



DESAIN DAN UJI PERFORMANSI ALAT PENGUJI KEHILANGAN PENDENGARAN BAGI OPERATOR MESIN - MESIN PERTANIAN



Oleh
MOHAMAD SOHIB
F 25. 0246



1993
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R

Mohamad Sohib. F 25.0246 . Desain dan Uji Performansi Alat Penguji Kehilangan Pendengaran bagi Operator Mesin - Mesin Pertanian. Dibawah bimbingan Ir. H. Kusen Morgan, MS. dan Ir. Susilo Sarwono.

RINGKASAN

Penggunaan mesin-mesin pertanian yang makin meningkat akan mengakibatkan bertambahnya tingkat kebisingan yang terjadi. Penggunaan alat pelindung telinga (pendengaran) belum membudaya sehingga menyebabkan timbulnya gangguan atau kerusakan pendengaran.

Telinga mempunyai berbagai macam bagian untuk dapat menerima bunyi dengan frekuensi 20 Hz sampai 20 KHz dengan tingkat intensitas yang berbeda-beda. Penerimaan kebisingan yang berlebihan akan mengurangi kemampuan pendengaran atau penurunan ambang pendengaran. Penurunan ambang pendengaran ini bila berlanjut akan menimbulkan kehilangan pendengaran pada frekuensi-frekuensi tertentu yang dapat diketahui dengan melakukan pengujian dengan alat yang disebut audiometer.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat dan melakukan uji performansi alat penguji kehilangan pendengaran (audiometer). Alat penguji yang dibuat bersifat sederhana tetapi telah memenuhi kriteria teknis audiometer dan dapat digunakan untuk mengukur tingkat kehilangan pendengaran operator mesin-mesin pertanian.



Audiometer yang dibuat terdiri dari osilator, attenuator dan penguat. Osilator digunakan sebagai sumber bunyi dengan frekuensi 250, 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 dan 8 000 hertz. Attenuator dan penguat audio berfungsi untuk mengatur tingkat intensitas bunyi dari osilator yang diperdengarkan melalui headphone. Nilai ketepatan dan ketelitian rata-rata attenuator adalah sebesar 4.4% dan 0.35%.

Penentuan nilai ambang pendengaran (0 dB) dilakukan secara empirik dan menghasilkan nilai-nilai 0.89 mV , 0.83 mV , 0.85 mV , 0.84 mV , 0.92 mV , 0.86 mV , 0.92 mV dan 1.40 mV untuk masing masing frekuensi. Pengujian dilakukan terhadap 6 orang yang dianggap mempunyai pendengaran cukup baik.

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap 8 orang operator mesin penggilingan padi (dalam bentuk audiogram) memperlihatkan adanya penurunan ambang pendengaran pada 4 orang operator dengan masa kerja 3 sampai 5 tahun . Sedangkan 4 orang operator lainnya dengan masa kerja 1 sampai 3 tahun tidak memperlihatkan adanya penurunan ambang pendengaran yang jelas. Alat yang telah dibuat mampu untuk memperlihatkan audiogram dari para operator tersebut, tetapi untuk menentukan apakah penurunan ambang pendengaran yang terjadi hanya ditimbulkan oleh kebisingan masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

**DESAIN DAN UJI PERFORMANSI
ALAT PENGUJI KEHILANGAN PENDENGARAN
BAGI OPERATOR MESIN - MESIN PERTANIAN**

**OLEH :
MOHAMAD SOHIB
F 25.0246**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan Mekanisasi Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor**

**1993
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**



FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DESAIN DAN UJI PERFORMANSI
ALAT PENGUJI KEHILANGAN PENDENGARAN
BAGI OPERATOR MESIN - MESIN PERTANIAN

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

oleh :

