redaman sebuah penguat?

F. Rangkuman

Untuk menggerakkan loudspeaker diperlukan daya yang besar, maka diperlukan penguat daya. Pada penguat daya, transistor akan dikendalikan secara penuh. Untuk efisiensi yang tinggi, maka digunakan penguat kelas B sehingga diperlukan dua buah transistor yang dikonfigurasikan secara push pull. Untuk kelas B, transitor tidak perlu diberi bias dan pada saat tanpa sinyal masukan, arus yang mengalir kecil (arus diamnya kecil).

Untuk penguat push pull ada beberapa macam, diantaranya dengan transistor komplementer (transistor PNP dan NPN yang memiliki sifat listrik sama). Dengan kesulitan kesamaan sifat dalam transistor komplementer, maka digunakan penguat push pull dengan komplementer palsu (*quasi complementary*). Pada komplementer palsu ini menggunakan dua buah transistor yang sama jenis dan tipenya, sehingga diharapkan sifat listriknya sama.

Untuk penguatan, rangkaian penguat akhir pada tingkat awal memiliki penguatan tegangan yang cukup tinggi, berkisar hingga 10-an kali, sedang pada tingkat transistor akhir, penguatan tegangannya hanya satu kali tetapi memiliki penguatan arus yang cukup besar. Karena penguat akhir memiliki penguatan tegangan dan penguatan arus, maka disebut pula sebagai penguat daya.

Pada penguat akhir, pengukuran kualitas sebagian sama seperti pada pengukuran pada penguat depan, tetapi dengan ukuran yang berbeda. Sedang pengukuran yang khas pada penguat akhir adalah pengukuran daya keluaran, lebar daya keluaran dan faktor redaman (*damping factor*).

G. Umpulan dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesionalan guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai

minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 8: RANGKAIAN PROTEKSI LOUDSPEAKER, MUTINGLIMITER DAN INDIKATOR AUDIO

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, peserta diharapkan dapat;

1. Merencana rangkaian proteksi *loudspeaker*, *muting*, *limiter* dan indikator sistem audio
2. Menguji rangkaian proteksi *loudspeaker*, *muting*, *limiter* dan indikator

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

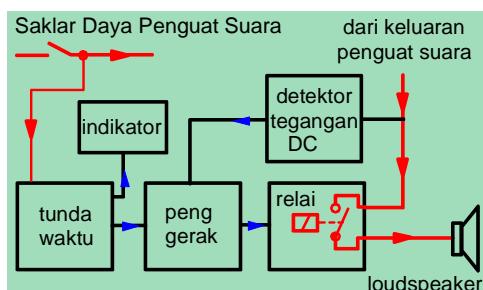
1. Merencana rangkaian proteksi, *muting*, *limiter* dan indikator sistem audio.
2. Menguji rangkaian proteksi *loudspeaker*, *muting*, *limiter* dan indikator

C. Uraian Materi

1. Rangkaian Proteksi Loudspeaker

a. Arsitektur rangkaian pengaman loudspeaker sistem penguat audio

Loudspeaker merupakan komponen pengubah sinyal listrik kedalam suara, dan harganya cukup mahal, untuk itu keberadaannya harus diamankan. Hal yang dapat membahayakan loudspeaker adalah mengalirnya arus searah ke dalam kumparan bicara dan besarnya arus yang mengalir dalam kumparan bicara. Pada dasarnya penguat suara Hi-Fi maupun profesional sudah



Gambar 8.1. Diagram blok pengaman loudspeaker.

dilengkapi beberapa perlindungan, baik untuk melindungi speaker dari kesalahan penguat, dan atau sebaliknya. Pada saat penguat dihidupkan dan juga dimatikan, ada

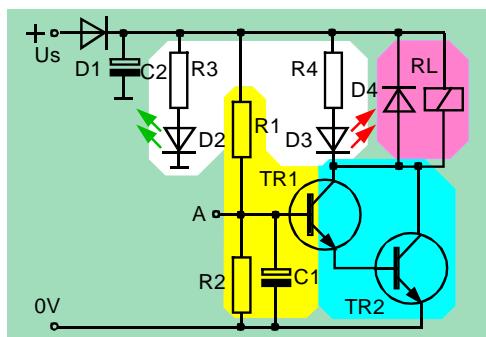
terdapat pergerakan arus dengan besaran tertentu hingga pada masa siap digunakan (*standby*).

Untuk ini salah-satu cara dengan membangun tunda waktu. Artinya, loudspeaker terhubung ke amplifier setelah beberapa saat dan dilepaskan

sebelum penguat suara dimatikan. Secara blok diperlihatkan pada Gambar 8.1.

b. Rangkaian pengaman loudspeaker sistem penguat audio

Gambar 8.2 memperlihatkan sebagian rangkaian pengaman yang dibahas. Tunda waktu ditentukan oleh komponen R1 dan C1, tahanan R1 dan R2 membentuk pembagi tegangan untuk memberi tegangan basis TR1. Nilai dari R1 dan R2 ditentukan untuk mengaktifkan TR1 dan TR2.



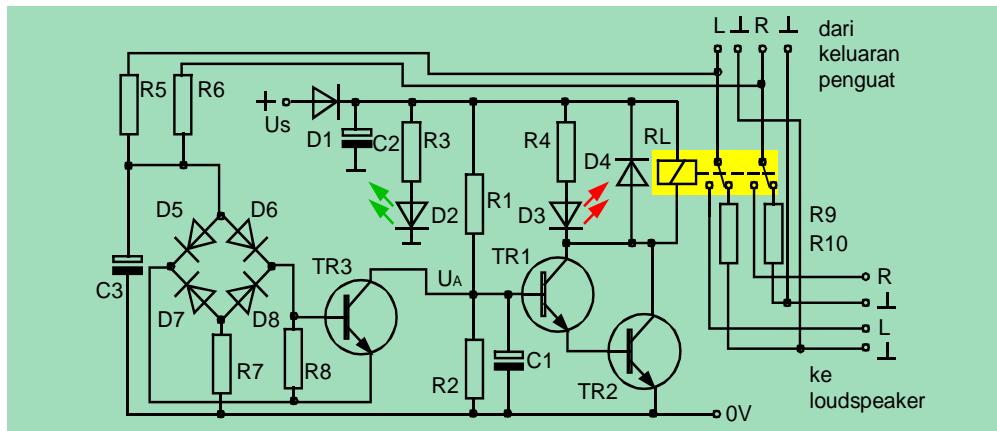
Gambar 8.2. Rangkaian tunda

Setelah R_1 diketahui, maka bersama C_1 untuk menentukan besarnya waktu berapa detik relai harus mulai bekerja. Transistor TR2 untuk menggerakkan rele. Dioda LED D2 digunakan sebagai penanda adanya tegangan pada sistem dan LED D2 untuk

mengetahui bahwa rele telah bekerja.

Untuk menghindarkan mengalirnya tegangan DC ke dalam loudspeaker, maka perlu memutus hubungan keluaran penguat dengan loudspeaker. Rangkaian Gambar 8.3

cara mendekksi tegangan DC. Tegangan dari penguat suara masuk melalui R_5 dan R_6 , untuk tegangan sinyal (AC) akan melalui C_3 terhubung ke $0V$. Bila mana terdapat tegangan DC, maka tegangan ini akan masuk ke rangkaian jembatan D5-D8 dan akan menyebabkan transistor TR3 aktif. Dengan aktifnya TR3, maka tegangan titik A akan tendah. Tegangan ini akan mengakibatkan TR1 pada rangkaian tunda akan mati dan seterusnya menyebabkan rele RL akan memutuskan loudspeaker dari penguat. Secara lengkap, rangkaian diperlihatkan pada Gambar 8.4.



Gambar 8.4.Rangkaian lengkap pengaman loudspeaker

Daftar Komponen

No	Kode Komponen	Nilai/Tipe	No	Kode Komponen	Nilai/Tipe
1	R1	100kΩ	8	C1, C2, C3	100μF/25V
2	R2	33kΩ	9	D1,D4	1N4002
3	R3,R4	1,2kΩ	10	D2	LED hijau
4	R5,R6	8,2kΩ	11	D3	LED merah
5	R7	100Ω	12	D5-D8	1N4148
6	R8	1kΩ	13	Rele	DPDT 12V
7	R9,R10	10Ω (5W)			

c. Nilai komponen pada rangkaian pengaman loudspeaker sistem penguat audio

Kumparan rele yang digunakan dalam bahasan ini 6Volt dan menarik arus 80mA, dengan dioda LED di atur arus yang mengalirinya 5mA, maka $I_{C2}=85\text{mA}$. Dengan menggunakan transistor BC548B yang memiliki arus kolektor maksimum 100mA,. Transistor TR1 dan TR2 disusun dalam darlington, maka tegangan

$$U_B1 = U_{BE1} + U_{BE2} = 560 + 820 = 1,38\text{V} \quad U_{BE} \text{ diperoleh dari datasheet}$$

Karena adanya C1, maka tegangan U_B1 akan mencapai sebesar tegangan tersebut memerlukan waktu, setelah C1 terisi. Tahanan R1 dan kapasitor C1 membentuk konstanta waktu : $\tau = R1 \cdot C1$

Untuk terisi penuh, sebuah kapasitor memerlukan waktu sekitar 5τ , tegangan pada R2 ;

$$U_{R2} = \left(\frac{33k}{33k + 100k} \right) \times 12 = 2,97V$$

Tegangan untuk TR1 bisa aktif jika tegangan U_{C1} (tegangan pada C1) sebesar 1,38V

$$U_{C1} = U_{R2} \cdot e^{-t/CR} \quad U_{R2} \text{ tegangan pada R2 jika tanpa C1}$$

Maka untuk menghitung t

$$t = - \log \left(\frac{U_A - U_{C1}}{U_A} \right) \times R \times C$$

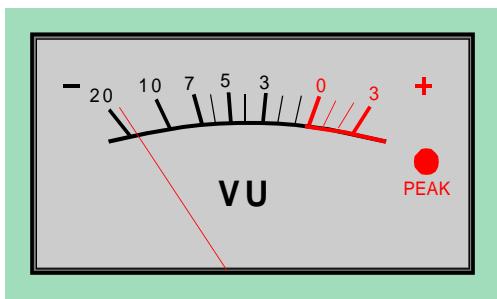
Maka akan diperoleh waktu tunda sekitar 2,6 detik.

2. Rangkaian Indikator Sistem Audio

a. Arsitektur rangkaian indikator sistem penguat audio

VU-meter Analog

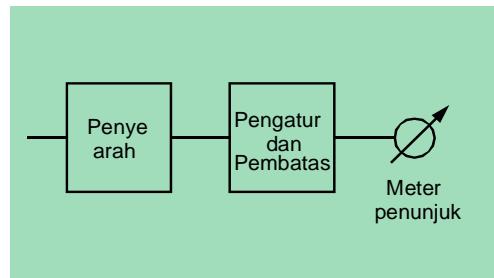
Secara umum indikator yang dipasang pada penguat audio ada banyak, bisa indikator muting yang terhubung dengan waktu tunda ada indikator daya, juga indikator hubung singkat. Dan yang nampak sekali adalah indikator level sinyal yang sering disebut dengan VU-meter atau *Volume Unit* meter. VU-meter atau juga SVI (*Standard Volume Indikator*) suatu alat yang menunjukkan level sinyal pada sebuah penguat audio.



Gambar 8.5. VU meter analog

Awalnya VU-meter berupa meter elektro mekanik pasif, biasanya berupa amper meter kumparan putar (*d'Arsonval movement ampere meter*) dengan sensitivitas $200\mu A$ DC (skala penuh), sebagai contoh seperti Gambar 8.5.

Ukuran jarum menyebabkan respon yang relatif lambat yang merupakan efek pengintegrasian sinyal dengan *rise time* sekitar 300ms. Nilai 0 pada VU meter sama dengan +4dBu atau sekitar $1,228V_{rms}$ pada beban 600Ω . Dan 0 VU juga sering direferensikan sebagai 0dB. Gambar 8.6 memperlihatkan



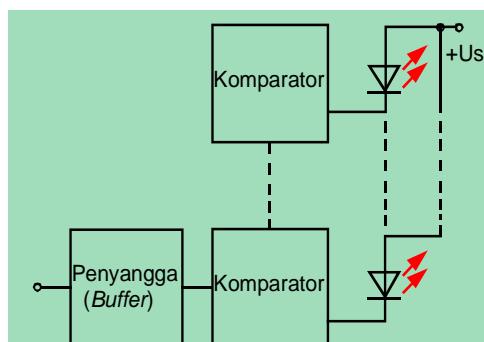
Gambar 8.6. Blok diagram VU meter analog

diagram blok VU-meter, terlihat pada blok pertama berupa blok penyerah dan berikutnya blok pengatur dan pembatas. Karena meter yang digunakan batas ukurnya sangat kecil sedang

tegangan masukan yang besar (karena dari akhir penguat daya) maka perlu penurunan amplitudo serta pengaman yang menghindari meter terhadap tegangan lebih.

LED VU-meter

Selain VU meter dengan penampilan jarum (analog) terdapat pula yang berpenampilan digital berupa nyala deretan LED. Deretan LED akan menyala sesuai **dengan** level suara, bisa secara BAR (dari LED terendah hingga tertinggi menyala bersama, bisa juga secara Dot dimana LED yang menyala hanya yang tertinggi sesuai sinyal suaranya. VU-meter semacam ini bisa dibangun dengan transistor ataupun dengan IC dan bisa IC op-amp dan juga bisa IC khusus, seperti LM 3915 atau LB1405.



Gambar 8.7. Blok diagram VU meter LED

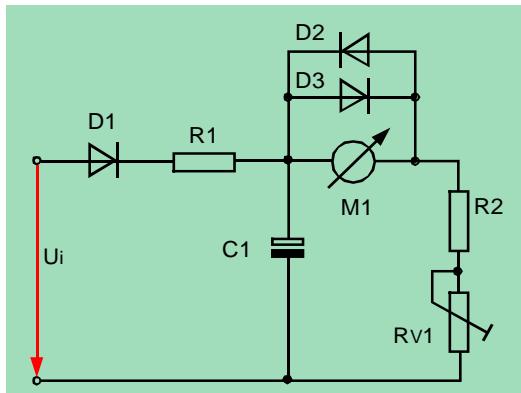
Gambar 8.6 memperlihatkan diagram blok VU-meter LED, dengan komponen utama LED dan didukung dengan komporator yang akan mengendalikan LED sesuai dengan sinyal suara yang masuk.

b. Rangkaian indikator sistem penguat audio

VU-meter Analog

Secara prinsip VU-meter sama dengan mengukur tegangan, karena meter yang digunakan berupa amper meter DC dengan sensitifitas $200\mu A$ maka diperlukan pengubah AC ke DC dan perluasan kemampuan mengukur serta pengaman dari tegangan berlebihan. Rangkaian lengkap VU-meter untuk penguat akhir ditampilkan pada Gambar 8.8, bila digunakan untuk penguat-

penguat sebelumnya, maka perlu penguat tambahan untuk dapat menggerakkan meter. Sinyal suara masuk, disearahkan oleh dioda D1 dan diratakan oleh kapasitor C1.



Gambar 8.8. Rangkaian lengkap VU meter

Tahanan tersambung seri akan menurunkan tegangan sehingga sesuai dengan tegangan sekala penuh meter saat tegangan sinyal maksimum. Tahanan atur RV digunakan untuk menepatkan nilai tegangan yang meter.

Dioda D2 dan D3 dipasang anti paralel untuk mengamankan meter dari tegangan berlebih.

Komponen-komponen untuk rangkaian dalam Gambar 8.8.

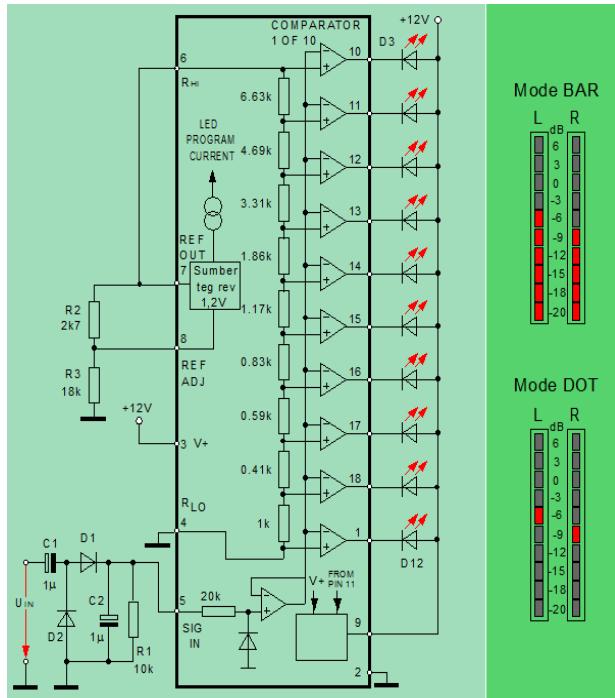
Kode	Tipe
D1	1N4007
D2	1N914
D3	1N914
C1	22µF/50V

Kode	Tipe
R1	6,8kΩ
R2	5,6kΩ
P1	5kΩ
M1	200µA

LED VU-meter.

Gambar 8.8 memperlihatkan rangkaian lengkap VU-meter dengan penampil LED. Dalam bahasan ini digunakan IC penggerak penampil *Dot/Bar* monolitik buatan *National Semiconductor*, LM3915. Tegangan masukan analog dari pin 5 akan menggerakkan penampil 10LED secara logaritmik dengan 3dB/step. Tegangan sinyal disearahkan dahulu dengan dioda D1 dan difilter dengan kapasitor C2.

Jika mengukur daya, 3 dB berarti peningkatan daya dua kali lipat. Sebagai daya ganda, maka LED tambahan akan menyala setelah dicapai nilai maksimum. Penampil dapat diatur bergerak secara *dot* (titik) atau *bar* (balok = LED menyala dari rendah hingga hargayang diukur).



Gambar 8.9. Rangkaian lengkap VU meter dengan penampil LED

Jika pin 9 ke tegangan positif, maka penampilan LED akan berada pada mode *BAR*. Sedang jika diinginkan mode dot, pin 9 dibiarkan terbuka. Tegangan catu dapat bervariasi dari 3V sampai dengan 25V. Diagram blok IC LM3915 dapat dilihat pada Gambar 8.10. Mode *BAR* dan *DOT* dapat dilihat contohnya pada Gambar 8.9.

Dalam rangkaian terintegrasi (IC) terdapat referensi tegangan yang dapat diatur. Tegangan 1,25V dibangkitkan pada pin 7 dan 8. Tahanan luar R2 dan R3 dirancang untuk skala penuh tegangan pin 5 antara 1,2V hingga 12V. Pada rangkaian dipilih 10,5V untuk menyalakan seluruh 10LED. Karena tegangan ini konstan maka arus yang mengalir pada R2 dan R3 juga konstan. Tegangan pada R2 dan R3 dapat dihitung dengan persamaan :

$$U = U_{ref} \times \left(1 + \frac{R2}{R3} \right) + I_{adj} \times R2$$

Arus pengatur sangat kecil (antara 75-120 μ A) keluar dari pin 8. Untuk nilai yang ditampilkan dalam gambar rangkaian, tegangan sekitar 10,5V. Jika pin 6 dan 7 dihubungkan, dan tegangan ini teraplikasi dalam jaringan internal IC. Oleh karena itu ketika tegangan pada pin 5 sama dengan 10,5V maka semua sepuluh LED akan menyala. U_{ref} tidak tergantung pada tegangan catu.

D. Aktifitas Pembelajaran

Pelajari uraian materi pada kegiatan belajar ini, lakukan percobaan dan atau tugas yang diberikan berikut ini (lihat latihan/Tugas).

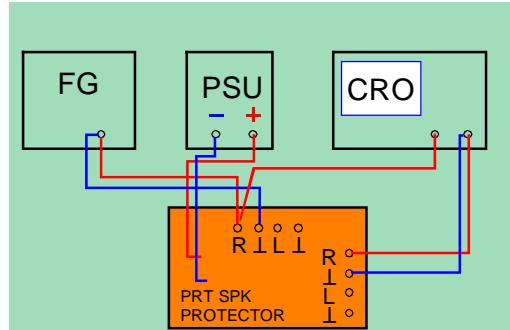
Dalam melakukan percobaan diharapkan

1. memperhatikan dan membaca buku petunjuk penggunaan peralatan yang digunakan.
2. gunakan perlengkapan dan peralatan keamanan, sehingga aman bagi diri dan peralatan yang digunakan.
3. jawablah pertanyaan-pertanyaan yang tersedia pada bagian pertanyaan/soal.

E. Latihan/Tugas

1. Tugas 1. Pengaman Loudspeaker

Rangkaian Pengukuran



Tindakan

1. Buatlah papan rangkaian tercetak PRT/PCB (*Printed Circuit Board*) untuk penguat dengan gambar rangkaian yang ditampilkan pada Gambar 8.4. PRT bisa cara langsung dengan spidol atau dengan cara sablon dengan penggambaran menggunakan perangkat lunak.
2. Setelah PRT selesai solderlah semua komponen yang diperlukan.
3. Rangkai alat dan bahan seperti gambar disamping ini.
4. Seting FG pada gelombang sinus $f=1\text{kHz}$ tegangan 10Vpp , DC offset=OFF
5. Atur tegangan PSU= 12V , lalu matikan

Pengamatan 1.

Hidupkan PSU, amati LED D2 (hijau) dan D3 (merah) kapan masing-masing menyala

.....

Matikan PSU, amati LED D2 (hijau) dan D3 (merah) kapan masing-masing menyala

.....

Pengamatan 2.

Rangkaian Pengukuran

Pindahkan probe CRO, CH1 ke anoda D2 dan CH2 ke anoda D3, hidupkan PSU, amati layar CRO, hitung jarak nyala antara D2 dengan D3

.....
.....

Matikan PSU, amati CRO, hitung jarak nyala antara D2 dengan D3

.....
.....

Pengamatan 3.

Pindahkan probe CRO pada posisi awal, seperti gambar pengukuran, penghubung probe pada DC.

Hidupkan PSU, hidupkan tombol DC offset pada FG, naikkan kearah positif tegangan DC offset, pada saat tegangan DC offset berapa D3 mati?

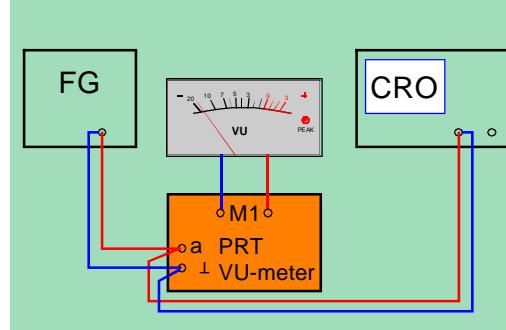
.....
.....

Lakukan hal yang sama untuk tegangan DC offset kearah negatif,pada saat tegangan DC offset berapa D3 mati?

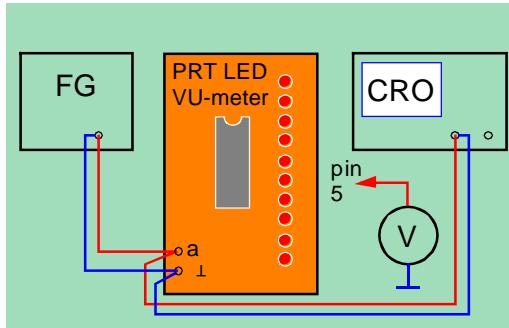
.....
.....

2. Tugas 2. VU-meter

Rangkaian Pengukuran			
Tindakan			
No	Penunjukkan VU	Penunjukkan CRO	
		Vpp	Vef
1	-20		
2	-10		
3	-7		
4	-5		
5	-3		
6	0		
7	3		



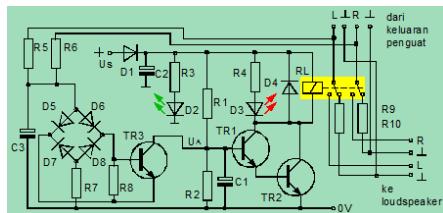
3. Tugas 3. VU-meter LED

Rangkaian Pengukuran	
	
Tindakan	
<ol style="list-style-type: none">1. Buatlah papan rangkaian tercetak PRT/PCB (<i>Printed Circuit Board</i>) untuk penguat dengan gambar rangkaian yang ditampilkan pada Gambar 8.9. PRT bisa cara langsung dengan spidol atau dengan cara sablon dengan penggambaran menggunakan perangkat lunak.2. Setelah PRT selesai solderlah semua komponen yang diperlukan.3. Atur trimpot P1 pada posisi tegah.4. Seting bentung gelombang FG gelombang sinus, frekuensi 1kHz, tegangan keluaran FG diatur sehingga jarum VU menunjuk 0dB. Catat tegangan yang ditunjukkan oleh CRO.5. Ubah amplitudo tegangan FG untuk penunjukkan yang lain.	

No	LED	Penunjukkan CRO Masukan (Vpp)	Tegangan DC pin 5
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
5	5		
6	6		
7	7		
8	8		
9	9		
10	10		

PERTANYAAN

1. Dengan rangkaian protektor loudspeaker, kapan loudspeaker akan terhubung?
2. Apa fungsi rangkaian protektor loudspeaker?
3. Komponen manakah yang menentukan waktu tunda dari rangkaian tunda berikut ini?



4. ada rangkaian VU-meter analog, apa fungsi dioda yang dihubung seri dengan meter VU?
5. Apa fungsi dua dioda yang dihubungkan anti paralel (paralel dengan arah berbalikan) dan diparalel dengan VU meter analog?
6. Pada LED VU-meter, konfigurasi apa saja yang dapat ditampilkan deretan LED yang di-drive dengan IC LM3915?
7. Apa yang ditampilkan deretan LED, jika pin 9 dihubungkan ke tegangan catu pada rangkaian LED VU-meter dengan LM 3915?

F. Rangkuman

Untuk melengkapi penguat audio dari hal-hal yang tidak diinginkan yang pada akhirnya dapat merusak loudspeaker amupun penguat itu sendiri. Maka dibuatlah rangkaian-rangkaian pengaman dan pemonitor.

Pengaman untuk loudspeaker, menghindarkan loudspeaker dari letusan saat *on* maupun *off* serta aman dari teraliri arus DC, jika terjadi kesalahan pada penguat.

Pada kondisi tanpa daya, rele yang menghubungkan antara penguat dan loudspeaker dalam keadaan terbuka, saat saklar daya dihubungkan (*on*) rele tidak langsung aktif karena adanya rangkaian tunda (R dan C). Konstanta waktu rangkaian tunda harus diatur sedemikian rupa, sehingga proses “*on*” penguat selesai, semua kapasitor dalam rangkaian sudah terisi penuh. Pada saat sakalar daya diputus (*off*), rele harus yang pertama kali memutuskan hubungan loudspeaker ke penguat. Sehingga saat tegangan pada titik hubung ke loudspeaker dari tegangan tertentu ke 0Volt tidak akan menimbulkan bunyi di loudspeaker.

Untuk memonitor seberapa besar sinyal yang dibangkitkan penguat dibuatlah VU-meter. Dengan menggunakan meter analog, daya penguat ditampilkan dalam bentuk simpangan jarum. Untuk dapat menyimpangkan jarum meter, tegangan sinyal harus disearahkan dahulu dan kemudian diturunkan levelnya, karena meter analog yang digunakan berkemampuan rendah.

Pada perkembangannya, VU meter ditampilkan dengan deretan LED. Mulai dengan rangkaian sederhana dengan pembagi tegangan, dengan menggunakan transistor dan terakhir menggunakan rangkaian terintegrasi (IC).

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Guru setelah menyelesaikan latihan dalam modul ini diharapkan mempelajari kembali bagian-bagian yang belum dikuasai dari modul ini untuk dipahami secara mendalam sebagai bekal dalam melaksanakan tugas keprofesian guru dan untuk bekal dalam mencapai hasil pelaksanaan uji kompetensi guru.

Setelah mentuntaskan modul ini maka selanjutnya guru dapat mengikuti uji kompetensi. Dalam hal uji kompetensi, jika hasil tidak dapat mencapai batas nilai

minimal ketuntasan yang ditetapkan, maka peserta uji kompetensi wajib mengikuti diklat sesuai dengan grade perolehan nilai yang dicapai.

PENUTUP

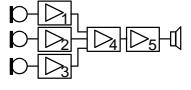
A. Kesimpulan

Dengan telah mengikuti seluruh modul dari bab pertama hingga bab terakhir diharapkan peserta dapat menyelesaikan problematik dalam sistem audio. Dari masalah akustik, psikoakustik telinga manusia, penguatan suara hingga instalasi sistem paging.

B. Tindak Lanjut

Dengan telah selesai mengikuti seluruh modul diharapkan peserta nantinya dapat dengan mudah menyelesaikan uji yang harus diikuti.

C. Evaluasi

No	Pilihlah jawaban yang benar			
1	Frekuensi bunyi yang masih bisa terdengar telinga manusia	a.2Hz	b.2kHz	c.100kHz
2	Telinga manusia paling peka mendengar bunyi pada frekuensi	a.10Hz	b.100Hz	c.300Hz
3	Sebuah gelombang bunyi yang mengenai dinding rata kasar, gelombang bunyi cenderung	a. didifusikan	b. dipantulkan	c.dibiaskan
4	Mikrofon yang dapat bekerja sebagai loudspeaker adalah mikrofon	a.kondenser	b.kristal	c.dinamik
5	Sebuah penguat depan universal dapat menguatkan sinyal dari mikrofon dan pemungut suara, saat berfungsi sebagai penguat mikrofon, komponen umpan baliknya berupa	a.tahanan	b.kapasitor	c.R seri C
6	Sebuah penguat yang berkualitas baik harus memiliki desis yang rendah, besaran ini pada datasheet ditunjukkan dengan	a. output impedance	b. power consumtion	c. THD
7	Pengatur nada yang memiliki jaringan pengatur nada berada dalam jaringan umpan balik, disebut pengatur nada	a.pasif	b.aktif	c.sederhana
8	 Nama blok nomor 4 pada gambar disamping ini adalah	a.preamp mic	b.tone control	c.mixer
9	Penguat akhir yang terdapat dua transistor bertipe sama di keluarannya disebut penguat akhir	a.komplementer quasi	b.komplementer	c.diferensial
10	Pada sistem audio paging yang memiliki banyak sekali loudspeaker, dengan sistem tegangan konstan,maka semua loudspeaker dihubung secara	a.deret	b.campuran	c.seri
				d.paralel

D. Kunci Jawaban

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1

- 1 Bergetarnya materi, bisa benda padat, cair maupun udara, dan disampaikan kepada telinga dengan jalan memukul partikel udara didekatnya. Kemudian akan timbul penebalan dan penipisan partikel udara yang kemudian sampai pada telinga.
- 2 Dua besaran bunyi: 1. Amplitudo, 2. Frekuensi.
- 3 Bunyi tidak dapat tersebar dalam ruang hampa.
- 4 Rumus untuk menghitung frekuensi bunyi adalah: $f = \frac{1}{T}$
- 5 Dari frekuensi 20 Hz sampai 20 kHz bunyi dapat didengar.
- 6 Tekanan bunyi 0dB adalah $2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$?
- 7 Tekanan bunyi maksimum yang masih dapat didengar telinga manusia adalah $120 \mu\text{bar}$.
- 8 Bunyi yang merambat di gelas lebih cepat dari kecepatan melalui air.
- 9 Kecepatan rambat bunyi pada temperatur 20°C adalah 344 m/s
- 10 Jarak terjadinya petir sejauh $344\text{m/s} \times 3\text{s} = 1.032\text{m}$

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2

1. Pada sekitar frekuensi sekitar 3kHz, kepekaan telinga paling baik.
2. Ambang dengar telinga pada tekanan bunyi $2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$.
3. Jika Sound Level meter menunjukkan nilai 20dB, maka tekanan bunyinya sebesar $10^{\frac{20\text{dB}}{20}} \times 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar} = 2 \cdot 10^{-3} \mu\text{bar}$
4. Pengaturan kuat suara *loudness*, nada rendah dan tinggi akan dikuatkan lebih besar pada level kuat suara yang rendah/lemah.
5. Kemampuan dengar menurun dengan bertambahnya usia pada frekuensi tinggi.
6. Pembagian frekuensi dengan 16Hz, 32Hz, 64Hz dan seterusnya memperlihatkan pembagian daerah frekuensi secara oktav.
7. Yang mempengaruhi warna bunyi adalah *jumlah* dan *tinggi amplitudo harmonisa*.

8. Dua sumber suara jika masing-masing berbunyi dengan kuat suara sebesar $D1=40\text{Phon}$ dan $D2=20\text{Phon}$, secara keseluruhan sumber bunyi yang lebih dominan terdengar adalah sumber bunyi yang lebih kuat yaitu $D1$ (40Phon).
9. Bagian telinga yang dapat menentukan arah datangnya bunyi adalah bagian daun telinga dan karena jumlahnya 2 buah dengan jarak tertentu.
10. Sistem stereophonik dapat dikembangkan dalam sistem audio, karena telinga manusia 2 buah dengan jarak cukup jauh.

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3

- 1 Fungsi mikrofon adalah *mengubah energi bunyi kedalam energi listrik*.
- 2 Kepekaan sebuah mikrofon adalah *besar tegangan bolak-balik keluaran mikrofon pada keadaan bunyi bebas dengan tekanan 1 μbar*
- 3 Kepekaan arah sebuah mikrofon adalah besar tegangan keluaran bergantung arah dari mana bunyi datang
- 4 Mikrofon yang bekerja berdasarkan prinsip hukum induksi adalah *mikrofon dinamik*.
- 5 Mikrofon yang secara prinsip dapat befungsi sebagai loudspeaker adalah *mikrofon dinamik*.
- 6 Mikrofon pita banyak digunakan di *studio rekaman*.
- 7 Untuk digunakan dengan kabel penghubung yang panjang, yang lebih baik, mikrofon yang memiliki impedansi *rendah*?
- 8 Fungsi penyambungan mikrofon secara simetris untuk menghindari gangguan pada saluran mikrofon yang cukup panjang.

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 4

Tugas 1

- 1 Fungsi tahanan pada kolektor pada transistor terakhir, untuk menetapkan tegangan kolektor U_C setengah tegangan catu.
- 2 Jika temperatur naik, maka besar arus kolektor akan naik.
- 3 Jika titik kerja transistor bergeser, maka sinyal keluaran dapat cacat.
- 4 Yang dimaksud dengan menetapkan titik kerja transistor adalah menetapkan seberapa besar arus kolektor I_C .
- 5 Tahanan yang berfungsi sebagai penstabil titik kerja salah satunya adalah tahanan pada emitor.

Tugas 2

- 1 Bagi sinyal AC, sumber tegangan DC akan membentuk *hubung singkat*.
- 2 Rumus tahanan R_t untuk arus AC $\rightarrow R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$
- 3 Fungsi C6 dalam rangkaian yang dibahas adalah untuk meniadakan umpan balik negatif arus untuk tegangan sinyal.
- 4 Secara keseluruhan, komponen yang menentukan sifat penguatan adalah rangkaian umpan balik "luar" yang terdiri dari R4,R5,R10,R11,R12, C4,C7 dan C8.
- 5 Komponen atau rangkaian yang menyeragamkan sifat penguatan adalah rangkaian umpan balik "luar"
- 6 Penguatan penguatan tanpa umpan balik untuk masing-masing PRT apakah hasilnya sangat variatif dengan perbedaan yang besar.

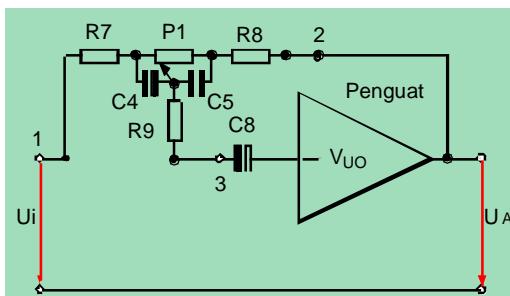
Tugas 3

1. Syarat supaya penguatan penguatan (V_u) akan tepat/ mendekati $1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ adalah V_{uo} minimum 10 kali dibanding V_U .
2. Rumus penguatan, jika $V_{uo}=2 \times V_u$ adalah $V_u = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)}}$
3. Supaya penguatan penguatan tidak tergantung dari toleransi komponen, maka V_{uo} harus sebesar mungkin.
4. Jika umpan balik sangat kecil,maka penguatan akan besar.
5. Tanggapan frekuensinya, jika pemilih S1 pada posisi 1 (pada rangkaian yang dibahas) tanggapan frekuensinya datar atau linier.

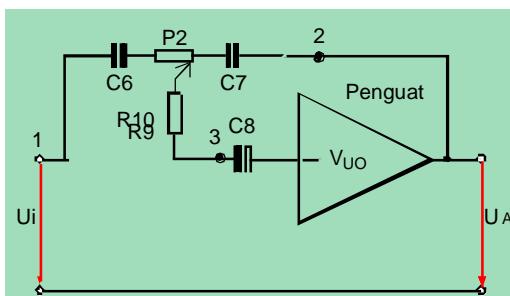
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 5

1. Potensiometer yang digunakan untuk pengatur kuat suara dari jenis *logaritmis*.
2. Pengaturan kuat suara sesuai psikologis, nada rendah dan tinggi lebih besar dari nada tengah pada *level rendah*.
3. Jaringan pengatur nada pada penguat pengatur nada aktif diletakkan pada *jaringan umpan balik*.

4. Posisi P1 kiri seperti gambar, penguatan untuk sinyal frekuensi tinggi (treble) besarnya 1 kali atau 0dB.



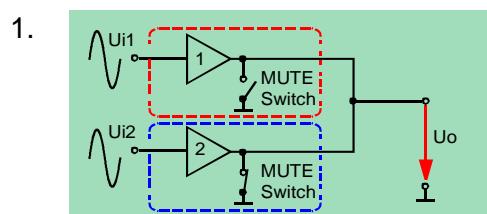
5. Fungsi C4 dan C5 untuk sinyal frekuensi tinggi pada gambar soal no 4 adalah untuk menghubung singkat P1.
 6. Saat frekuensi tinggi (treble) jika posisi P2 seperti pada gambar di bawah, *penguatannya akan minimum*.



7. Keunggulan pengatur nada pasif dibanding pengatur nada aktif, karena pengaturan nada dengan cara mengatur penguatan maka saat pengaturan rendah level noise juga diuatkan dengan rendah.

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 6

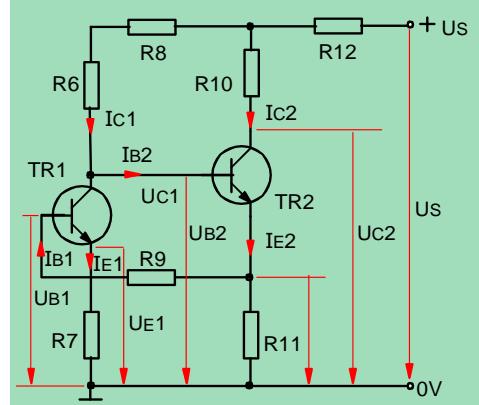
Tugas 3



Penguatan masing penguat pada gambar disamping sebesar 1X, dengan kondisi seperti gambar, besar tegangan $U_o = 0\text{ Volt}$

- 2 Fungsi penguat pencampur adalah mencampur dua atau lebih sinyal tanpa ada saling mempengaruhi.

- 3 Tegangan U_{E2} harus lebih tinggi dari U_{B1} supaya arus dapat mengalir ke basis TR1.



- 4 Fungsi tahanan di kolektor transistor TR2 untuk menetapkan U_c setengah tegangan catu.
- 5 Tahanan-tahanan yang berfungsi sebagai umpan balik negatif arus adalah R7 dan R11.

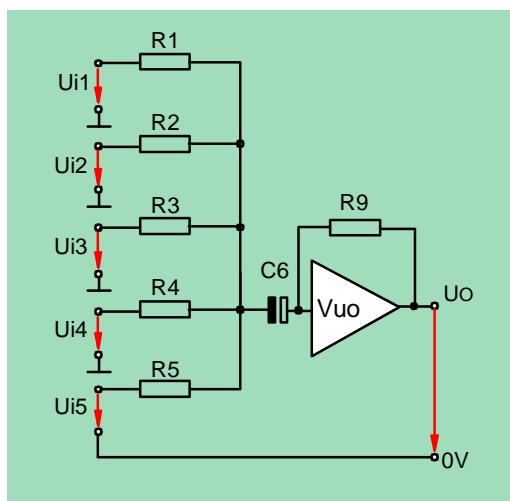
Tugas 4

- Hasil pengukuran V_{uo} dari 12 PRT banyak sekali perbedaan karena toleransi komponen transistor sangat lebar, satu sama lain sangat berbeda walau tipenya sama.
- Hasil pengukuran V_u masing-masing PRT cukup seragam, karena penguatan ditentukan oleh komponen tahanan yang memiliki toleransi cukup kecil.
- Penguatan penguat untuk masukan 1 adalah $V_{u1} = \frac{R_9}{R_1}$.
- Persyaratan minimum V_{uo} dibanding V_u supaya penguatannya hanya dipengaruhi perbandingan tahanan umpan balik adalah $V_{uo} = 10 \times V_u$
- Fungsi kapasitor C8 untuk meniadakan umpan balik arus untuk tegangan sinyal

Tugas 5

- Penguatan masing-masing masukan dibuat sedemikian kecil, karena jika semua masukan maksimum tidak melampaui kemampuan penguat.

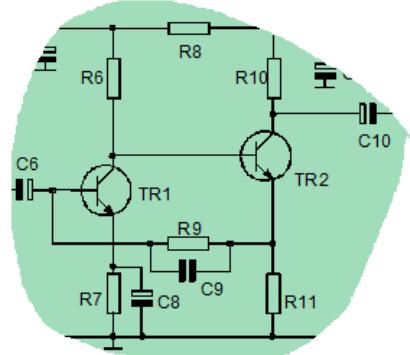
2.



Yang terjadi pada tegangan keluaran, jika tegangan Ui_4 bernilai 0V (hubung singkat), tidak ada pengaruh. Tegangan keluarannya ditentukan oleh masukan yang lain.