MOHAMAD SOHIB

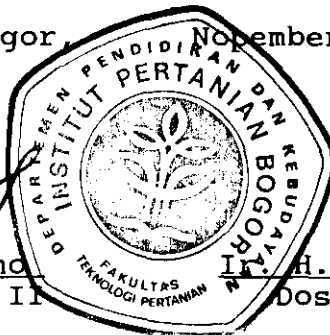
F 25.0246

Lahir di Bogor pada tanggal 11 Nopember 1969

Tanggal lulus : 16 Oktober 1993

Disetujui,

Bogor, 11 Nopember 1993



Ir. Susilo Sarwono
Dosen Pembimbing II

Ir. H. Kusen Morgan, MS
Dosen Pembimbing I

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadlirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada yang terhormat :

1. Ir. H. Kusen Morgan, MS. dan Ir. Susilo Sarwono selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan memberikan dukungan atas penyelesaian tulisan ini.
2. Ir. John Kumendong, MS. , yang telah bersedia untuk menguji dan memberikan pengarahannya terhadap tulisan ini.
3. Seluruh staff Laboratorium Ergonomika dan Elektronika Pertanian, serta fihak-fihak lain yang telah memberikan bantuan selama penelitian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala saran dan kritik akan diterima dengan tangan terbuka. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Bogor, Nopember 1993

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. TELINGA DAN PENDENGARAN	4
1. Fungsi dan Anatomi Telinga	4
2. Bunyi	6
3. Proses Mendengar	9
4. Gangguan Pendengaran	13
B. KEBISINGAN (NOISE) DAN KEHILANGAN PENDENGARAN	15
C. AUDIOMETER	17
1. Osilator	17
2. Penguat Audio	21
3. Attenuator	27
4. Penguat Operasional (Op - amp)	28
D. AUDIOGRAM	37

III. METODE PENELITIAN	42
A. TEMPAT DAN WAKTU	42
B. BAHAN DAN ALAT	42
C. TAHAPAN PENELITIAN	42
1. PENDEKATAN RANCANGAN	42
A. KRITERIA RANCANGAN	42
B. RANCANGAN FUNGSIONAL	43
1. Osilator	43
2. Penguat Audio dan Attenuator	43
C. RANCANGAN STRUKTURAL	44
1. Osilator.....	44
2. Attenuator dan Penguat Audio	46
2. PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT	49
A. Pengamatan atau Pengujian Osilator.	49
B. Pengujian Penguat dan Atenuator ...	49
3. PENENTUAN AMBANG PENDENGARAN (0 dB) ...	50
4. PENGUJIAN ALAT (AUDIOMETER TEST).....	51
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	52
A. Rangkaian Osilator	52
B. Rangkaian Attenuator dan Penguat	55
C. Penentuan Ambang Pendengaran (0 dB)	57
D. Pengujian Alat (Audiometer Test)	58
E. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Alat	62
1. Pemilihan rangkaian osilator	62
2. Penentuan nilai resistor attenuator ...	62

3. Pemilihan penguat	62
4. Penentuan ambang pendengaran (0 dB) ...	63
5. Pemilihan headphone	63
V. KESIMPULAN DAN SARAN	64
A. KESIMPULAN	64
B. SARAN	65
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hubungan antara jumlah jam kerja dengan level noise yang dapat diberikan	15
Tabel 2. Perbandingan satuan penguatan	23
Tabel 3. Hasil perhitungan nilai C dan R	53
Tabel 4. Hasil perhitungan nilai resistor rangkaian attenuator	55
Tabel 5. Hasil perhitungan ketepatan dan ketelitian rangkaian attenuator dan penguat	57
Tabel 6. Hasil pengujian penentuan level 0 dB ...	58