- Secara teori, masing-masing sinyal masukan dikuatkan sebesar $\frac{10k\Omega}{100k\Omega} = 0,1x$

4

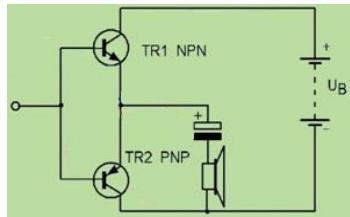


Fungsi kapasitor C_9 untuk memotong penguatan pada frekuensi tinggi, jadi penguatan pada frekuensi tinggi sangat kecil.

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 7

- Efisiensi penguat daya *push pull* lebih besar dibanding dengan penguat daya dengan transistor tunggal.
- Kelas penguat yang dibangun untuk penguat *push pull* dibangun dengan 2 transistor adalah *penguat kelas B*
- Keburukan penguat *push pull* kelas B disbanding dengan penguat dengan transistor tunggal, *diperlukan 2 transistor dan cacat cross over*.

4. Nama penguat *push pull* dengan 2 transistor yang sama (misal masing-masing 2N3055) adalah *penguat push pull komplementer quasi*.
5. Fungsi kapasitor dalam rangkaian berikut ini adalah *untuk catu daya TR2 saat TR1 mati, juga sebagai decoupling dengan loudspeaker*.



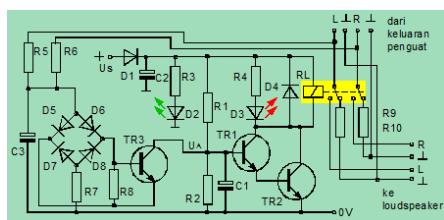
6. Rumus daya untuk penguat akhir *push pull*

$$P_o \text{ maks} = \frac{(U_s - 2U_{CE \text{ jenuh}})^2}{8R_L}$$

7. Yang dimaksud dengan daya keluaran nominal pada penguat daya adalah daya terus menerus selama paling tidak 10 menit dengan frekuensi 1000Hz pada temperatur sekitar 15°C sampai 30°C dan tegangan catu tidak boleh berubah lebih dari 1%.
8. Faktor redaman sebuah penguat akhir harus besar, sehingga loudspeaker teredam dengan kuat dan dengan demikian getaran yang tidak diinginkan tertekan.

Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 8

1. Loudspeaker akan terhubung beberapa saat setelah saklar daya "on" selama konstanta waktu R dan C yang dipilih.
2. Rangkaian protektor loudspeaker berfungsi mengamankan loudspeaker dari akibat buruk saat penguat dalam proses "on" dan "off" serta dari kesalahan penguat akhir, semisal adanya tegangan DC pada terminal loudspeaker.
3. Komponen yang menentukan waktu tunda dari rangkaian tunda berikut ini adalah $R1$ dan $C1$.



4. Pada rangkaian VU-meter analog, fungsi dioda yang dihubung seri dengan meter VU untuk *menyearahkan sinyal audio sehingga dapat menggerakkan meter VU*.
5. Fungsi dua dioda yang dihubungkankan anti paralel (paralel dengan arah berbalikan) dan diparalel dengan VU meter analog untuk *mengamankan meter VU dari tegangan lebih*.
6. Pada LED VU-meter, konfigurasi yang dapat ditampilkan deretan LED yang di-drive dengan IC LM3915 dapat berupa *DOT dan BAR*.
7. Jika pin 9 dihubungkan ke tegangan catu pada rangkaian LED VU-meter dengan LM 3915 maka *LED akan menyala secara BAR*.

Kunci Jawaban Evaluasi Akhir

No	Jawaban
1	b
2	d
3	a
4	c
5	a
6	d
7	b
8	c
9	a
10	d

GLOSARIUM

AC	Alternating Current; arus bolak-balik
akustik	Ilmu tentang suara
<i>bandwidth</i>	rentang frekuensi dalam sebuah band tertentu, khususnya yang digunakan untuk transmisi sinyal
bar	batang atau balok, dalam penampilan VU-meter, LED menyala besamaan dari level rendah ke level penunjukkan.
bootstrap	sebagian dari tingkat output sebuah penguat diumpulkan ke input, untuk mengubah impedansi input dari penguat
complementary	saling mengimbangi, saling melengkapi, untuk transistor, dua buah transistor yang berbeda jenis PNP dan NPN memiliki sifat listrik yang sama.
Crossover	Cacat pada penguat push pull saat sinyal melintas di sumbu nol
crosstalk	transfer sinyal yang tidak diinginkan antara kanal komunikasi.
darlington	Dua buah transistor yang dirangkaia sedemikian rupa, emitor transistor pertama disambungkan ke basis transistor kedua untuk memperoleh level penguatan yang sangat tinggi.
DC	Direct Current; arus searah
DIN	Deutsches Institut für Normung, Institusi standar negara Jerman
dinamik	dalam bidang audio, dinamik merupakan perbandingan level terrendah dengan level tertinggi
Distortion	perubahan bentuk sebuah sinyal listrik atau gelombang bunyi selama proses
dot	titik, dalam penampilan VU-meter, LED menyala secara titik pada harga yang ditunjukkan

<i>echoey</i>	memiliki atau menghasilkan suara gema atau berulang
<i>elektret</i>	gabungan dari kata "elektr" (elektro, listrik) dan "et" (magnet) adalah bahan dielektrik yang memiliki muatan listrik atau dipole polarisasi kuasi-permanen. Sebuah electret menghasilkan medan listrik internal dan eksternal, dan adalah setara elektrostatik dari magnet permanen
<i>Equalizer</i>	Perangkat atau sirkuit untuk koreksi distorsi tergantung frekuensi dalam elektronika komunikasi
<i>infrasonic</i>	Getaran bunyi di bawah 20 Hz
<i>LED</i>	light-emitting diode, dioda yang memancarkan cahaya, merupakan sumber cahaya semikonduktor dua kaki. Seperti dioda junction tapi dapat memancarkan cahaya jika dioperasikan.
<i>loudness</i>	kekerasan
<i>monophonic</i>	Rekaman suara dan reproduksi menggunakan satu saluran transmisi dan reproduksi
<i>Omnidirectional</i>	menerima atau mengirim sinyal ke segala arah.
<i>PCB-PRT</i>	Printed Circuit Board atau Papan Rangkaian Tercetak adalah sebuah papan terbuat dari pertinak, fiber atau lainnya dengan dilapisi tembaga. Lapisan tembaga dibentuk dengan bentuk tertentu sehingga dapat menghubungkan komponen elektronik menjadi sebuah rangkaian.
<i>piezoelectric effect</i>	adalah kemampuan bahan tertentu untuk menghasilkan (arus bolak-balik) tegangan AC ketika mengalami tekanan mekanik atau getaran, atau bergetar ketika diberi tegangan AC, atau keduanya
<i>quadrophoni</i>	sebuah sistem audio menggunakan empat saluran, tujuannya untuk memproduksi suara depan dan belakang pendengar yang mensimulasikan suara 360 derajat
<i>quasi</i>	berasal dari bahasa Latin yang berarti mendekati. Dalam

	istilah "komplementer quasi", dapat diartikan sebagai yang mendekati komplementer.
reaktansi	merupakan nilai tahanan bolak-balik dari komponen induktor dan kapasitor
RIAA	<i>Record Industry Association of America</i> Asosiasi Industri rekaman Amerika
Stereophonic	Rekaman suara dan reproduksi menggunakan dua atau lebih saluran transmisi dan reproduksi sehingga suara direproduksi tampaknya mengelilingi pendengar dan datang dari lebih dari satu sumber
transversal	Sebuah garis yang melintasi setidaknya dua garis lainnya, dalam istilah "gelombang transversal", perpindahan partikel tegak lurus terhadap arah propagasi gelombang.
TRS	merupakan kependekan dari Tip-Ring-Sleeve (Ujung-Cincin-Lengan) ini merupakan bentuk dari "jack" yang memiliki ujung, cincin dan lengan. Konektor TRS memiliki banyak nama lainnya seperti "phone plug", "Phone Jack", "Headphone jack", "Jack plug", "Audio jack" atau juga "Jack Toa". Jack jenis ini bisa digunakan untuk Stereo.
TS	seperti pada TRS, tetapi hanya memiliki Tip dan Sleeve (ujung dan lengan), jack jenis ini digunakan untuk mono
<i>ultra sonic</i>	Getaran bunyi di atas 20 kHz
VU-meter.	merupakan kepedekan dari Volume Unit, atau standard volume indikator (SVI) indikator volume standar adalah perangkat menampilkan yang merepresentasikan tingkat sinyal dalam peralatan audio.
XLR	Konektor listrik yang digunakan dalam bidang audio dari sebuah perusahaan Canon seri X, dikemudian hari ditambah pengunci (L) dan dengan isolator karet (R)

DAFTAR PUSTAKA

- “_____”, 2013, Data Sheet LM3915, Texas Instruments,
www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3915.pdf (diakses tanggal 26-1-2016)
- “_____”,4 - 11 Watt Verstärker EB 7405, Hamburg, Philips GmbH, , 1978
- “_____”,Bootstrapping (electronics), [online], [https://en.wikipedia.org/wiki/Bootstrapping_\(electronics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Bootstrapping_(electronics)), diakses tanggal 13-11-2015
- “_____”,Dictionary of Canadian Biography,[online], (http://www.biographi.ca/en/bio/bell_alexander_graham_15E.html),diakses tanggal 4-3-2014)
- “_____”,DIN 45-500-details of German standard for hi-fi equipment, [online] ,
<http://www.hifimuseum.de/45500dieenglischeversion.html> (diakses tanggal 11/1/2016)
- “_____”,Directional Properties, [online] , <http://www.mediacollege.com/audio/microphones/directional-characteristics.html> (diakses tanggal 12/1/2016)
- “_____”,HiFi-Verstärker, [online] ,
<http://www.elektronikinfo.de/audio/verstaerker.htm> (diakses tanggal 11/1/2016)
- “_____”,Klangregeleinheit EB 7405, Hamburg, Philips GmbH, , 1978
- “_____”,Mineral Wool Insulation,[online], (<http://www.specjm.com/residential/insulation/mineralwool.asp>),diakses tanggal 13-01-2014)
- “_____”,piezoelectricity, [online], <http://whatis.techtarget.com/definition/piezoelectricity>, diakses tanggal 13-11-2015
- “_____”,PMPO - peak momentary power output, [online] ,
<http://www.webopedia.com/TERM/P/PMPO.html> (diakses tanggal 16/1/2016)
- “_____”,quadraphonic sound, [online] , http://www.webopedia.com/TERM/Q/quadraphonic_sound.html (diakses tanggal 18/1/2016)
- “_____”,Semiconductor Part 3 Small-signal transistors, Philips Data handbook, November 1982

- “ _____ ”,stereophonic, [online], <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/stereophonic>, diakses tanggal 13-11-2015
- “ _____ ”,TOA_Speaker_Guide ,[online] (http://www.toaelectronics.com/products/speakers/TOA_Speaker_Guide.pdf, diakses tanggal 28-8-2008)
- “ _____ ”,Tonabnehmer-Verstaerker (Stereo)EB7401, Hamburg, Philips GmbH, , 1978
- “ _____ ”,Transversal, [online] , <http://www.mathsisfun.com/definitions/transversal.html> (diakses tanggal 18/1/2016)
- “ _____ ”,TZ series Column Speaker Sistem, [online] , [http://toa.com.sg/ASmodels/TZ series Column Speaker brochure.pdf](http://toa.com.sg/ASmodels/TZ%20series%20Column%20Speaker%20brochure.pdf) (diakses tanggal 14/1/2016)
- “ _____ ”,VU meter, [online] , https://en.wikipedia.org/wiki/VU_meter (diakses tanggal 18/1/2016)
- “ _____ ”,XLR_connector, [online], https://en.wikipedia.org/wiki/XLR_connector), diakses tanggal 13-11-2015
- “ _____ ”,Zweifach-Summenverstaerker(mit Frontplatte)EB7310, Hamburg, Philips GmbH, , 1978
- Heinrich Hubscher, Elektrotechnik Fachhstufe 2 Nachrichtentechnik, Braunschweig; Westermann, 1986
- Heinz Haeberle, Elektronik 3 Nachrichtenelektronik, Cetakan ke 6, Wuppertal; Verlag Europa Lehrmittel,1984
- Nuermann,Dieter, Das grosse Werkbuch Elektronik, Cetakan ke 4, Muenchen, Franzis-Verlag GmbH, 1984
- Skritek,Paul, Handbuch der Audio-Schaltungstechnik, Munchen, Franzis-Verlag GmbH,1988
- Wirsum ; Praktische Beschallungs Tecnik; Munchen, Franzis-Verlag GmbH,1990
- Zastrow ,Peter, Phono Technik, Cetakan ke3, Frankfurt [Main],frankfurter fachverlag,1984

GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

PAKET KEAHLIAN TEKNIK AUDIO VIDEO
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)



PEDAGOGIK :

**Komunikasi Efektif, Empatik,
dan Santun**



**DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2016**

Penulis :
Aris Dwi Cahyono M.Pd; No HP : 08123306634

Penelaah:
Dr. Sihkabudin, M.Pd.



Copyright © 2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Bidang Otomotif dan Elektronika, Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga
Kependidikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan
komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru pasca UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (*online*), dan campuran (blended) tatap muka dengan *online*.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk program Guru Pembelajar (GP) tatap muka dan GP *online* untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Februari 2016
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 195908011985031002

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta kompetensi	3
D. Ruang lingkup	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: KONSEP DASAR KOMUNIKASI	5
A. Tujuan	5
B. Indikator pencapaian Kompetensi	5
C. Uraian materi	6
1. Konsep Dasar Komunikasi.....	6
2. Berkomunikasi sesuai dengan potensi, lingkungan dan kemampuan peserta didik	28
3. Rangkuman	48
PENUTUP	49
A. Kesimpulan	49
B. Tindak Lanjut	50
C. Evaluasi	51
D. Kunci Jawaban.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses penyampaian pernyataan kepada orang lain	6
Gambar 2. Proses komunikasi	8
Gambar 3. Komunikasi Kelompok.....	10
Gambar 4. Proses Terjadinya Komunikasi.....	11
Gambar 5. Jendela Johari.....	14
Gambar 6. Tahapan proses merespon	17
Gambar 7. Hurier Model	18
Gambar 8. Model kontak mata.....	22
Gambar 9. Contoh perilaku anggota tubuh	26
Gambar 10 Contoh gaya tarik komunikator.....	30
Gambar 11 Strategi meningkatkan komunikasi.....	32

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidik memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kuantitas dan kualitas pengajaran yang pada akhirnya berperan dalam meningkatkan mutu pendidikan nasional. Pendidik berperan sebagai pengelola pembelajaran, selaku fasilitator yang berusaha menciptakan pembelajaran yang efektif, mengembangkan bahan ajar dengan baik, penggunaan media yang tepat, dan pemanfaatan TIK dalam pembelajaran, serta meningkatkan kemampuan peserta didik dalam pembelajaran tersebut untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Hal ini menuntut perubahan-perubahan dalam pengelolaan pembelajaran baik di dalam atau di luar kelas. Untuk memenuhi hal tersebut diatas seorang pendidik harus mampu memotivasi peserta didik dan dapat memberikan rangsangan kepada peserta didik agar mau belajar. Pendidik yang mampu melaksanakan perannya sesuai dengan yang disebutkan diatas disebut sebagai seorang pendidik profesional dan memiliki kompetensi pedagogik. Berdasarkan Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 tentang kualifikasi akademik dan kompetensi pendidik menyebutkan bahwa guru harus memiliki kualifikasi kompetensi pedagogik, kepribadian, sosial, dan profesional.

Adapun Kompetensi pedagogik yang dimaksud dalam tulisan ini antara lain kemampuan komunikasi terhadap peserta didik secara mendalam dalam penyelenggaraan pembelajaran yang mendidik. Menurut Peraturan Pemerintah tentang pendidik bahwa kompetensi pedagogik pendidik merupakan kemampuan pendidik dalam pengelolaan pembelajaran peserta didik minimal meliputi: pemahaman wawasan atau landasan kependidikan, pemahaman terhadap peserta didik, pengembangan kurikulum, silabus, perancangan pembelajaran, pelaksanaan pembelajaran yang mendidik dan dialogis, pemanfaatan teknologi informatika dalam pembelajaran, evaluasi hasil belajar, serta mengembangkan peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya.

Oleh karena kemampuan komunikasi efektif, empatik, dan santun, baik lisan maupun tulisan dengan peserta didik harus dikuasai oleh seorang pendidik baik

dalam menjelaskan konsep komunikasi, strategi mengimplementasikan, dan aplikasi dalam proses pembelajaran

B. Tujuan

Setelah mengikuti pembelajaran ini peserta diharapkan dapat :

1. Memahami berbagai strategi berkomunikasi yang efektif, empatik, dan santun, secara lisan, tulisan, dan/atau bentuk lain.
2. Berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/ permainan yang mendidik yang terbangun secara siklikal dari (a) persiapan kondisi psikologis peserta didik untuk ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh, (b) ajakan kepada peserta didik untuk ambil bagian, (c) respons peserta didik terhadap ajakan guru, dan (d) reaksi guru terhadap respons peserta didik, dan seterusnya.

C. Peta kompetensi

BIDANG KEAHLIAN : PEDAGOGIK		POSISI MODUL
KODE UNIT KOMPETENSI	NAMA UNIT KOMPETENSI	WAKTU
PED0100000-00	Pengembangan Peserta Didik	4 JP
PED0200000-00	Teori Belajar dan Prinsip Pembelajaran yang mendidik	8 JP
PED0300000-00	Pengembangan Kurikulum	8 JP
PED0400000-00	Pembelajaran Yang Mendidik	10 JP
PED0500000-00	Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pembelajaran	2 JP
PED0600000-00	Pengembangan potensi peserta didik	4 JP
PED0700000-00	Komunikasi efektif	2 JP
PED0800000-00	Penilaian dan evaluasi pembelajaran	5 JP
PED0900000-00	Pemanfaataan hasil penilaian dan evaluasi pembelajaran	4 JP
PED0100000-00	Tindakan reflektif untuk peningkatan kualitas pembelajaran.	8 JP

D. Ruang lingkup

Modul ini akan membahas tentang komunikasi efektif, empatik, dan santun, secara lisan maupun tulisan dengan peserta didik, bagaimana seorang pendidik memilih strategi komunikasi dengan peserta didik, dan mengimplementasikan cara berkomunikasi sesuai potensi, lingkungan dan kemampuan peserta didik, serta melakukan komunikasi efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/ permainan yang mendidik yang terbangun secara siklikal dari (a) penyiapan kondisi psikologis peserta didik untuk ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh, (b) ajakan kepada peserta didik untuk ambil bagian, (c) respons peserta didik terhadap ajakan guru, dan (d) reaksi guru terhadap respons peserta didik

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: KONSEP DASAR KOMUNIKASI

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat;

1. Memahami berbagai strategi berkomunikasi yang efektif, empatik, dan santun, secara lisan, tulisan, dan/atau bentuk lain.
2. Berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/ permainan yang mendidik yang terbangun secara siklikal dari (a) persiapan kondisi psikologis peserta didik untuk ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh, (b) ajakan kepada peserta didik untuk ambil bagian, (c) respons peserta didik terhadap ajakan guru, dan (d) reaksi guru terhadap respons peserta didik, dan seterusnya.

B. Indikator pencapaian Kompetensi

1. Komunikasi efektif dengan peserta didik dijelaskan secara visual.
2. Komunikasi empatik dengan peserta didik dijelaskan secara visual.
3. Komunikasi santun dengan peserta didik dijelaskan visual.
4. Komunikasi secara lisan dengan peserta didik dijelaskan melalui peragaan.
5. Komunikasi tulisan dengan peserta didik dijelaskan sesuai kaidah bahasa Indonesia (EYD)
6. Komunikasi dengan bahasa tubuh didemonstrasikan melalui peragaan
7. Strategi komunikasi dengan peserta didik ditentukan berdasarkan budaya setempat.
8. Strategi komunikasi dengan peserta didik ditentukan berdasarkan mata pelajaran yang diampu.
9. Komunikasi dilakukan untuk persiapan kondisi psikologis peserta didik agar ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh sesuai mata pelajaran yang diampu
10. Komunikasi dilakukan untuk mengajak peserta didik agar ambil bagian dalam kegiatan pembelajaran sesuai mata pelajaran yang diampu
11. Komunikasi dilakukan agar peserta didik merespon ajakan guru dalam kegiatan pembelajaran sesuai mata pelajaran yang diampu

12. Komunikasi oleh guru dilakukan untuk merespon peserta didik secara lengkap & relevan sesuai dengan pertanyaan & perilaku siswa

C. Uraian materi

1. Konsep Dasar Komunikasi

a. Konsep Komunikasi

Kata komunikasi berasal dari bahasa Inggris “*communication*”, secara etimologis atau menurut asal katanya adalah dari bahasa Latin *communicates*. Istilah ini bersumber dari kata *communis* yang memiliki makna ‘berbagi’ atau ‘menjadi milik bersama’ yaitu suatu usaha yang memiliki tujuan untuk kebersamaan atau kesamaan makna. Komunikasi secara terminologis merujuk pada adanya proses penyampaian suatu pernyataan oleh seseorang kepada orang lain.



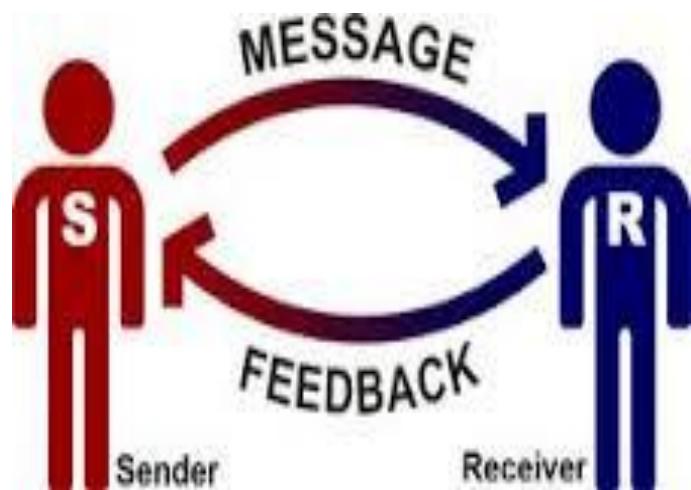
Gambar 1. Proses penyampaian pernyataan kepada orang lain

Ruben dan Steward (2005) mendefinisikan tentang komunikasi manusia adalah: *Human communication is the process through which individuals –in relationships, group, organizations and societies—respond to and create messages to adapt to the environment and one another.* Dapat diartikan bahwa komunikasi manusia adalah proses yang melibatkan individu-individu dalam suatu hubungan, kelompok, organisasi dan masyarakat yang merespon dan menciptakan pesan untuk beradaptasi dengan lingkungan satu sama lain. Ada beberapa ahli berpendapat tentang komunikasi;

- 1) Everett M. Rogers (1976) menyatakan bahwa komunikasi sebagai proses yang didalamnya terdapat suatu gagasan yang dikirimkan dari sumber kepada

penerima dengan tujuan untuk merubah perilakunya. Pendapat senada dikemukakan oleh Theodore Herbert yang mengatakan bahwa komunikasi merupakan proses yang didalamnya menunjukkan arti pengetahuan yang dipindahkan dari seseorang kepada orang lain biasanya dengan maksud mencapai beberapa tujuan khusus

- 2) Wilbur Schramm dalam Suranto (2005) mengungkapkan bahwa komunikasi merupakan tindakan melaksanakan kontak antara pengirim dan penerima dengan bantuan pesan. Pengirim dan penerima memiliki beberapa pengalaman bersama yang memberi arti pada pesan dan simbol yang dikirim oleh pengirim, dan diterima serta ditafsirkan oleh penerima.
- 3) Mulyana (2000: 61-69) mengungkapkan pengertian komunikasi dalam pandangan:
 - a) Komunikasi sebagai *tindakan satu arah* adalah komunikasi sebagai suatu proses penyampaian pesan dari komunikator ke komunikan, misalnya tenaga pendidik kepada peserta didik baik langsung melalui suatu tatap muka ataupun tidak langsung melalui suatu media. Komunikasi yang terjadi berorientasi pada pesan adalah *a message-centered philosophy of communication*. Sedangkan keberhasilan komunikasi seperti ini terletak pada penguasaan fakta atau informasi dan pengaturan mengenai cara-cara penyampaian fakta atau informasi tersebut.
 - b) Komunikasi sebagai *interaksi* merupakan suatu proses sebab-akibat atau aksi-reaksi secara bergantian baik verbal ataupun non-verbal. misalnya seseorang menyampaikan informasi kepada pihak penerima yang kemudian memberikan respon atas informasi yang diterimanya itu untuk kemudian pihak pertama bereaksi lagi setelah menerima respon atau umpan balik dari orang atau pihak kedua, dan seterusnya. Komunikasi demikian berorientasi pada pembicara: *a speaker-centered philosophy of communication* dan mengabaikan kemungkinan seseorang bisa mengirim dan atau menerima informasi pada saat yang sama. Di sini unsur umpan balik (*feed-back*) menjadi cukup penting. Bagaimana pihak pengirim dan penerima suatu informasi bisa silih berganti karena persoalan umpan balik.
 - c) Komunikasi sebagai transaksi merupakan suatu proses yang bersifat personal karena makna atau arti yang diperoleh pada dasarnya bersifat pribadi. Penafsiran atas suatu informasi melalui proses penyandian (*encoding process*) dan melalui penyandian kembali (*decoding process*) dalam peristiwa komunikasi baik atas perilaku verbal ataupun atas perilaku non-verbal bisa amat bervariasi.



Gambar 2. Proses komunikasi

Sebagai contoh dalam komunikasi akan melibatkan penafsiran yang bervariasi dan pembentukan makna yang lebih kompleks. Komunikasi tidak membatasi pada kesengajaan atau respons yang teramatmelainkan pula mencakup spontanitas, bersifat simultan dan kontekstual. Komunikasi ini berorientasi pada arti baru yang terbentuk: *a meaning-centered philosophy of communication*.

Berdasarkan beberapa definisi para ahli diatas dapat disaring bahwa :

- Komunikasi pada dasarnya merupakan suatu proses penyampaian informasi. Dilihat dari sudut pandang ini keberhasilan komunikasi tergantung kepada desain pesan atau informasi dan cara penyampaiannya. Menurut konsep ini pengirim dan penerima pesan tidak menjadi komponen utama yang menentukan keberhasilan sebuah komunikasi.
- Komunikasi adalah proses penyampaian gagasan dari seseorang kepada orang lain. Pengirim pesan atau dengan istilah lain komunikator memiliki peran yang paling menentukan dalam keberhasilan komunikasi, sedangkan komunikasi atau penerima pesan hanya sebagai objek yang pasif.
- Komunikasi diartikan sebagai proses penciptaan arti terhadap gagasan atau ide yang disampaikan. Pemahaman ini menempatkan tiga komponen yaitu pengirim, pesan, dan penerima pesan pada posisi yang seimbang. Proses ini menuntut adanya proses *encoding* oleh pengirim dan *decoding* oleh penerima, sehingga informasi memiliki makna.

b. Tujuan Komunikasi

- 1) Untuk mempelajari dunia luar seperti berbagai objek, peristiwa dan orang lain. Informasi tentang dunia luar diperoleh melalui mass-media, dan pada akhirnya data yang diperoleh didiskusikan, dipelajari, diinternalisasi melalui komunikasi dalam pembelajaran. Nilai-nilai, sistem kepercayaan, dan sikap nampaknya lebih banyak dipengaruhi oleh pertemuan interpersonal daripada dipengaruhi media atau bahkan sekolah.
- 2) Untuk memelihara hubungan dan mengembangkan kedekatan atau keakraban. Melalui komunikasi kita berkeinginan untuk menjalin rasa cinta dan kasih sayang. Di samping cara demikian dapat juga mengurangi rasa kesepian atau rasa depresi, komunikasi bertujuan membagi dan meningkatkan rasa bahagia yang akhirnya mengembangkan perasaan positif tentang diri kita sendiri. Kita diajari tidak boleh iri, dengki, dendam, saling fitnah dan saling bunuh; kita semua akan mati dan tentu saja orang lain yang akan menguburkan kita.
- 3) Melalui komunikasi seorang pendidik mencoba mencapai tujuan pembelajaran dengan cara berinteraksi dengan peserta didik; membagi informasi atau gagasan, melakukan tukar pengalaman, mendorong dan saling membentuk sikap-sikap dan kebiasaan-kebiasaan baru yang efektif berdasarkan persepsi yang diperoleh selama pembelajaran.

c. Jenis-jenis Komunikasi

Dilihat dari jenisnya komunikasi dapat dibedakan menjadi; komunikasi intrapersonal, interpersonal, kelompok, dan komunikasi masa.

- 1) Komunikasi intrapersonal merupakan Komunikasi didalam diri individu yang berfungsi agar adanya kreativitas imajinasi, suatu pemahaman untuk bisa mengendalikan diri, dan adanya kedewasaan untuk bisa mengambil keputusan sesuai dengan kapasitasnya
- 2) Komunikasi interpersonal merupakan Komunikasi yang terjadi antara dua orang dengan ciri adanya kontak secara langsung dan adanya percakapan
- 3) Komunikasi kelompok adalah Komunikasi yang terjadi karena interaksi tatap muka dengan tujuan untuk saling berbagi informasi atau menyelesaikan suatu permasalahan. Sehingga setiap anggota dapat saling mengetahui karakteristik pribadi anggotanya



Gambar 3. Komunikasi Kelompok

- 4) Komunikasi masa merupakan Komunikasi yang ditujukan untuk menyampaikan pesan kepada orang banyak dengan harapan orang lain akan mengikuti pesan yang disampaikan.

d. Bentuk Komunikasi berdasarkan ada dan tidaknya media

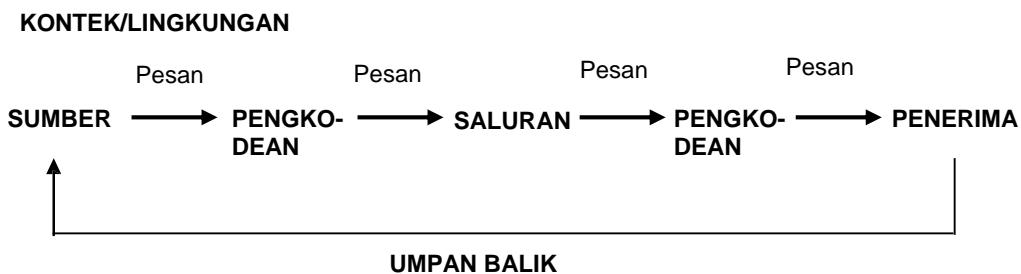
Menurut bentuknya komunikasi dapat dibedakan menjadi komunikasi langsung dan komunikasi tidak langsung;

- 1) Komunikasi langsung adalah komunikasi yang dilakukan melalui tatap muka (face to face) dan dapat juga dilakukan melalui telepon. Dengan kata lain komunikasi langsung merupakan salah satu cara berinteraksi antara seseorang dengan orang lain secara langsung
- 2) Komunikasi tidak langsung adalah komunikasi yang dilakukan biasanya melalui perantara, pengirim pesan akan menyampaikan pesannya melalui surat atau fax.

e. Model Proses Komunikasi

Secara sederhana komunikasi dapat dipahami sebagai suatu proses atau aliran mengenai suatu pesan atau informasi bergerak dari suatu sumber (komunikator) hingga penerima (komunikan) dan berlangsung dinamis. Penyimpangan yang terjadi dalam komunikasi pada dasarnya merupakan hambatan. Bagan dibawah

ini menggambarkan terjadinya sebuah proses komunikasi :



Gambar 4. Proses Terjadinya Komunikasi

Tujuan sebuah proses komunikasi adalah menyampaikan suatu pesan atau informasi dari komunikator kepada penerima setepat mungkin; apapun bentuk dan cara penyampaiannya. Fakta dilapangan yang sering terjadi bahwa sebuah pesan atau informasi itu berubah arti (distorsi) sampai penerima. Sedangkan distorsi disebabkan karena akibat gangguan (noise) dalam proses komunikasi. Dalam komunikasi distorsi tidak boleh terlalu banyak dan sering terjadi karena akan menjadikan komunikasi tidak efektif.

Untuk meminimalisasi distorsi yang terjadi dalam sebuah proses komunikasi perlu mencermati 8 komponen yaitu:

- 1) Konteks (lingkungan) merupakan sesuatu yang kompleks antara dimensi fisik, sosial -psikologis dan dimensi temporal saling mempengaruhi satu sama lain. Kita mesti memahami bahwa kenyamanan ruangan, peranan seseorang dan tafsir budaya serta hitungan waktu, merupakan contoh dari sekian banyak unsur lingkungan komunikasi.
- 2) Komponen sumber-penerima menunjukkan bahwa keterlibatan pendidik dan peserta didik dalam berkomunikasi sama yaitu mereka sebagai penyampai pesan dan juga penerima. Sebagai sumber dalam berkomunikasi menunjukkan bahwa Anda mengirim pesan. Pengirim pesan berarti berbicara, menulis, memberikan isyarat tubuh atau tersenyum. Selain sebagai pengirim pesan, juga menerima pesan. Pada saat Anda berbicara dengan orang lain, Anda berusaha untuk memperoleh tanggapan: dukungan, pengertian, simpati, dan sebagainya; dan pada saat Anda menyerap isyarat-isyarat non-verbal, Anda menjalankan fungsi penerima dalam berkomunikasi.

- 3) Encoding dan decoding; seseorang yang akan mengawali proses komunikasi paswti akan mengemas sebuah pesan yang dituangkan kedalam gelombang suara atau kedalam selembar kertas. Kode-kode yang dihasilkan ini terjadi melalui proses pengkodean (enkoding). Bagaimana suatu pesan terkodifikasi, amat tergantung pada keterampilan, sikap, pengetahuan dan sistem sosial budaya yang mempengaruhi. Artinya keyakinan dan nilai-nilai yang dianut memiliki peranan dalam menentukan tingkat efektivitas sumber komunikasi. Proses kodifikasi (pengkodean) dipihak sumber komunikasi hingga pesan itu terkodekan, pada dasarnya mengandung unsur penafsiran subjektif atas simbol-simbol yang terdiri dari perspektif sosial budaya yang bisa menimbulkan *distorsi* bahkan makna yang berlainan. Sebelum suatu pesan itu disampaikan atau diterimakan dalam berkomunikasi kita berusaha menghasilkan pesan simbol-simbol yang akan diterjemahkan lebih dahulu kedalam ragam kode atau simbol tertentu oleh si penerima melalui mendengarkan atau membaca.
- 4) Kompetensi Komunikasi; mengacu pada kemampuan Anda berkomunikasi secara efektif. Kompetensi ini mencakup pengetahuan tentang peran lingkungan dalam mempengaruhi isi dan bentuk pesan komunikasi. Suatu topik pembicaraan dapat dipahami karena hal itu layak dikomunikasikan pada orang tertentu dalam lingkungan tertentu akan tetapi bisa tidak layak untuk orang dan lingkungan yang lain. Kompetensi komunikasi juga mencakup kemampuan tentang tatacara perilaku non-verbal seperti kedekatan, sentuhan fisik, dan suara keras.
- 5) Pesan dan Saluran: pesan sebenarnya merupakan produk fisik dari proses kodefikasi. Jika seseorang itu berbicara maka pembicaraan itu adalah pesan. Jika seseorang itu menulis maka tulisan itu adalah pesan. Bila kita melakukan suatu gerakan maka gerakan itu adalah pesan. Pesan itu dipengaruhi oleh kode atau kelompok simbol yang digunakan untuk mentransfer makna atau isi dari pesan itu sendiri dan dipengaruhi oleh keputusan memilih dan menata kode dan isi tersebut. Menurut Sendjaja (1994) mengutip pendapat Reardon bahwa kendala utama dalam berkomunikasi seringkali lambang atau simbol yang sama mempunyai makna yang berbeda. Kurangnya kecermatan dalam memilih kode atau mentransfer makna dan menata kode serta isi pesan dapat memunculkan sumber distorsi komunikasi. Saluran merupakan medium; lewat mana suatu pesan itu berjalan. Saluran dipilih oleh sumber komunikasi. Sedangkan sumber komunikasi dapat dibedakan berdasarkan jaringan otoritas dan pelaksanaan yang disebut formal dan saluran informal biasanya digunakan untuk meneruskan pesan-pesan pribadi atau pesan-pesan sosial yang menyertai pesan-pesan yang disampaikan secara formal.

- 6) Umpan balik secara efektif adalah suatu cara yang dapat dipertimbangkan untuk menghindari dan mengoreksi terjadinya distorsi. Umpan balik merupakan pengecekan sejauh mana keberhasilan yang dicapai dalam mentransfer makna pesan antara komunikator dan komunikan. Setelah si-penerima pesan melaksanakan pengkodean kembali, maka yang bersangkutan sesungguhnya telah berubah menjadi sumber. Maksudnya bahwa yang bersangkutan mempunyai tujuan tertentu, yakni untuk memberikan respon atas pesan yang diterima, dan ia harus melakukan penkodean sebuah pesan dan mengirimkannya melalui saluran tertentu kepada pihak yang semula bertindak sebagai pengirim. Umpan balik menentukan apakah suatu pesan telah benar -benar dipahami atau belum dan adakah suatu perbaikan patut dilakukan.
- 7) Gangguan merupakan komponen yang mendistorsi sebuah pesan. Gangguan dapat terjadi pada kedua belah pihak baik penyampai atau penerima pesan dalam komunikasi. Hal ini dapat berupa fisik, psikologis dan semantik atau kebahasaan. Misalnya desingan suara mobil, pandangan atau pikiran yang sempit dan penggunaan istilah yang menimbulkan arti yang berbeda-beda, merupakan contoh dari masing-masing jenis gangguan yang dapat mendistorsi pesan yang dimaksudkan dalam komunikasi.
- 8) Efek Komunikasi pada setiap peristiwa komunikasi selalu mempunyai konsekuensi atau dampak atas satu atau lebih yang terlibat. Dampak itu berupa perolehan pengetahuan, sikap-sikap baru atau memperoleh cara-cara/gerakan baru sebagai refleksi siko-motorik.

f. Persepsi dan Hubungan Interpersonal

Dalam setiap komunikasi yang melibatkan dua orang atau beberapa orang akan ditemukan beragam pribadi yang harus dikenali yaitu diri kita sendiri dan orang lain yang menjadi partner komunikasi. Sedangkan untuk mengenali orang lain bukanlah perkara mudah dan sederhana. Hal itu akan berhubungan dengan proses psikologis yaitu persepsi. Persepsi merupakan proses internal dalam diri seseorang yang memungkinkan ia memilih, mengorganisasikan, dan menafsirkan rangsangan dari lingkungan sehingga dapat mempengaruhi perilaku yang bersangkutan.

Proses persepsi melibatkan penginderaan atas suatu objek yaitu melalui penglihatan, pendengaran, penciuman, perabaan, dan pengecapan; kemudian perhatian atas sesuatu objek/pesan tersebut dapat menarik perhatian; dan

interpretasi. Karena itu persepsi merupakan inti komunikasi sedangkan penafsiran (interpretasi) merupakan inti persepsi (Mulyana, 2000). Secara teoritik persepsi baik terhadap lingkungan fisik ataupun terhadap lingkungan sosial (termasuk lingkungan masyarakat atau organisasi seperti halnya sekolah) tidak akan akurat dan banyak memiliki keterbatasan untuk dijadikan perolehan pengetahuan/informasi. Dalam memahami suatu objek dan mempersepsi orang lain, kita harus membuat kesimpulan berdasarkan informasi yang tidak lengkap, yaitu informasi yang hanya diperoleh melalui kelima indera kita. Maka, ketika kita berkomunikasi, kita akan mendasarkan persepsi terhadap orang lain atas perilaku komunikasinya yang dapat kita amati.

Tubbs dan Moss dalam Mulyana, 1996: 13 dalam bukunya human communication : kontek-konteks komunikasi mengungkapkan bahwa Jendela Johari adalah salah satu model inovatif untuk memahami tingkat-tingkat kesadaran dan penyingkapan diri dalam komunikasi dalam pelatihan. Model ini menawarkan suatu cara melihat kesaling-bergantungan hubungan antara intrapersonal dan hubungan interpersonal. Model Jendela Johari digambarkan dalam empat kuadran yang mirip empat kaca pada sebuah jendela seperti gambar di bawah ini.

	Diketahui diri sendiri	Tidak diketahui diri sendiri
Diketahui orang lain	Terbuka 1	Gelap 2
Diketahui orang lain	Tersembunyi 3	Tidak DIketahui 4

Gambar 5. Jendela Johari

Kuadran pertama disebut kuadran terbuka. Tahap ini mencerminkan keterbukaan Anda pada dunia secara umum. Kuadran ini mencakup semua aspek diri Anda yang Anda ketahui dan diketahui oleh orang lain. Kuadran ini menjadi dasar dalam berkomunikasi antar dua orang.

Kuadran kedua adalah kuadran gelap meliputi semua hal mengenai diri Anda

yang dirasakan orang lain tetapi tidak anda rasakan. Contoh Anda terlalu memonopoli percakapan tanpa Anda sadari.

Kuadran ketiga, kuadran tersembunyi. Kuadran ini menentukan kebijaksanaan. Kuadran ini dibangun oleh semua hal yang Anda lebih suka tidak membeberkannya kepada orang lain. Misalkan permasalahan perceraian orang tua Anda, gaji Anda, perasaan Anda pada sahabat sekamar.

Kuadran keempat, sering disebut kuadran tak terketahui. Kuadran gelap tidak Anda ketahui meskipun diketahui orang lain. Kuadran ini mewakili segala sesuatu tentang diri Anda yang belum pernah ditelusuri oleh Anda atau oleh orang lain. Anda hanya dapat menduga bahwa hal ini ada atau menyadarinya dalam retrospeksi.

a. Tahapan hubungan interpersonal berlangsung dalam beberapa tahap mulai tahap interaksi awal sampai tahap pemutusan (*dissolution*). Seorang kawan yang akrab tidak begitu saja terjadi setelah adanya pertemuan untuk menumbuhkan keakraban dilakukan secara bertahap. Terdapat lima tahapan yang dikemukakan DeVito (1986) dimana tahapan ini dapat menjadi dasar dalam menjalin hubungan. Kelima tahap itu adalah *kontak, keterlibatan, keakraban, perusakan dan pemutusan*.

- 1) Tahap pertama kita membuat kontak, ada beberapa macam persepsi alat indra Anda melihat, mendengar dan Pada tahap ini Anda mengikat diri Anda lebih jauh. Anda mengikatkan diri untuk lebih mengenal orang lain. Anda mungkin membina hubungan primer, sehingga orang lain itu menjadi sahabat baik atau kekasih Anda. Komitmen ini dapat menjadi berbagai bentuk, perkawinan, membantu orang itu atau mengungkapkan rahasia besar Anda. Tahap ini hanya disediakan untuk sedikit orang paling banyak empat orang karena jarang sekali orang memiliki lebih dari empat orang sahabat.
- 2) membaui seseorang. Beberapa peneliti, dalam tahap ini selama empat menit pertama (interaksi awal), Anda akan memutuskan apakah ingin melanjutkan hubungan ini atau tidak. Pada tahap ini penampilan fisik begitu penting, karena dimensi fisik begitu terbuka untuk diamati secara mudah. Namun demikian, kualitas-kualitas lain, seperti bersahabat, kehangatan, keterbukaan, dan dinamisme juga terungkap dalam tahap ini. Jika Anda menyukai orang tersebut maka akan berlanjut ketahap kedua.

- 3) Dalam tahap berikutnya merupakan penurunan hubungan ketika ikatan diantara kedua pihak melemah.
- 4) Pada tahap perusakan, Anda mulai merasa bahwa hubungan ini mungkin tidaklah seperti yang Anda pikirkan sebelumnya. Anda berdua menjadi semakin jauh, makin sedikit waktu senggang yang Anda lalui bersama dan apabila Anda berdua bertemu Anda saling berdiam diri tidak lagi banyak mengungkapkan diri. Jika tahap perusakan ini berlanjut Anda memasuki tahap pemutusan.
- 5) Tahap pemutusan adalah pemutusan ikatan yang mempertalikan kedua pihak. Jika bentuk ikatan itu adalah perkawinan pemutusan hubungan dilambangkan dengan perceraian walaupun pemutusan hubungan aktual dapat berupa hidup terpisah. Dalam bentuk materi inilah tahap ketika harta kekayaan dibagi dan pasangan suami istri saling berebut hak pemeliharaan anak.

g. Mendengarkan dan Berbicara

1) Mendengarkan

Mendengarkan dan berbicara merupakan hal yang utama dalam berkomunikasi secara interpersonal. Pendengar aktif adalah mendengar untuk mengerti apa yang dikatakan dibalik pesan itu. Apabila terjadi kekurangan dalam proses mendengarkan maka yang terjadi adalah ketidakmengertian bahasa yang digunakan dalam menerjemahkan pesan yang disampaikan, kurangnya waktu untuk menerjemahkan pesan dalam bentuk kata-kata, atau mengabaikan isyarat nonverbal yang mengiringi pesan verbal.



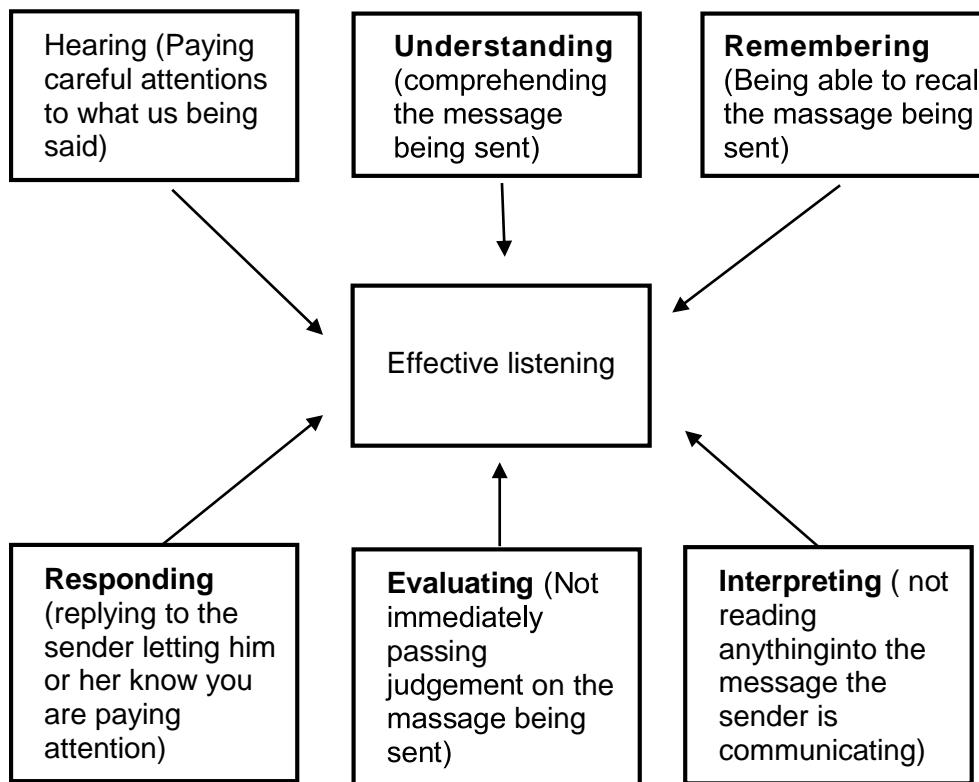
Gambar 6. Tahapan proses merespon

Seseorang yang mendengarkan dengan aktif harus dapat mengetahui juga pesan yang diterima secara keseluruhan dan dari sudut pandang yang berbeda dari apa yang dikatakan seseorang. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mendengarkan secara aktif, yaitu:

- Mendengarkan dengan menangkap ungkapan nonverbal sebaik isyarat verbal. Pada saat mendengarkan dengan aktif, penerima akan mendapat umpan balik dengan menguraikan sendiri kata-kata tentang pesan yang disampaikan oleh sumber.
- Penerima pesan mengecek kembali (*perception check*) yaitu apa yang terkandung dalam sebuah pesan yang diterimanya untuk mengerti pesan apa yang sesungguhnya.
- Gambaran perilaku (*behavior descriptions*) ini merupakan gambaran individu yang sangat spesifik. Kegiatan pengamatan kepada orang lain tanpa membuat keputusan atau mengeneralisasi tentang apa latarbelakang dan sifat-sifatnya.

Teknik mendengarkan efektif dapat membantu para komunikator mempunyai informasi yang akurat. Pastikan bahwa kualitas informasi yang baik tidak hanya merupakan tantangan dalam mendengarkan. Keduanya baik pengirim maupun penerima harus memastikan bahwa mereka mempunyai kualitas ketepatan dari informasi yang benar. Brownell, 1994 menyatakan bahwa efektivitas mendengarkan dapat dimengerti melalui indikator perilaku: seseorang merasa berhubungan dengan mendengarkan secara efektif dalam enam unsur yang dikenal;

HURIER Model (*Hearing, Understanding, Remembering, Interpreting, Evaluating, and Responding*).



Gambar 7. Hurier Model

2) Ketrampilan Berbicara

Ketrampilan verbal dalam berbicara merupakan kemampuan mengekspresikan bahan pembicaraan dalam bahasa kata-kata. Tidak ada aturan yang mengikat atau standar dalam penggunaannya, baik menyangkut panjang kata-kata maupun rincian uraian yang akan disampaikan. Semuanya tergantung pada unsur tingkat pengalaman, panjang pembicaraan, materi pembicaraan, serta waktu yang tersedia.

Dalam berbicara tidak baik menggunakan kata-kata **jargon** yaitu kata-kata yang dibuat dan digunakan untuk kalangan tertentu saja sehingga orang lain tidak mengerti. Untuk menghindari kata-kata jargon dalam komunikasi disarankan untuk menggunakan kata-kata yang pendek, sederhana, dan langsung pada sasaran. Sedangkan teknik yang dapat digunakan dalam meningkatkan effektifitas penampilan berbicara verbal adalah sebagai berikut:

- a) Percaya diri: adalah keyakinan pada kemampuan dan penilaian diri sendiri dalam melakukan tugas dan memilih pendekatan yang efektif. Hal ini termasuk kepercayaan atas kemampuannya menghadapi lingkungan yang semakin menantang dan kepercayaan atas pendapatnya.
- b) Ucapkan kata-kata dengan jelas dan perlahan-lahan, berikan penekanan dan pengulangan untuk hal-hal yang dianggap penting.
- c) Berbicaralah dengan wajar sebagaimana biasanya, jangan terkesan seperti penyair atau sedang berdeklarasi.
- d) Hindari suara monoton, gunakan tekanan dan irama tertentu untuk menampilkan poin-poin tertentu seperti marah dengan nada tinggi, sedih dengan suara memelas, tetapi hindarkan kesan seperti pemain drama.
- e) Menarik napas dalam-dalam, dua sampai dua kali untuk mengurangi ketegangan. Atur napas secara normal jangan terkesan seperti yang sedang dikejar-kejar.
- f) Hindari sindrom em, ah, anu, apa dan sebagainya. Jika terpojok dan kehabisan bicara.
- g) Membaca paragraf yang dianggap penting dari teks tulisan. Jangan merasa malu dengan hal ini karena pendengar akan berfikir bahwa kita akan menekankan poin pembicaraan.
- h) Siapkan air minum (terutama mereka yang sering kali kehabisan napas jika berbicara).

h. Komunikasi Nonverbal dan Bahasa Tubuh

1) Konsep Dasar Bahasa Tubuh

Menurut David Cohen dalam buku "bahasa tubuh dalam pergaulan" menjelaskan tentang bahasa tubuh merupakan bentuk topeng-topeng yang mengungkapkan bahwa bahasa tubuh juga menyimpan topeng-topeng kita. Manusia belajar menggunakan topeng sejak kecil dan banyak diantara kita dapat melakukannya dengan baik. Banyak isyarat-isyarat nonverbal tentang perasaan yang bersifat sangat halus dan terjadi hanya sekilas. Dapat diilustrasikan seperti seseorang mencoba menguraikan pola dari selendang yang dipakai seseorang yang sedang lewat. Untuk dapat memaknai itu diperlukan keahlian dan latihan.

Untuk dapat menerobos topeng yang kita pakai adalah apa yang disebut oleh para ahli psikologi sebagai “isyarat yang bocor”, isyarat yang sebenarnya tidak ingin kita berikan namun tidak dapat terkontrol. Mengatur ekspresi wajah sangat mudah dilakukan. Jika anda tidak ingin tampak sedih, anda dapat berpura-pura. Lebih sulit mengatur nada suara kita atau gerakan tubuh, mereka ini sering “bocor”. Pelajari mereka dan anda akan segera tahu banyak tentang apa yang sedang dipikirkan orang lain.

Cara seseorang berbicara mencerminkan kepribadiannya. Beberapa orang bicaranya keras dan tanpa henti; orang lainnya sukar dimengerti dan beberapa sangat diam. David Cohen tidak menyetujui anggapan bahwa orang dengan kepribadian tertentu cenderung memiliki gaya tubuh tertentu yang tidak akan sama dengan orang lain. Beberapa penelitian yang baik tentang kepribadian, menunjukkan kontras antara ekstravert, yang ceria, ramah, cepat, tidak teliti, suka humor, tidak sabar dan memiliki metabolisme yang tinggi dengan introvert yang teliti banyak cemas, lamban, dan kurang kemampuan dalam sosialisasi. Kepribadian yang satu tidak lebih baik dari kepribadian lainnya. Mereka adalah gaya, tapi gaya yang terungkap melalui bahasa tubuh.

Dalam hubungan antar pribadi, banyak orang merasa berada dibawah tekanan untuk tidak menunjukkan perasaan mereka. Kita hidup melalui suatu periode perubahan sosial yang kompleks, membuat banyak dari kita merasa lebih aman bersembunyi dibalik kedok.

Dalam kamus komunikasi dari Onong U. Effendy bahwa Kinesic Communication atau komunikasi kial atau komunikasi kinesik adalah komunikasi yang dilakukan dengan gerakan anggota tubuh; salah satu jenis komunikasi nonverbal.

Peter Clayton dalam buku “bahasa tubuh dalam pergaulan sehari-hari” mengungkapkan bahwa apa yang disebut dengan bahasa tubuh ? saya telah mengajukan pertanyaan ini kepada orang yang tak terhitung banyaknya. Jawaban yang mereka berikan tanpa kecuali sesuatu yang sejalan dengan komunikasi nonverbal yang menurut hemat saya tidak salah sejauh ini. Akan tetapi, jawaban itu tidak benar-benar menjelaskan kebenaran alami dari bahasa tubuh. Selama bertahun-tahun saya

berusaha untuk menyingkat pengertian ini menjadi beberapa kalimat sederhana.

Alo Liliweri dalam buku “komunikasi verbal dan nonverbal” menjelaskan bahwa bahasa tubuh adalah gerakan ; tubuh yang merupakan sebagian perilaku nonverbal dapat disampaikan melalui simbol komunikasi kepada orang lain. Perilaku itu sangat bergantung dari erat tidaknya hubungan dengan orang lain. Dalam bagian ini akan diuraikan komunikasi nonverbal “gerak tubuh” atau yang disebut kinesik.

2) Bentuk-bentuk bahasa tubuh

Bentuk dan tipe umum dari bahasa tubuh meliputi tiga yakni : 1) kontak mata, 2) ekspresi wajah, 3) gerakan anggota tubuh. Agar jelasnya diuraikan secara singkat sebagai berikut :

a) Kontak mata

Kontak mata juga mengacu pada sesuatu yang disebut dengan gaze yang meliputi suatu keadaan penglihatan secara langsung antar orang disaat sedang berbicara. Kontak mata sangat menentukan kebutuhan psikologis dan membantu kita memantau efek komunikasi antar pribadi. Melalui kontak mata anda dapat menceritakan kepada orang lain suatu pesan sehingga orang akan memperhatikan kata demi kata melalui tatapan. Misalnya pandangan yang sayu, cemas, takut, terharu, dapat mewarnai latar belakang psikologis anda. Jumlah dan cara-cara penataan mata berbeda dari seseorang dengan orang yang lainnya, dari budaya yang satu kebudaya lain. Berbagai studi menunjukkan bahwa sekitar 50-60 persen orang akan memandang orang lain disaat melakukan percakapan. Bagi pembicara digunakan 40 persen dan bagi pendengar kira-kira 70 persen penglihatan. Pertanyaannya kapankah anda suka melihat orang lain ketika anda sedang berbicara ? mata anda seolah-olah membuat kontak yang semakin besar dan lelusa dalam melakukan kontak mata seperti waktu berdiskusi sehingga akan saling memberikan reaksi dan seterusnya. Kontak mata sebagai simbol komunikasi nonverbal mempengaruhi perilaku, kepercayaan dalam berkomunikasi. Ingatlah bahwa ketika

melakukan kontak mata, orang lain langsung dapat mengukur sejauh mana kemampuan anda dalam melakukan komunikasi. Beberapa contoh dibawah ini berkaitan dengan perilaku kontak mata diberbagai etnik/bangsa di dunia; seorang guru akan menggunakan bahasa tubuh mata pada para murid-muridnya di sekolah, tingkah laku seorang anak akan menjadi sinyal guru atau pertanda bahwa murid tersebut tidak atau belum melakukan apa yang ditugaskan, jika seorang anak belum atau tidak mengerjakan penugasan yang diberikan guru maka ada kecenderungan memiliki pandangan mata yang berbeda ketika murid tersebut bertatap muka.



Gambar 8. Model kontak mata

Aparat kepolisian menggunakan bahasa tubuh mata pada para supir dijalanan baik pengemudi motor maupun mobil dapat menjadi sinyal atau pertanda kelengkapan surat-surat yang mereka miliki, jika para pengemudi tidak memiliki surat-surat yang lengkap maka ada kecenderungan memiliki pandangan mata yang berbeda ketika bertemu dengan para aparatur kepolisian dalam suatu operasi di jalan, dan biasanya aparatur kepolisian dapat melihat perbedaan pandangan mata para pengemudi yang merasa bersalah atau tidak bersalah. Begitu pun kontak mata menjadi pertanda bagi para penjahat atau orang-orang yang merasa bersalah dari aspek hukum baik dalam kasus pencurian, perampokan, pembunuhan dan para

pelaku kriminal lainnya. Cenderung memiliki kontak mata yang berbeda ketika melihat aparat kepolisian.

Kalau dilihat dari perbedaan budaya ketika memandang orang lain bukan pada tempatnya dapat berakibat fatal. Misalnya ketika seorang wanita Jepang dengan seorang pria Amerika yang sedang bertatap muka, sang wanita harus menunduk tetapi sang pria terus memandang dengan penasaran. Setibanya di asrama mahasiswa, sang pria marah-marah dan mengejek wanita orang yang tidak bersahabat. Sang wanita tersinggung dan menangis histeris. Setelah diselidiki ternyata dalam budaya Jepang hanya wanita kurang baik yang boleh memandang seorang pria di tempat umum, hal demikian tidak terjadi di Amerika.

b. Ekspresi wajah

Ekspresi wajah meliputi pengaruh raut wajah yang dipergunakan untuk berkomunikasi secara emosional atau bereaksi terhadap suatu pesan. Wajah setiap orang selalu menyatakan hati dan perasaannya. Wajah ibarat cermin dari pikiran, dan perasaan. Melalui wajah orang juga bisa membaca makna suatu pesan. Pernyataan wajah menandai masalah ketika : 1). ekspresi wajah tidak merupakan tanda perasaan 2). ekspresi wajah yang dinyatakan tidak seluruhnya merupakan tanda pikiran dan perasaan. Dengan demikian penampilan wajah sangat tergantung pada orang yang menanggapi atau menafsirkannya. Ekspresi wajah dari budaya yang lain memandang berbeda.

Ekspresi wajah juga dapat kita lihat ketika kita memandang seseorang yang dianggap sebagai orang yang polos/lugu atau dianggap kejam/dingin. Hal ini didasari ada sebuah ekspresi wajah yang nampak pada orang yang bersangkutan tidak menunjukkan sebuah perubahan seperti yang dilakukan oleh orang lain ketika mendengar atau mengetahui suatu peristiwa baik kesedihan maupun kegembiraan, keanehan atau kelayakan.

c. Gestures

Gestures merupakan bentuk perilaku nonverbal pada gerakan tangan, bahu, jari-jari. Kita sering menggunakan gerakan anggota tubuh secara sadar maupun tidak sadar untuk menekankan suatu pesan. Ketika anda berkata : pohon itu tinggi, atau rumahnya dekat; maka anda pasti menggerakkan tangan untuk menggambarkan deskripsi verbalnya. Pada saat anda mengatakan : letakkan barang itu! Lihat pada saya! Maka yang bergerak adalah telunjuk yang menunjukkan arah. Ternyata manusia mempunyai banyak cara dan bervariasi dalam menggerakkan tubuh dan anggota tubuhnya ketika mereka sedang berbicara. Mereka yang cacat bahkan berkomunikasi hanya dengan tangan saja.

d. Penggunaan Gerakan Tubuh

Mungkin anda juga perlu mengetahui dan mengerti bagaimana gerak tubuh dipergunakan dalam komunikasi nonverbal. Tanpa diobservasi sekalipun, ternyata setiap gerakan tubuh mengkomunikasikan fungsi tertentu. Ekman dan Friesen mengkategorikannya sebagai emblem, illustrator, affect display, regulator, adaptor.

1) Emblem

Emblem merupakan terjemahan pesan nonverbal yang melukiskan suatu makna bagi suatu kelompok sosial. Tanda V menunjukkan suatu tanda kekuatan dan kemenangan yang biasanya dipakai dalam kampanye presiden di Amerika Serikat. Atau di Indonesia dipakai untuk menunjukkan kemenangan Golkar. Emblem harus dipelajari melalui proses yang mungkin saja merupakan bentuk lain dari arbitrary, iconic dalam perlambangan saja

2) Illustrator

Illustrator merupakan tanda-tanda nonverbal dalam komunikasi. Tanda ini merupakan gerakan anggota tubuh yang menjelaskan atau menunjukkan contoh sesuatu. Seorang ibu melukiskan bahwa Aris, putranya yang sekolah di SMA Negeri, mempunyai tinggi badan tertentu, memiliki kegemaran dan lain-lain. Sang ibu menaik turunkan tangannya.

3) Adaptor

Adaptor merupakan gerakan anggota tubuh yang bersifat spesifik. Pada mulanya gerakan ini berfungsi untuk menyebarkan atau membagi ketegangan anggota tubuh, misalnya meliuk-liukan tubuh, memulas tubuh, menggaruk kepala, loncatan kaki. Ada beberapa jenis adaptor yaitu : (1) self adaptor misalnya menggaruk kepala untuk menunjukkan kebingungan; (2) alter adaptors; gerakan adaptor yang diarahkan kepada orang lain, mengusap-usao kepala orang lain sebagai tanda kasih sayang; (3) obyek adaptor; adalah gerakan adaptor yang diarahkan kepada obyek tertentu.

Gerakan adaptor sebenarnya gerakan seseorang yang menggambarkan perilaku ikonik dan intrinsic yang kadang-kadang secara sadar dilakukan terhadap dirinya sendiri; kecuali untuk orang lain maka adaptor bertujuan menumbuhkan interaksi dan komunikasi.

4) Regulator

Regulator adalah gerakan yang berfungsi mengarahkan, mengawasi, mengkoordinasi interaksi dengan seksama. Sebagai contoh, kita menggunakan kontak mata sebagai tanda untuk memperhatikan orang lain yang sedang berbicara dan mendengarkan orang lain. Regulator merupakan tanda utama yang bersifat interaktif, bentuknya ikonik dan intrinsik.

(e). Affect Display

Perilaku affect display selalu menggambarkan perasaan dan emosi. Wajah merupakan media yang paling digunakan untuk menunjukkan reaksi terhadap pesan yang direspon. Bentuk affect display bersifat intrinsic yang digunakan untuk fungsi interaktif dan informatif.

Beberapa contoh perilaku gerakan anggota tubuh dapat terlihat sebagai berikut. Kalau di Amerika atau di Eropa continental anda boleh menggunakan tanda V sebagai lambang kemenangan (Victory) yang dipopulerkan Winston Churchill maka di Afrika Selatan V tidak boleh anda gunakan. Di Afrika Selatan pun anda diharapkan tidak memasukkan ibu jari diantara telunjuk dan jari tengah. Isyarat-isyarat

tangan sebaiknya dihindari jika anda bertemu dengan orang argentina; di Australia ibu jari yang diacungkan merupakan isyarat yang kasar, dalam pertemuan dengan orang Australia berdirilah tegak dan gunakan tangan secara sederhana.



Gambar 9. Contoh perilaku anggota tubuh

Di Austria sebaiknya anda menghindari berbicara dengan tangan dimasukan kedalam saku; sebaiknya di belanda anda boleh melambaikan tangan bagi orang yang jauh. Yang tidak boleh dilakukan di belanda adalah mengunyah permen karet atau berdiri dengan tangan di saku bagi mereka hal itu menggambarkan kesombongan dan keangkuhan.

Di Chili waktu bercakap sambil duduk merupakan terbaik, namun hindari isyarat tangan karena hanya pelayan restoran yang dipanggil dengan lambaian tangan. Tidak hanya tangan di kolombia jangan menaruh kaki di atas meubel dianggap kurang ajar, karena di kolombia orang memanggil orang lain dengan melembaikan jari-jari tangan atau seluruh tangan dan telapaknya menghadap ke bawah. Sama dengan di afrika selatan maka di Costarica jangan mengepalkan tangan dengan ibu jari tersembul diantara telunjuk dan jari tengah. Pada waktu makan kedua tangan harus ada di atas meja.

Di Elsavador jangan menunjuk seseorang dengan jari tangan atau mengarahkan kaki kearah orang lain. Hanya teman akrab yang

dipanggil dengan tangan. Di Inggris isyarat berlebihan seperti menepuk punggung atau merangkul bahu dengan lengan harus dihindari.

e. Jenis-Jenis Komunikasi Nonverbal

Menurut Jandt (1998: 99) sebagaimana yang dikutip Yosal Iriantara dalam bukunya Komunikasi Antarpribadi komunikasi nonverbal terbagi secara sempit dan luas. Secara sempit komunikasi nonverbal sebagai “penggunaan secara intensional seperti dalam penggunaan simbol nonlisan untuk mengkomunikasikan pesan tertentu.” Dari perspektif ini, komunikasi nonverbal merujuk pada tindakan sumber dan atribut-atribut yang tak sepenuhnya bersifat verbal. Sedangkan secara luas komunikasi nonverbal mengacu pada unsur-unsur lingkungan yang dipergunakan manusia dalam berkomunikasi, seperti warna dinding tempat percakapan berlangsung (Iriantara, 2014: 2.5). Fitur nonverbal mempengaruhi makna dari kata-kata kita.

Jenis-jenis komunikasi verbal menurut Jandt (1998) dalam (Iriantara, 2014: 2.9-2.110) adalah sebagai berikut;

- 1) Proxemics (Kedekatan), Istilah ini berasal dari Edward Hall yang mengambilnya dari kata Proximity (kedekatan) untuk menunjukkan adanya ruang atau tertonial baku dan ruang personal yang kita gunakan dalam berkomunikasi.
- 2) Kinesics (Kinesik), Istilah ini digunakan untuk menunjukkan gerak-gerik atau sikap tubuh (gestures), gerak tubuh (body movement), ekspresi wajah, dan kontak mata.
- 3) Chronemics (Kronemik), Istilah ini berkaitan dengan waktu. Ada yang memandang waktu itu berjalan linier atau mengikuti garis lurus yang bergerak dari titik awal menuju titik akhir.
- 4) Paralanguage (Parabahasa), Istilah ini menunjuk pada unsur-unsur nonverbal suara dalam percakapan verbal.
- 5) Kebisuan, Istilah ini dipandang agak membingungkan karena membisu dipandang tidak berkomunikasi. Namun sebenarnya, dalam kebisuan orang mengkomunikasikan sesuatu.
- 6) Haptics, Istilah ini berkaitan dengan penggunaan sentuhan dalam berkomunikasi.

- 7) Tampilan Fisik dan Busana, Istilah ini menunjukkan pesan nonverbal dapat juga berupa tampilan fisik dan busana yang dikenakan.
- 8) Olfactics, Istilah ini berkaitan dengan penggunaan indera penciuman dalam berkomunikasi nonverbal. Bukan hanya bau wangi parfum, tetapi juga bau badan berpengaruh terhadap komunikasi.
- 9) Oclesics, Istilah ini menunjuk pada pesan yang disampaikan melalui mata.

Dengan demikian, komunikasi nonverbal yang menyampaikan pesan-pesan nonverbal merupakan bagian dari setiap bentuk komunikasi manusia. Tanpa ada pesan nonverbal, kita akan merasakan komunikasi berlangsung hambar dan dingin karena fungsi komunikasi nonverbal yang amat penting dalam kegiatan komunikasi.

2. Berkomunikasi sesuai dengan potensi, lingkungan dan kemampuan peserta didik

Strategi pada hakikatnya adalah perencanaan atau *planning* dan manajemen untuk mencapai suatu tujuan. Akan tetapi untuk mencapai tujuan tersebut strategi tidak berfungsi sebagai peta jalan yang hanya menunjukkan arah saja melainkan harus mampu menunjukkan bagaimana taktik operasionalnya.

Demikian pula dengan strategi komunikasi yang merupakan perpaduan antara perencanaan komunikasi dengan menjajemen komunikasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Strategi komunikasi ini harus mampu menunjukkan bagaimana operasional praktis yang harus dilakukan, dalam arti bahwa pendekatan bisa berbeda-beda sewaktu-waktu tergantung pada situasi dan kondisi. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan komunikasi yaitu;

a. Mengenali sasaran komunikasi

Sebelum melakukan komunikasi seseorang perlu mengetahui dan memahami siapa saja yang akan menjadi sasaran komunikasi tersebut. Sudah tentu ini tergantung pada tujuan komunikasi apakah agar komunikasi hanya sekedar mengetahui ataukah agar komunikasi melakukan tindakan tertentu. Apapun

tujuan, metode, dan banyaknya sasaran, pada diri komunikator perlu memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

- 1) Kerangka referensi seseorang terbentuk dalam dirinya sebagai hasil dari perpaduan pengalaman, pendidikan, cita-cita, gaya hidup, norma hidup, status sosial, ideologi, dan lain-lain.
- 2) Situasi dan kondisi: faktor situasi ini terjadi pada saat komunikator akan menerima pesan yang disampaikan oleh komunikator. Sedangkan yang dimaksud kondisi adalah keadaan fisik dan psikis komunikator pada saat ia sedang menyampaikan atau menerima pesan komunikasi. Komunikasi kita tidak akan efektif jika komunikator sedang marah, sedih, bingung, sakit, atau lapar.
- 3) Pemilihan media komunikasi dapat dilakukan karena ada berbagai macam media komunikasi mulai dari yang tradisional sampai dengan modern. Untuk mencapai sasaran komunikasi kita bisa memilih salah satu atau menggabungkan beberapa media untuk mencapai tujuan yang akan dicapai, pesan yang akan disampaikan, dan teknik yang akan dipergunakan. Peran media sangatlah penting untuk membantu proses komunikasi.
- 4) Penentuan tujuan berkomunikasi sangat penting bagi komunikator dalam berkomunikasi karena akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan teknik yang akan diambil.
- 5) Peranan komunikator dalam komunikasi yang harus memperhatikan beberapa faktor :
 - a) Daya tarik sumber
Seorang komunikator akan berhasil dalam komunikasi jika mampu mengubah sikap, opini, dan perilaku komunikator melalui mekanisme daya tarik, yakni ketika pihak komunikator merasa bahwa komunikator ikut serta dengannya.



Gambar 10 Contoh gaya tarik komunikator

- b) Kredibilitas sumber
- c) Faktor kedua yang bisa menyebabkan komunikasi berhasil adalah kepercayaan komunikan pada komunikator. Kepercayaan ini banyak bersangkutan dengan profesi keahlian yang dimiliki seorang komunikator.

Komunikasi yang efektif dalam pembelajaran banyak ditentukan oleh keaktifan antara pendidik dan peserta didik dalam bentuk timbal balik berupa pertanyaan, jawaban pertanyaan atau berupa perbuatan baik secara fisik maupun secara mental. Adanya umpan balik ini memungkinkan pembelajar mengadakan perbaikan-perbaikan cara komunikasi yang pernah dilakukan. Keefektifan komunikasi dapat mengambarkan kemampuan orang dalam menciptakan suatu pesan dengan tepat, yaitu pengirim pesan dapat mengetahui bahwa penerima pesan mampu menginterpretasikan sama dengan apa yang dimaksudkan oleh si pengirim.

Selain itu keefektifan pembelajaran sangat ditentukan oleh adanya perhatian dan minat pebelajar. Ini sesuai dengan model “AIDA singkatan dari *Attention* (perhatian), *Interest* (minat), *Desire* (hasrat), dan *Action* (kegiatan)”. Maksudnya agar terjadi kegiatan pada diri pebelajar sebagai komunikan, maka terlebih dahulu harus dibangkitkan perhatian dan minatnya kemudian dilanjutkan dengan penyajian bahan. Dengan demikian timbul hasratnya untuk melaksanakan kegiatan, sehingga walaupun persepsinya tidak terlalu sama dalam menerima pesan tetapi

perbedaannya tidak terlalu banyak. Karena secara psikologis setiap orang akan menanggapi dan memberi makna yang berbeda-beda sesuai dengan karakternya masing-masing.

Komunikasi yang jelas dalam sebuah pembelajaran adalah salah satu syarat bahwa pembelajaran berlangsung efektif. Jadi bila kita ingin menjadi pendidik yang efektif, marilah kita bersama-sama memperbaiki kemampuan kita berkomunikasi kepada peserta didik dalam setiap pembelajaran. Ada beberapa komponen dalam komunikasi pembelajaran yang efektif yaitu : penggunaan terminologi yang tepat, presentasi yang berkesinambungan dan sistematis, sinyal transisi atau perpindahan topik bahasan, tekanan pada bagian-bagian penting pembelajaran, kesesuaian antara tingkah laku komunikasi verbal dengan tingkah laku komunikasi nonverbal.

b. Strategi meningkatkan komunikasi

Dalam proses belajar mengajar di sekolah, berbagai pendekatan yang digunakan guru dalam mendidik para pelajar. Ada kalanya guru bagaikan seorang bos atau raja yang hanya mengarah dan memerintah pelajar menurut kehendaknya. Ada juga guru mengajak para pelajar bersama-sama menyelesaikan topik yang dibincangkan. Namun kesemua kaedah itu berguna dan bermanfaat sesuai dengan keadaan. Seorang guru yang ditakuti pada dasarnya dianggap tidak berhasil dalam menjalankan komunikasi efektif, karena tanpa komunikasi yang baik, hasil yang dituai juga tidak akan memuaskan. Minimal lima strategi yang dapat dikembangkan dalam upaya untuk menciptakan/mambangun komunikasi efektif dalam pembelajaran atau proses belajar mengajar, seperti disebutkan berikut ini:

- 1) *Respect* adalah sikap menghargai setiap individu yang menjadi sasaran pesan yang kita sampaikan. Seorang pendidik harus bisa menghargai setiap peserta didik yang dihadapinya. Rasa hormat dan saling menghargai merupakan syarat mutlak dalam berkomunikasi dengan orang lain. Jika kita membangun komunikasi dengan rasa dan sikap saling menghargai dan menghormati maka kita dapat membangun kerjasama yang menghasilkan sinergi yang akan meningkatkan efektivitas kinerja kita baik sebagai individu maupun secara keseluruhan sebagai tim.



Gambar 11 Strategi meningkatkan komunikasi

- 2) Menurut Dale Carnegie dalam bukunya "*How to Win Friends and Influence People*", rahasia terbesar yang merupakan salah satu prinsip dasar dalam berurusan dengan manusia adalah dengan memberikan penghargaan yang jujur dan tulus. Seorang psikolog yang sangat terkenal William James juga mengatakan bahwa "Prinsip paling dalam dari sifat dasar manusia adalah kebutuhan untuk dihargai". Berikan sebuah penghargaan yang tulus kepada masing-masing peserta didik. Sehingga peserta didik dapat membedakan antara perlakuan yang tulus dan tidak tulus. Ketika memberikan penghargaan maka Anda sebagai seorang pendidik akan dihargai oleh peserta didik.
- 3) *Emphaty, kemampuan menempatkan diri pada situasi atau kondisi yang dihadapi orang lain.* Demikian halnya dengan bentuk komunikasi didunia pendidikan. Kita perlu saling memahami dan mengerti keberadaan, perilaku, dan keinginan dari peserta didik. Rasa empati akan menimbulkan respek atau penghargaan, dan rasa respek akan membangun kepercayaan yang merupakan unsur utama dalam membangun sebuah suasana kondusif di dalam proses belajar-mengajar. Jadi sebelum kita membangun komunikasi atau mengirimkan pesan, kita perlu mengerti dan memahami dengan empati calon penerima pesan kita. Sehingga nantinya

pesan kita akan dapat tersampaikan tanpa ada halangan psikologi atau penolakan dari penerima.

- 4) *Audible* berarti “dapat didengarkan” atau bisa dimengerti dengan baik. Sebuah pesan harus dapat disampaikan dengan cara atau sikap yang bisa diterima oleh si penerima pesan. Raut muka yang cerah, bahasa tubuh yang baik, kata-kata yang sopan, atau cara menunjuk, termasuk ke dalam komunikasi audible.
- 5) Clarity adalah kejelasan dari pesan itu sendiri sehingga tidak menimbulkan multi interpretasi atau berbagai penafsiran. Clarity dapat pula berarti keterbukaan dan transparansi. Dalam berkomunikasi kita perlu mengembangkan sikap terbuka, sehingga dapat menimbulkan rasa percaya dari penerima pesan. Karena tanpa keterbukaan akan timbul sikap saling curiga dan pada gilirannya akan menurunkan semangat dan antusiasme peserta didik dalam proses belajar-mengajar. Perjelas maksud Anda dalam mengajar sesuatu, sampaikan secara sistematis dan teratur, gunakan alat bantu peraga jika memang diperlukan. Semakin peserta didik merasakan mendapat banyak ilmu dari Anda, maka peserta didik akan semakin terpacu untuk terus menghadiri dan memperhatikan pelajaran yang Anda sampaikan. Dengan cara seperti ini peserta didik tidak akan menganggap lagi proses belajar-mengajar sebagai formalitas tetapi akan menganggapnya sebagai sebuah kebutuhan pokok bagi kehidupannya.
- 6) Humble atau rendah hati adalah menghargai orang lain, mau mendengar, menerima kritik, tidak sompong, dan tidak memandang rendah orang lain. Seperti yang disampaikan Wilbur Schramm dalam Suranto (2005), “the condition of success in communication”, yakni kondisi yang harus dipenuhi jika kita menginginkan agar suatu pesan yang membangkitkan tanggapan yang kita hendaki dengan memperhatikan:
 - a) Pesan harus dirancang dan disampaikan dengan menarik.
 - b) Pesan harus menggunakan lambang-lambang tertuju kepada pengalaman antara komunikator dan komunikan, sehingga dimengerti.
 - c) Pesan harus membangkitkan kebutuhan pribadi komunikan.
 - d) Pesan harus menyarankan suatu jalan untuk memperoleh kebutuhan komunikan.

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah bagaimana bisa menarik perhatian komunikator. Dengan mendapatkan perhatian komunikator maka kita juga akan membuat komunikator tertarik untuk mengetahui isi pesan yang disampaikan. Penyajian pesan agar menarik, jelas pada awalnya, tergantung pada packaging pesan sesuai dengan media yang akan digunakan. Saat menggunakan media cetak misalnya, pesan yang disampaikan haruslah disajikan dengan menarik. Baik dari segi isi maupun tampilan secara keseluruhan.

Untuk menjadikan sebuah komunikasi akan menjadi lebih effektif maka perlu memperhatikan beberapa hal;

- a) Berikan kesan bahwa anda antusias berbicara dengan mereka. Ketika anda memberikan kesan bahwa anda sangat antusias berbicara dengan mereka dan peduli kepada mereka, anda membuat perasaan mereka lebih positif dan percaya diri.
- b) Ajukan pertanyaan terbuka tentang minat mereka dan galilah sedetail mungkin sehingga akan membantu mereka memperoleh perspektif baru tentang diri mereka sendiri dan tujuan hidup mereka.
- c) Beradaptasi dengan bahasa tubuh dan perasaan mereka – Rasakan bagaimana perasaan mereka pada saat ini dengan mengamati bahasa tubuh dan nada suara. Dari sudut pandang ini anda dapat menyesuaikan kata-kata, bahasa tubuh, dan nada suara anda sehingga mereka akan merespon lebih positif.
- d) Tunjukkan rasa persetujuan: Katakan kepada mereka apa yang anda kagumi tentang mereka dan mengapa – Salah satu cara terbaik untuk segera berhubungan dengan orang adalah dengan menjadi jujur dan memberitahu mereka mengapa anda menyukai atau mengagumi mereka. Jika menyatakan secara langsung dirasakan kurang tepat cobalah dengan pernyataan tidak langsung. Kedua pendekatan tersebut bisa sama-sama efektif.
- e) Dengarkan dengan penuh perhatian semua yang mereka katakan – Jangan terlalu berfokus pada apa yang akan Anda katakan selanjutnya selagi mereka berbicara. Sebaliknya, dengarkan setiap kata yang mereka katakan dan responlah serelevan mungkin. Hal ini menunjukkan bahwa anda benar-benar mendengarkan apa yang mereka katakan dan anda

sepenuhnya terlibat di dalam suasana bersama dengan mereka. Juga pastikan untuk bertanya setiap kali ada sesuatu yang tidak mengerti pada hal-hal yang mereka katakan.

- f) Beri mereka kontak mata yang lama – kontak mata yang kuat mengkomunikasikan kepada orang lain bahwa anda tidak hanya terpikat oleh mereka dan apa yang mereka katakan tetapi juga menunjukkan bahwa anda dapat dipercaya. Ketika dilakukan dengan tidak berlebihan mereka juga akan menganggap anda yakin pada diri anda sendiri karena kesediaan anda untuk bertemu mereka secara langsung.
- g) Ungkapkan diri anda sebanyak mungkin – Salah satu cara terbaik untuk mendapatkan kepercayaan seseorang adalah dengan mengungkapkan diri secara terbuka. Bercerita tentang kejadian atau pengalaman yang menarik dari hidup anda atau hanya menggambarkan contoh lucu dari kehidupan normal sehari-hari.
- h) Berikan kesan bahwa anda berdua berada di tim yang sama – Gunakan kata-kata seperti “kami, kita ” untuk segera membangun sebuah ikatan. Bila anda menggunakan kata-kata tersebut anda membuatnya tampak seperti anda dan mereka berada di tim yang sama, sementara orang lain berada di tim yang berbeda.
- i) Berikan mereka senyuman terbaik anda – Ketika anda tersenyum pada orang, anda menyampaikan pesan bahwa anda menyukai mereka dan kehadiran mereka membawa anda kebahagiaan. Tersenyum pada mereka akan menyebabkan mereka sadar ingin tersenyum kembali pada anda yang secara langsung akan membangun hubungan antara anda berdua.
- j) Menawarkan saran yang bermanfaat – Kenalkan tempat makan yang pernah anda kunjungi, film yang anda tonton, orang-orang baik yang mereka ingin temui, buku yang anda baca, peluang karir atau apa pun yang terpikirkan oleh anda. Jelaskan apa yang menarik dari orang-orang, tempat atau hal-hal tersebut. Jika anda memberi ide yang cukup menarik perhatian mereka, mereka akan mencari anda ketika mereka memerlukan seseorang untuk membantu membuat keputusan tentang apa yang harus dilakukan selanjutnya.

- k) Beri mereka motivasi – Jika orang yang anda hadapi lebih muda atau dalam posisi yang lebih sulit dari anda, mereka mungkin ingin mendengar beberapa pengalaman . Jika anda ingin memiliki hubungan yang sehat dengan orang tersebut maka tentu saja tidak ingin tampak seperti anda memiliki semuanya. Yakinkan mereka bahwa mereka dapat melampaui masalah dan keterbatasan mereka, sehingga mereka akan berharap menjadikan anda sebagai teman yang enak untuk diajak bicara.
- l) Tampil dengan tingkat energi yang sedikit lebih tinggi dibanding orang lain
 - Umumnya, orang ingin berada disekitar orang-orang yang akan mengangkat mereka, bukannya membawa mereka ke bawah. Jika anda memiliki tingkat energi yang lebih rendah daripada orang lain maka mereka secara alami akan menjauh dari Anda. Untuk mencegah hal ini terjadi tunjukkan dengan suara dan bahasa tubuh anda bahwa anda memiliki tingkat energi yang sedikit lebih tinggi sehingga mereka akan merasa lebih bersemangat dan positif berada di sekitar Anda. Namun jangan juga anda terlalu berlebihan berenergik sehingga menyebabkan orang-orang tampak seperti tidak berdaya.
- m) Sebut nama mereka dengan cara yang menyenangkan telinga mereka – nama seseorang adalah salah satu kata yang memiliki emosional yang sangat kuat bagi mereka. Tapi hal itu belum tentu seberapa sering anda menyebutkan nama seseorang namun lebih pada bagaimana anda mengatakannya. Hal ini dapat membiasakan menyebutkan nama seseorang untuk satu atau dua menit sampai anda merasakan adanya emosional yang kuat.
- n) Tawarkan untuk menjalani hubungan selangkah lebih maju – Ada beberapa hal yang dapat anda lakukan untuk memajukan persahabatan anda dengan seseorang : tawaran untuk makan dengan mereka, berbicara sambil minum kopi, melihat pertandingan olahraga, dll. Meskipun jika orang tersebut tidak menerima tawaran anda mereka akan tetap tersanjung bahwa anda ingin mereka menjalani persahabatan ketingkat yang lebih dalam. Di satu sisi mereka akan memandang anda karena anda memiliki keberanian untuk membangun persahabatan bukan mengharapkan persahabatan yang instan.

b. Ketahui tujuan

Tujuan kita berkomunikasi akan sangat menentukan cara kita menyampaikan informasi tentu komunikasi kita bersifat pengumuman. Tetapi bila kita bermaksud membeli atau menjual barang komunikasi kita akan bersifat negosiasi. Lain pula cara kita berkomunikasi apabila tujuan kita untuk menghibur, membujuk, atau sekedar basa-basi.

c. Perhatikan Konteks

Konteks disini bisa berarti keadaan atau lingkungan pada saat berkomunikasi. Pada saat berkomunikasi konteks sangat berperan dalam memperjelas informasi yang disampaikan. Formalitas dalam konteks tertentu juga dapat mempengaruhi cara berkomunikasi seseorang. Gaya komunikasi atasan dan bawahan dilingkungan dunia kerja bahkan komunikasi antar sesama atasan maupun sesama bawahan pasti berbeda. Apabila orang-orang ini bertemu di luar kantor gaya komunikasi diantara mereka akan sangat lain dengan gaya pada saat mereka berada dikantor. Mengirim bunga kepada orang yang berulang tahun atau kepada orang yang kita kasih akan berbeda maknanya bila disampaikan kepada orang yang sedang berduka. Bahkan jenis bunga yang disampaikanpun membawa pesan atau kesan tersendiri.

d. Pelajari Kultur

Kultur atau budaya, habit atau kebiasaan orang atau masyarakat juga perlu diperhatikan dalam berkomunikasi.

f. Pahami Bahasa

Karena bahasa menunjukkan bangsa artinya bahasa dapat menjadi identitas suatu bangsa. Dengan memahami bahasa orang lain berarti berusaha menghargai orang lain. Tetapi memahami bahasa disini tidak berarti harus memahami semua bahasa yang dipakai oleh mitra bicara kita. Yang lebih penting adalah memahami gaya orang lain berbahasa. Untuk memperjelas pesan yang hendak disampaikan dalam berkomunikasi gunakanlah kalimat-kalimat sederhana yang mudah dipahami. Kalimat panjang dan kompleks seringkali mengaburkan makna. Kepiawaian dalam menggunakan kalimat-kalimat yang sederhana dan tepat dalam berbahasa akan sangat mempengaruhi efektifitas komunikasi kita.

1. Melaksanakan Komunikasi dalam Pembelajaran (Melaksanakan komunikasi efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/permainan yang mendidik)

a. Proses Komunikasi

Komunikasi adalah suatu proses bukan sesuatu yang bersifat statis. Komunikasi memerlukan tempat yang dinamis sehingga menghasilkan perubahan dalam usaha mencapai hasil yang melibatkan interaksi bersama dalam suatu kelompok. Pengirim pesan melakukan *encode* yaitu memformulasikan pesan yang akan disampaikannya dalam bentuk *code* yang sedapat mungkin dapat ditafsirkan oleh penerima pesan. Penerima pesan kemudian menafsirkan atau *men-decode code* yang disampaikan oleh pengirim pesan. Jika dilihat dari prosesnya komunikasi dibedakan atas komunikasi verbal dan komunikasi nonverbal. Komunikasi verbal adalah komunikasi dengan menggunakan bahasa baik bahasa tulis maupun bahasa lisan. Sedangkan komunikasi nonverbal adalah komunikasi yang menggunakan isyarat, gerak gerik, gambar, lambing, raut muka, dan sejenisnya. Menurut Endang Lestari G (2003) dalam bukunya yang berjudul “Komunikasi yang Efektif” ada dua model proses komunikasi yaitu :

1) Model linier

Model ini menggambarkan sebuah proses yang hanya terdiri dari dua garis lurus dimana proses komunikasi berawal dari komunikator dan berakhir pada komunikan. Berkaitan dengan model ini ada yang dinamakan Formula Laswell. Formula ini merupakan cara untuk menggambarkan sebuah tindakan komunikasi dengan menjawab pertanyaan: *who, says what, in which channel, to whom, and with what effect.*

2) Model sirkuler

Model ini ditandai dengan adanya unsur *feedback*. Pada hakikatnya model sirkuler ini merupakan proses komunikasi yang berlangsung dua arah. Melalui model ini dapat diketahui efektif dan tidaknya suatu komunikasi, karena komunikasi dikatakan efektif apabila terjadi umpan balik dari pihak penerima pesan.

Proses komunikasi dapat berlangsung satu arah dan dua arah. Komunikasi yang efektif adalah komunikasi yang terjadi adanya arus informasi dua arah, yaitu

dengan munculnya feedback dari pihak penerima pesan. Dalam proses komunikasi yang baik akan terjadi tahapan pemaknaan terhadap pesan (*meaning*) yang akan disampaikan oleh komunikator, kemudian komunikator melakukan proses *encoding*, yaitu interpretasi atau mempersepsikan makna dari pesan tadi, dan selanjutnya dikirim kepada komunikan melalui *channel* yang dipilih. Pihak komunikan menerima informasi dari pengirim dengan melakukan proses *decoding*, yaitu menginterpretasi pesan yang diterima, dan kemudian memahaminya sesuai dengan maksud komunikator. Sinkronisasi pemahaman antara komunikan dengan komunikator akan menimbulkan respon yang disebut dengan umpan balik.

b. Desain Pesan dalam Pembelajaran

Pembelajaran merupakan sebuah proses komunikasi yang dilakukan secara sengaja dan terencana, karena memiliki tujuan yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Agar pesan pembelajaran yang ingin ditransformasikan dapat sampai dengan baik, maka perlu memperhatikan prinsip-prinsip sebagai berikut; Malcolm sebagaimana disampaikan oleh Abdul Gaffur dalam handout kuliah Teknologi Pendidikan PPs UNY (2006) menyarankan agar pendidik perlu mendesain pesan pembelajaran tersebut dengan memperhatikan prinsip-prinsip sebagai berikut :

1) Kesiapan dan motivasi.

Kesiapan disini mencakup kesiapan mental dan fisik. Untuk mengetahui kesiapan peserta didik dalam menerima belajar dapat dilakukan dengan pre tes 39atau tes prasyarat. Ada dua jenis motivasi yaitu internal dan eksternal, yang dapat ditumbuhkan dengan pemberian penghargaan, hukuman, serta deskripsi mengenai keuntungan dan kerugian dari pembelajaran yang akan dilakukan.

2) Alat Penarik Perhatian

Pada dasarnya perhatian manusia adalah sangat flaksibel dan cenderung sering berubah-ubah. Sehingga dalam mendesain pesan belajar, pendidik harus pandai-pandai membuat daya tarik guna mengendalikan perhatian peserta didik pada saat belajar. Sedangkan penarik perhatian dapat dilakukan melalui: warna, efek , pergerakan/perubahan, humor, kejutan, ilustrasi verbal dan visual, serta sesuatu yang aneh.

3) Partisipasi aktif peserta didik

Pendidik harus mampu dan berusaha untuk membuat peserta didik aktif dalam proses pembelajaran. Salah satu cara untuk menumbuhkan keaktifan peserta didik dapat melakukan rangsangan-rangsangan berupa : 40tanya jawab, praktik dan latihan, drill, membuat ringkasan, kritik dan komentar, serta pemberian tugas proyek.

4) Pengulangan

Agar peserta didik dapat menerima dan memahami materi dengan baik, maka penyampaian materi sebaiknya dilakukan berulang kali.

5) Umpaman Balik

Dalam proses pembelajaran sebagaimana yang terjadi pada komunikasi perlu adanya umpan balik yang tepat dan sesuai. Sehingga Umpan balik tersebut dapat memotivasi dan memberikan semangat bagi peserta didik. Umpan balik yang diberikan dapat berupa : informasi kemajuan belajar peserta didik, penguatan terhadap jawaban benar, meluruskan jawaban yang keliru, komentar terhadap pekerjaan peserta didik, dan dapat pula melakukan umpan balik yang menyeluruh terhadap performansi peserta didik.

6) Materi relevan dengan peserta didik

Agar materi pelajaran yang diterima peserta belajar tidak menimbulkan kebingungan atau bias dalam pemahaman, maka sedapat mungkin harus dihindari materi-materi yang tidak relevan dengan yang dibicarakan. Dalam mendesain pesan perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut : materi yang disajikan hanyalah informasi yang penting, memberikan outline materi, memberikan konsep-konsep kunci yang akan dipelajari, membuang informasi distraktor, dan memberikan materi untuk diskusi.

2. Komunikasi Efektif dalam Pembelajaran

Komunikasi yang efektif terjadi apabila terdapat aliran informasi dari dua arah antara komunikator dengan komunikan dan informasi tersebut sama-sama direspon dengan harapan kedua pelaku komunikasi tersebut memahaminya. Ada 5 aspek yang perlu dipahami dalam membangun komunikasi yang efektif, yaitu :

- a) Kejelasan dalam berkomunikasi harus menggunakan bahasa dan mengemas informasi secara jelas sehingga mudah diterima dan dipahami.

- b) Ketepatan atau akurasi ini menyangkut penggunaan bahasa yang benar dan kebenaran informasi yang disampaikan.
- c) Konteks atau sering disebut dengan situasi, adalah bahasa dan informasi yang disampaikan harus sesuai dengan keadaan dan lingkungan dimana komunikasi itu terjadi.
- d) Alur bahasa dan informasi yang akan disajikan harus disusun dengan alur atau sistematika yang jelas, sehingga pihak yang menerima informasi dapat tanggap
- e) Komunikasi tidak hanya berhubungan dengan bahasa saja tetapi perlu memperhatikan tatakrama dan etika. Artinya dalam berkomunikasi harus menyesuaikan dengan budaya orang yang diajak berkomunikasi, baik dalam penggunaan bahasa verbal maupun nonverbal, agar tidak menimbulkan kesalahan persepsi. (Endang Lestari G : 2003)

Menurut Santoso Sastropoetro dalam (Riyono Pratikno : 1987) berkomunikasi efektif berarti bahwa komunikator dan komunikan sama-sama memiliki pengertian yang sama tentang suatu pesan, atau sering disebut dengan “the communication is in tune”. Agar komunikasi dapat berjalan secara efektif, harus dipenuhi beberapa syarat :

- a) menciptakan suasana komunikasi yang menguntungkan
- b) menggunakan bahasa yang mudah ditangkap dan dimengerti
- c) pesan yang disampaikan dapat menggugah perhatian atau minat bagi pihak komunikan
- d) pesan dapat menggugah kepentingan komunikan yang dapat menguntungkan
- e) pesan dapat menumbuhkan suatu penghargaan bagi pihak komunikan.

Dalam sebuah proses pembelajaran, komunikasi dikatakan efektif jika pesan yang merupakan materi pelajaran yang disampaikan oleh pendidik dapat diterima dan dipahami, serta menimbulkan umpan balik yang positif dari peserta didik. Komunikasi efektif dalam pembelajaran harus didukung dengan keterampilan komunikasi antar pribadi yang harus dimiliki oleh seorang pendidik. Komunikasi antar pribadi merupakan komunikasi yang berlangsung secara informal antara dua orang individu. Komunikasi ini berlangsung dari hati ke hati,

karena diantara keduabelah pihak terdapat hubungan saling mempercayai. Komunikasi antar pribadi akan berlangsung efektif apabila pihak yang berkomunikasi menguasai keterampilan komunikasi antar pribadi.

Dalam kegiatan belajar mengajar, komunikasi antar pribadi merupakan suatu keharusan, agar terjadi hubungan yang harmonis antara pengajar dengan peserta didik. Keefektifan komunikasi dalam kegiatan belajar mengajar ini sangat tergantung dari kedua belah pihak. Keberhasilan pengajar dalam mengembangkan tanggung jawab tersebut dipengaruhi oleh keterampilannya dalam melakukan komunikasi ini.

Sokolove dan Sadker seperti dikutip IGAK Wardani (2005) dalam bukunya membagi keterampilan antar pribadi dalam pembelajaran menjadi tiga kelompok, yaitu :

- a) Kemampuan untuk mengungkapkan perasaan peserta didik. Kemampuan yang berkaitan dengan penciptaan iklim yang positif dalam proses belajar mengajar. Pendidik mampu memotivasi peserta didik untuk dapat mengungkapkan perasaan atau masalah yang dihadapinya tanpa merasa dipaksa atau dipojokkan. Iklim semacam ini dapat ditumbuhkan oleh pendidik dengan dua cara yaitu menunjukkan sikap memperhatikan dan mendengarkan dengan aktif. Untuk menumbuhkan iklim semacam ini pendidik harus bersikap : memberi dorongan positif, bertanya yang tidak memojokkan, dan fleksibel.
- b) Kemampuan menjelaskan perasaan yang diungkapkan peserta didik. Apabila peserta didik telah bebas mengungkapkan problem yang dihadapinya selanjutnya tugas pendidik adalah membantu mengklarifikasi ungkapan perasaan mereka tersebut. Untuk kepentingan ini, pendidik perlu menguasai dua jenis keterampilan, yaitu merefleksikan dan mengajukan pertanyaan inventori. Pertanyaan inventori adalah pertanyaan yang menyebabkan orang melacak pikiran, perasaan dan perbuatannya sendiri, serta menilai kefektifan dari perbuatan tersebut. Pertanyaan inventori dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu pertanyaan yang menuntut peserta didik untuk mengungkapkan perasaan dan pikirannya, pertanyaan yang menggiring peserta didik untuk mengidentifikasi pola-pola perasaan, pikiran, dan perbuatannya, dan pertanyaan yang menggiring peserta didik untuk mengidentifikasi konsekuensi/akibat dari perasaan, pikiran, dan perbuatannya.

Agar dapat merefleksikan ungkapan perasaan peserta didik secara efektif, pengajar perlu mengingat hal-hal berikut :

- a) Hindari prasangka terhadap pembicara atau yang dibicarakan.
- b) Perhatikan dengan cermat semua pesan verbal maupun nonverbal dari pembicara.
- c) Lihat, dengar, dan rekam dalam hati, kata-kata/perilaku khas yang diperlihatkan pembicara.
- d) Bedakan/simpulkan kata-kata/pesan yang bersifat emosional.
- e) Beri tanggapan dengan cara memparaphrase kata-kata yang diucapkan, menggambarkan perilaku khusus yang diperlihatkan, dan tanggapan mengenai kedua hal tersebut.
- f) Jaga nada suara, jangan sampai berteriak, menghakimi, atau seperti memusuhi.
- g) Meminta klarifikasi terhadap pertanyaan atau pernyataan yang disampaikan.
- h) Mendorong Peserta didik untuk Memilih Perilaku Alternatif.

Komunikasi dan interaksi didalam kelas dan diluar kelas sangat menentukan efektivitas dan mutu pendidikan. Pendidik mempunyai peran untuk menjelaskan sedang peserta didik yang bertanya, berbicara dan mendengarkan yang terjadi silih berganti, semuanya itu merupakan bagian dari pendidikan yang penting serta berlaku dalam kehidupan. Bertanya pun harus jelas serta menggunakan bahasa yang baik dan benar, supaya diperoleh jawaban yang baik dan benar pula. Mereka yang pandai mendengarkan sangatlah beruntung karena dapat belajar dan mendapatkan informasi lebih banyak. Peserta didik hendaknya diberi motivasi untuk bertanya tentang sesuatu yang belum jelas atau masih memerlukan penjelasan lebih lanjut. Dengan demikian pendidik dipacu untuk senantiasa mengikuti perkembangan dan peserta didik memahami semua materi yang dibahas.

Keberhasilan pendidikan salah satu faktornya tidak lepas dari keberhasilan proses pembelajaran. Ketika proses pembelajaran didukung oleh kemampuan pendidik dalam memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi dan berkontribusi serta keterlibatan dalam pembelajaran. Jika proses pembelajaran sangat menarik maka peserta didik akan merasa senang dan merasa perlu mengikuti proses belajar

mengajar. Secara tidak langsung pendidik akan meningkatkan kemampuan berkomunikasi serta dapat membaca pikiran atau gagasan peserta didik. Jika dalam pembelajaran terjadi komunikasi yang efektif antara pengajar dengan peserta didik, maka dapat dipastikan bahwa pembelajaran tersebut berhasil.

3. Teknik bertanya

Teknik bertanya dan memberikan motivasi merupakan bagian penting dalam kegiatan pembelajaran. Ketika seseorang mengajukan pertanyaan maka harus sesuai dengan materi yang telah diberikan kepada peserta didik, jika pertanyaan yang diajukan keluar dari materi akan membuat peserta didik mengalami kesulitan akibatnya, peserta didik akan mencap dirinya tidak berada dalam pelajaran tersebut. Untuk itu agar tujuan dalam pembelajaran dapat tercapai pendidik mestinya mempunyai kemampuan untuk menentukan strategi yang tepat terutama dalam mengajukan pertanyaan kepada peserta didik sesuai materi yang telah diajarkan sebelumnya, gunanya untuk mengukur sejauh mana kemampuan peserta didik dalam mendapat materi yang diajarkan, bagi peserta didik yang mempunyai kemampuan yang kurang maka pendidik harus terampil menentukan strategi dengan memberikan motivasi dan semangat sehingga kesulitan peserta didik dapat teratasi.

Mengajukan pertanyaan yang tepat adalah jantung komunikasi efektif dan pertukaran informasi. Dengan menggunakan pertanyaan yang tepat dalam situasi tertentu, Anda dapat meningkatkan berbagai macam keterampilan komunikasi: misalnya, Anda dapat mengumpulkan informasi yang lebih baik dan belajar lebih banyak, Anda dapat membangun hubungan yang lebih kuat, lebih efektif mengelola orang dan membantu orang lain untuk belajar juga.

Ada beberapa teknik pertanyaan umum yang dapat Anda gunakan untuk meningkatkan keterampilan komunikasi Anda.

a. Teknik Pertanyaan tertutup dan terbuka

Sebuah pertanyaan tertutup biasanya digunakan untuk menggali informasi yang sifatnya singkat. Dalam pertanyaan tertutup pada umumnya responden tidak diberikan banyak pilihan jawaban. Berikut adalah beberapa contoh pertanyaan tertutup.

- 1) Apa pekerjaan Anda?
- 2) Di mana Anda tinggal?

3) Apakah Anda setuju dengan keputusan tersebut?

4) Apakah Anda suka politik?

Sedangkan pertanyaan terbuka biasanya digunakan untuk menggali informasi yang lebih luas. Biasanya pertanyaan ini dimulai dengan apa, mengapa, dan bagaimana. Sebuah pertanyaan terbuka memungkinkan respon untuk memberikan jawaban yang luas, responden bebas mengutarakan pendapat, gagasan atau pengetahuannya mengenai sesuatu. Berikan adalah beberapa contoh pertanyaan terbuka.

1) Apa masalah yang Anda hadapi?

2) Apa yang akan Anda lakukan, bila masalah tersebut menimpa Anda?

3) Bisakah Anda jelaskan bagaimana langkah-langkah membangun usaha?

4) Apa saja hambatan dalam memulai sebuah usaha?

5) Bisakah Anda menjelaskan mengapa Anda lebih memilih bisnis online?

Dalam komunikasi yang efektif, pertanyaan terbuka lebih efektif penggunaannya untuk membuka ruang hubungan yang lebih dalam dan terbuka. Meskipun begitu pertanyaan tertutup tetap bisa digunakan , hanya saja kita harus tahu kapan seharusnya pertanyaan tersebut diajukan.

b. Teknik Pertanyaan retoris

Pertanyaan retoris adalah pertanyaan yang tidak membutuhkan jawaban dari responden. Biasanya pertanyaan retoris digunakan oleh presenter atau public speaker dalam presentasi atau pidato atau para penulis untuk mencapai efek yang lebih mendalam dan penekanan yang wajar. Berikut adalah contoh dari pertanyaan retoris

- 1) Apakah mungkin kita bisa menjadi pendidik yang hebat dan disukai peserta didik? jika kita tidak memiliki kebiasaan-kebiasaan efektif?
- 2) Apakah kita mau mengambil resiko dengan membiarkan diri kita terjerumus dalam narkoba?
- 3) Apakah kita bisa jadi penulis yang lebih baik, jika kenyataannya kita jarang menulis?

c. Teknik Pertanyaan Menggali (Probing Question)

Pertanyaan menggali adalah pertanyaan yang diarahkan untuk mendorong responden untuk menambah kualitas dan kuantitas pertanyaan. Pertanyaan jenis ini biasanya digunakan untuk mencari tahu informasi yang lebih detail tentang

suatu hal atau sekedar untuk memahami pernyataan yang telah dibuat oleh responden. Berikut adalah contoh pertanyaan menggali

Masih adakah hal-hal yang perlu saya lakukan untuk mengoptimalkan pekerjaan ini?

Bisakah Anda jelaskan apa yang Anda maksud dengan kebebasan finansial

Pertanyaan menggali baik untuk mendapatkan klarifikasi untuk memastikan Anda memiliki seluruh cerita atau informasi secara menyeluruh dan untuk menggali informasi dari orang yang mencoba untuk memberikan informasi yang terbatas.

d. Pertanyaan Evaluasi

Pertanyaan evaluasi adalah pertanyaan yang menghendaki jawaban dengan cara memberikan penilaian atau tanggapan mengenai suatu isu. Berikut adalah contoh pertanyaan evaluasi?

- 1) Menurut Anda bagaimana kerja KPK saat ini dalam memberantas korupsi?
- 2) Bagaimana pendapat Anda tentang program membangun desa yang dikembangkan oleh Bapak Bupati?

e. Pertanyaan aplikatif

Pertanyaan aplikatif adalah pertanyaan yang menghendaki jawaban agar responden dapat menerapkan pengetahuan yang mereka miliki. Berikut adalah contoh pertanyaan aplikatif.

- 1) Bisakah Anda menjelaskan cara penggunaan alat ini?
- 2) Anda sudah bertahun-tahun belajar tentang presentasi, sekarang bisakah Anda menjelaskan pada saya bagaimana cara terbaik untuk membuka presentasi?

Demikianlah beberapa teknik mengajukan pertanyaan yang efektif. Untuk hasil yang terbaik pastikan bahwa Anda selalu memberi ruang cukup bagi responden untuk memberikan jawaban yang terbaik. Di samping itu Anda juga harus menjadi pendengar yang baik, supaya Anda memahami jawaban yang mereka berikan.

f. Tipe-tipe pertanyaan

Tipe-tipe pertanyaan yang pendidik dan peserta didik ajukan dalam kegiatan pembelajaran seharusnya merujuk pada tujuan kognitif dan afektif dari pembelajaran yang dilakukan. Dalam perencanaan pembelajaran seorang pendidik semestinya mempersiapkan pertanyaan-pertanyaan yang akan ditanyakan kepada peserta didik sebagai bagian dari penilaian awal dan akhir

pembelajaran. Pendidik seyoginya pula mengembangkan alternatif pertanyaan sebagai pelengkap dalam kerangka perencanaan strategi pembelajarannya.

Sebelum pendidik mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan tujuan pembelajaran kepada peserta didik, mereka sebaiknya mencobakan terlebih dahulu pertanyaan-pertanyaan tersebut untuk dijawab sendiri. Apakah kedalaman materinya waktu yang diperlukan untuk berfikir dan menjawab pertanyaan yang diberikan sesuai dengan harapan? Hal itu dimaksudkan untuk menjadi panduan para pendidik dalam memformulasikan tujuan pembelajaran yang tepat dan proporsional. Sehingga akan membantu proses pembelajaran khususnya dalam mengantisipasi masalah-masalah yang dihadapi pendidik dalam kegiatan pembelajaran. Karena sangat tidak mungkin pertanyaan-pertanyaan tersebut diajukan oleh peserta didik ketika pembelajaran berlangsung dan pendidik mengalami kesulitan bahkan tidak sanggup menjawabnya.

Dalam sebuah pembelajaran pertanyaan yang ditujukan kepada peserta didik seharusnya memperhatikan tingkat kesukaran pertanyaan tersebut. Tingkat kesukaran pertanyaan semestinya disesuaikan dengan kemampuan yang dimiliki oleh peserta didik yang bersangkutan. Peserta didik yang mempunyai kemampuan rendah sebaiknya terlebih dahulu diberi pertanyaan yang berkaitan dengan pengetahuan tentang fakta dan keterampilan. Kemudian mereka diberi pertanyaan yang mempunyai tingkat kognitif yang lebih tinggi; misalkan pengetahuan tentang konsep atau prinsip. Sebaliknya para peserta didik yang mempunyai kemampuan diatas rata-rata sebaiknya diberi pertanyaan-pertanyaan yang tingkat kognitifnya berkategori sedang dan tinggi. Ketika pertanyaan diberikan kepada peserta didik, pendidik sebaiknya memberi kesempatan kepada semua peserta didik terlibat mencoba menjawab pertanyaan tersebut. Pertimbangan pula bahwa respon pendidik terhadap jawaban peserta didik harus proporsional. Karena respon pendidik terhadap jawaban peserta didik yang tidak tepat akan membuat peserta didik yang bersangkutan tidak termotivasi dalam kegiatan Tanya jawab.

Jenis pertanyaan yang diberikan sebaiknya bervariasi, baik model, bentuk, maupun tingkat kesukarannya. Strategi pemberian pertanyaan dalam pembelajaran akan meningkatkan kualitas pembelajaran dan hasil belajar selama diberikan secara efektif dan proposisional. Pemberian pertanyaan oleh pendidik

semestinya dipersiapkan secara matang dan tidak bersifat spontan. Respon pendidik terhadap jawaban peserta didik harus bijaksana dan proporsional agar peserta didik nyaman dan mendapat manfaat respon dari pendidik tersebut.

3. Rangkuman

- a. Komunikasi secara umum merupakan suatu proses penyampaian – penerimaan pesan antar dua orang atau lebih. Pesan yang disampaikan dapat berupa komunikasi lisan, komunikasi tulisan, komunikasi verbal, komunikasi non verbal. Komunikasi tulisan suatu proses penyampaian pesan komunikasi dengan menggunakan kata-kata dalam bentuk tulisan yang memiliki makna tertentu. Jadi dapat dikatakan bahwa komunikasi tulisan adalah kegiatan komunikasi yang menggunakan sarana tulisan yang dapat menggambarkan atau mewakili komunikasi lisan termasuk kedalamnya adalah menulis dan membaca.
- b. Komunikasi yang efektif dalam proses pembelajaran sangat berdampak terhadap keberhasilan pencapaian tujuan. Komunikasi dikatakan efektif apabila terdapat aliran informasi dua arah antara komunikator dan komunikan dan informasi tersebut sama-sama direspon sesuai dengan harapan kedua pelaku komunikasi tersebut. Jika dalam pembelajaran terjadi komunikasi yang efektif antara pengajar dengan peserta, maka dapat dipastikan bahwa pembelajaran tersebut berhasil. Sehubungan dengan hal tersebut, maka para pendidik, atau instruktur pada lembaga-lembaga pendidikan harus memiliki kemampuan komunikasi yang baik. Kemampuan komunikasi yang dimaksud dapat berupa kemampuan memahami dan mendesain informasi, memilih dan menggunakan saluran atau media, serta kemampuan komunikasi antar pribadi dalam proses pembelajaran.
- c. Komunikasi efektif dalam pembelajaran merupakan proses transformasi pesan berupa ilmu pengetahuan dan teknologi dari pendidik kepada peserta didik, dimana peserta didik mampu memahami maksud pesan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan, sehingga menambah wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menimbulkan perubahan tingkah laku menjadi lebih baik. Pengajar adalah pihak yang paling bertanggungjawab terhadap berlangsungnya komunikasi yang efektif dalam pembelajaran

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dengan menguasai dan mengembangkan beberapa strategi dan teknik berkomunikasi secara otomatis akan meningkatkan kemampuan anda untuk berhubungan dengan berbagai macam orang.
2. Seorang pendidik bisa menciptakan dan mengembangkan komunikasi yang efektif. Salah satu pengembangannya adalah materi pembelajaran harus bisa diterima dan mudah dipahami oleh peserta didik. Implementasinya seorang pendidik dalam komunikasi bisa mendapatkan umpan balik yang positif.
3. Dalam komunikasi pendidikan, seorang pengajar harus mempunyai komunikasi pribadi yang baik karena ini akan sangat berpengaruh untuk menciptakan hubungan yang harmonis antara guru dan peserta didiknya. Seorang pendidik juga harus mempunyai peranan yang penting untuk bisa mengendalikan kondisi kelas yang sehat karena ini menjadi tolak ukur keberhasilan dalam menciptakan komunikasi pendidikan yang efektif.
4. Bahasa tubuh merupakan bagian yang sangat penting dalam komunikasi manusia yang merupakan bagian komunikasi nonverbal untuk dapat menyampaikan pesan-pesannya sendiri. Kita bahkan bisa memahami maksud komunikasi seseorang melalui bahasa tubuhnya. Hal lain yang penting dari bahasa tubuh dalam komunikasi umumnya dan komunikasi antar pribadi khususnya adalah membantu efektivitas komunikasi kita.
5. Mengembangkan wawasan pendidik dan sekolah tentang kehidupan anak sehari-hari. Wawasan, inisiatif, pengalaman, dan kreatifitas orang tua harus diperhatikan pendidik untuk menjalin kerjasama yang positif sehingga pengalaman anak di sekolah dapat terintergrasikan secara bermakna dan relevan ke dalam kehidupan sehari-harinya.

B. Tindak Lanjut

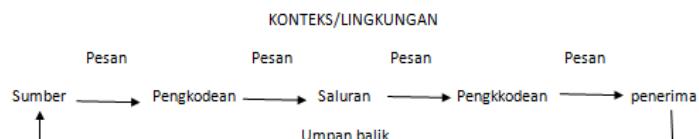
Mohon untuk merenungkan kelebihan dan kekurangan materi kegiatan pembelajaran 1 sampai kegiatan pembelajaran 3 ini.

1. Bagaimanakah pemahaman saudara tentang berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik?
 2. Jika ada materi yang masih dirasakan kurang bagaimana upaya saudara mengatasi kekurangannya?
 3. Jika sudah menguasai, bagaimanakah pemanfaatan materi untuk meningkatkan profesionalisme saudara?

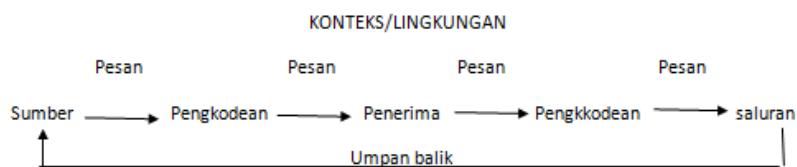
C. Evaluasi

1. Komunikasi sebagai proses yang di dalamnya terdapat suatu gagasan yang dikirimkan dari sumber kepada penerima dengan tujuan untuk merubah perilakunya adalah definisi komunikasi menurut.;
 - a. Wilbur Schramm
 - b. Mulyana
 - c. Sudjana
 - d. Evertt M. Rogers
2. Untuk memelihara hubungan dan mengembangkan kedekatan atau keakraban. Melalui komunikasi kita berkeinginan untuk menjalin rasa cinta dan kasih sayang adalah;
 - a. Prinsip komunikasi
 - b. Tujuan Komunikasi
 - c. Pengertian komunikasi
 - d. Alat komunikasi
3. Dibawah ini merupakan Jenis-jenis komunikasi;
 - a. Komunikasi intrapersonal, komunikasi interpersonal, komunikasi kelompok, komunikasi masa
 - b. Komunikasi intrapersonal, komunikasi internasional, komunikasi kelompok, komunikasi masa
 - c. Komunikasi intrapersonal, komunikasi ekstrapersonal, komunikasi kelompok, komunikasi masa
 - d. Komunikasi intrapersonal, komunikasi ekstrapersonal, komunikasi intrapersonal, komunikasi masa
4. Bagan dibawah ini yang menggambarkan sebuah proses komunikasi adalah:
 - a. 

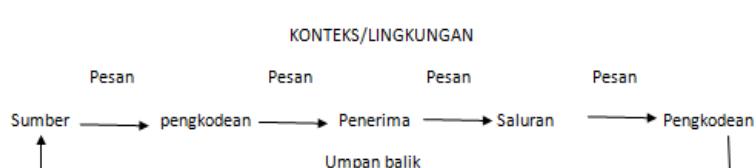
b.



c.



d.



5. Lima tahapan hubungan interpersonal yang dikemukakan DeVito (1986) berlangsung dalam beberapa tahap yaitu;

- kontak, pendekatan, keakraban, perusakan dan pemutusan
- kontak, pendekatan, keakraban, kerja sama dan pemutusan
- kontak, keterlibatan, keakraban, pemulihan dan pemutusan
- kontak, keterlibatan, keakraban, perusakan dan pemutusan

6. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mendengarkan efektif adalah :

- Mendengarkan dengan menangkap ungkapan nonverbal sebaik isyarat verbal.
- Penerima pesan mengecek kembali (*perception check*) yaitu apa yang terkandung dalam sebuah pesan yang diterimanya untuk mengerti pesan apa yang sesungguhnya.
- Meramandang dengan kondisi yang ada terhadap lingkungannya
- Gambaran perilaku (*behavior descriptions*) ini merupakan gambaran individu yang sangat spesifik. Kegiatan pengamatan kepada orang lain tanpa membuat keputusan atau mengeneralisasi tentang apa latar belakang dan sifat-sifatnya.

Pernyataan yang di atas yang benar adalah:

- 1,2,3
- 2,3,4
- 1,2,4
- 1,3,4

7. Brownell menyatakan bahwa efektivitas mendengarkan dapat dimengerti melalui indikator perilaku: seseorang merasa berhubungan dengan mendengarkan secara efektif dalam enam unsur yang dikenal HURIER Model
 - a. *Hearing, Understanding, Remembering, Interupting, Evaluating, and Responding.*
 - b. *Handling, Understanding, Remembering, Interpreting, Evaluating, and Responding*
 - c. *Hearing, Understanding, Remembering, Interpreting, Evaluating, and Responding*
 - d. *Hearing, Understanding, Remembering, Interpreting, Evaluating, and researching*
8. Teknik yang dapat digunakan dalam meningkatkan effektifitas penampilan berbicara verbal adalah sebagai berikut:
 - a. Percaya diri, ucapan kata-kata dengan jelas dan berlahan, berbicara wajar, menghindari suara monoton, mengatur nafas, membaca paragraf yang dianggap penting, hindari sindrom(em,ah,anu,apa,dll).
 - b. Percaya diri, ucapan kata-kata dengan jelas dan berlahan, berbicara wajar, menghindari tatapan peserta, mengatur nafas, membaca paragraf yang dianggap penting, hindari sindrom(em,ah,anu,apa,dll).
 - c. Percaya diri, ucapan kata-kata dengan jelas dan berlahan, berbicara wajar, menghindari suara monoton, mengatur nafas, membaca paragraf yang dianggap penting, mengucapkan (em,ah,anu,apa,dll)jika lupa yang akan disampaikan.
 - d. Percaya diri, ucapan kata-kata dengan jelas dan berlahan, berbicara wajar, menghindari suara monoton, menahan nafas, membaca paragraf yang dianggap penting, hindari sindrom(em,ah,anu,apa,dll).
9. Ada lima hal yang perlu diperhatikan dalam komunikasi yang efektif:
 - a. Respect, emphaty, audible, Clarity, humble
 - b. Respect, emphaty, audible, Clarity, numble
 - c. Respect, aphatis, audible, Clarity, humble
 - d. Respect, emphaty, audible, Clarity, humble

10. Ada 5 aspek yang perlu dipahami dalam membangun komunikasi yang efektif dalam pembelajaran, yaitu :

- a. Kejelasan, ketepatan, konteks, alur, dan budaya
- b. Kejelasan, Kecepatan, konteks, alur, dan budaya
- c. Kejelasan, ketepatan, konteks, alur, dan konteks
- d. Kejelasan, ketepatan, kecepatan, alur, dan konteks

11. Ada beberapa beberapa teknik pertanyaan umum yang dapat Anda gunakan untuk meningkatkan keterampilan komunikasi Anda.

- a. Teknik Pertanyaan tertutup dan terbuka, teknik pertanyaan storitoris, teknik pertanyaan menggali, teknik pertanyaan evaluatif, teknik pertanyaan aplikatif
- b. Teknik Pertanyaan tertutup dan terbuka, teknik Pertanyaan stories, teknik pertanyaan mencari, teknik pertanyaan evaluatif, teknik pertanyaan aplikatif
- c. Teknik Pertanyaan tertutup dan terbuka, teknik Pertanyaan retoris, teknik pertanyaan menggali, teknik pertanyaan evaluatif, teknik pertanyaan aplikatif
- d. Teknik Pertanyaan tertutup dan terbuka, teknik Pertanyaan retoris, teknik pertanyaan menggali, teknik pertanyaan evaluatif, teknik pertanyaan edukatif

12. Ekspresi wajah, mata, anggota badan adalah bagian dari komunikasi :

- a. Verbal
- b. Nonverbal
- c. Langsung
- d. Tidak langsung

D. Kunci Jawaban

1. D. Evertt M. Rogers
2. B. Tujuan Komunikasi
3. A. Komunikasi intrapersonal, komunikasi interpersonal, komunikasi kelompok, komunikasi masa
4. B.



5. D. Kontak, keterlibatan, keakraban, perusakan dan pemutusan
6. C. 1,2,4
7. C. Hearing, Understanding, Remembering, Interpreting, Evaluating, and Responding
8. A. Percaya diri, ucapan kata-kata dengan jelas dan berlahan, berbicara wajar, menghindari suara monoton, mengatur nafas, membaca paragraf yang dianggap penting, hindari sindrom(em,ah,anu,apa,dll).
9. D. Respect, emphaty, audible, Clarity, humble
10. A. Kejelasan, ketepatan, konteks, alur, dan budaya
11. C. Teknik Pertanyaan tertutup dan terbuka, teknik Pertanyaan retoris, teknik pertanyaan menggali, teknik pertanyaan evaluatif, teknik pertanyaan aplikatif
12. B. Nonverbal

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell Pearson Education, Inc. Boston, 2005, pp. 400 *Listening: Attitudes, Principles, and Skills* - <http://www.jknirp.com/skills.htm> diakses 8 Agustus 2015 pkl. 13.00
- Blake, Reed H. Haroldsen, Edwin O. 2003, *Taksonomi Konsep Komunikasi*, Surabaya, Papyrus
- Clayton, Peter, 2003, *Bahasa Tubuh dalam Pergaulan Sehari-hari*. London, Part of Octopus Publishing Group Ltd.
- Cohen, David, 1992, *Bahasa Tubuh dalam Pergaulan*, London, Sheldon Press, SPCK. Effendy, Onong U. 1989, *Kamus Komunikasi*, Bandung, Mandar Maju
- Devito, Joseph A. (1996). *Human Communication*. Alih bahasa oleh Maulana, Agus. (1997). *Komunikasi Antar Manusia*. Jakarta: Professional Books.
- Devito, Joseph A. (1992). *The Interpersonal Communication Book*. Sixth Edition. New York: Harper Collins Publishers.
- Everett M. Rogers and Rekha Agarwala (1976) *Communication in Organizations* free press
- Gafur, Abdul. (2006). Handout Kuliah Landasan Teknologi Pendidikan. PPs UNY. Yogyakarta
<http://caii.elearning.gunadarma.ac.id/webbasedmedia> diakses 15 juli 2015 pkl. 12.00
- <http://grandmall10.wordpress.com/2010/10/20/peran-komunikasi-terhadap-lancarnya-proses-belajar-mengajar/> diakses pada tgl. 12 Februari 2015 pkl. 19.00.
- <http://yogoz.wordpress.com/2011/02/12/komunikasi-pembelajaran/#more>, diakses pada 11 Maret 2015, pkl.20.00.
- Iriantara, Yosal. 2014. *Komunikasi Antarpribadi*. Tangerang: Universitas Terbuka
- Lestari G, Endang dan Maliki, MA. (2003). *Komunikasi yang Efektif*. Lembaga Administrasi Negara. Jakarta.
- Liliweri, Alo. 1994, *Komunikasi Verbal dan Nonverbal*. Bandung, PT. Citra Aditya Bakti
- Mulyana, Deddy. (2002). *Metodologi Penelitian Kualitatif: Paradigma Baru Ilmu Komunikasi dan Ilmu Sosial Lainnya*. Bandung: PT. Remaja osdakarya.
- Mulyana, Deddy. (2000). *Ilmu Komunikasi: Suatu Pengantar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 tentang Kualifikasi akademik dan kompetensi pendidik

Pratikno, R. (1987). Berbagai Aspek Ilmu Komunikasi. Remadja Karya. Bandung

Ruben, Brent D,Steward, Lea P, 2005, Communication and Human behaviour ,USA:Alyn and Bacon

Sendjaja, Djuarsa; dkk. (1994). Teori Komunikasi, Jakarta: universitas Terbuka.

Suranto. (2005). Komunikasi Perkantoran. Media Wacana. Yogyakarta

Tubbs, Stewart L.; Moss, Sylvia; Editor Mulyana, Deddy. (1996). Human Communication: Konteks-Konteks Komunikasi.Buku Kedua. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Wardani, IGAK. (2005). Dasar-Dasar Komunikasi dan Keterampilan Dasar Mengajar. PAU-DIKTI DIKNAS. Jakarta.