Gambar	1.	Bagian-bagian utama dari telinga	5
Gambar	2.	Gelombang bunyi	8
Gambar	3.	Selang frekuensi pendengaran manusia dibandingkan dengan beberapa hewan	10
Gambar	4.	Lokasi dari cochlea dalam hubungannya dengan frekuensi yang diterima	13
Gambar	5.	Audiometer nada tunggal	18
Gambar	6.	Keluaran osilator	19
Gambar	7.	Diagram blok osilator	20
Gambar	8.	Simbol penguat audio	22
Gambar	9.	Simbol Op-amp	28
Gambar	10.	Penguat non inverting	30
Gambar	11.	Penguat inverting	31
Gambar	12.	Penguat penjumlah	31
Gambar	13.	Penguat selisih	32
Gambar	14.	Pembuntut tegangan	32
Gambar	15.	Tegangan output penguat catu tunggal ..	34
Gambar	16.	Penguat inverting dengan catu tunggal .	35
Gambar	17.	Penguat penjumlah dengan catu tunggal .	36
Gambar	18.	Penguat selisih dengan catu tunggal ...	36
Gambar	19.	Audiogram	37
Gambar	20.	Pendengaran normal	38
Gambar	21.	Tingkat kerusakan awal	39
Gambar	22.	Tingkat kerusakan ringan	40



Gambar 23.	Tingkat kerusakan sedang	41
Gambar 24.	Tingkat kerusakan berat	41
Gambar 25.	Rangkaian dasar osilator	45
Gambar 26.	Rangkaian pembentuk gelombang sinus ...	45
Gambar 27.	Rangkaian buffer (penyangga)	46
Gambar 28.	Rangkaian attenuator dan penguat	47
Gambar 29.	Rangkaian lengkap audiometer	48
Gambar 30.	Audiogram operator dengan masa kerja 1 sampai 3 tahun	59
Gambar 31.	Audiogram operator dengan masa kerja 3 sampai 5 tahun	60

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Semakin berkembangnya teknologi mesin pertanian dan kebutuhan akan peningkatan efisiensi menuntut penggunaan mesin-mesin pertanian secara intensif. Sebagian besar mesin pertanian tersebut menggunakan motor bakar internal (motor bensin dan motor diesel) sebagai tenaga penggerak. Kedua jenis tenaga penggerak tersebut menimbulkan lebih banyak kebisingan dibandingkan dengan tenaga penggerak lainnya. Kebisingan yang ditimbulkan akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur operasi mesin tersebut. Kebisingan juga akan meningkat bila tidak dilakukan perawatan secara periodik terhadap tenaga penggerak mesin tersebut sebagai sumber utama kebisingan yang ditimbulkan. Kedua hal diatas banyak dijumpai di Indonesia dimana mesin pertanian dioperasikan melebihi batas umur operasi yang dianjurkan tanpa perawatan yang memadai.

Pendengaran manusia mempunyai batas-batas tertentu dalam penerimaan bunyi. Bunyi atau bising yang terlalu kuat akan menyebabkan kerusakan pada fungsi pendengaran. Kerusakan pendengaran akibat kebisingan telah sejak lama dikenal. Kebisingan telah diketahui menimbulkan efek yang tidak diinginkan terhadap kesehatan fisik dan mental (Melnik, 1978). Kerusakan pendengaran akibat kebisingan ini dapat bersifat permanen atau sementara.

Pengaruh buruk dari kebisingan dapat dikurangi dengan penggunaan alat pelindung telinga (pendengaran) yang sesuai. Alat pelindung telinga tersebut akan mengurangi intensitas bunyi sampai pada tingkat yang tidak membahayakan. Sayangnya penggunaan alat pelindung ini belum membudaya di Indonesia. Operator-operator mesin pertanian lebih senang bekerja tanpa menggunakan alat pelindung tersebut. Pada mulanya mereka memang tidak tahan terhadap kebisingan tersebut, tetapi makin lama telinga mereka menjadi terbiasa untuk mendengar kebisingan tersebut. Mereka tidak menyadari bahwa hal tersebut merupakan tanda-tanda mulai berkurangnya fungsi pendengaran. Hal ini tidak disadari sampai timbul kesulitan dalam berkomunikasi, terutama pada pembicaraan yang melibatkan banyak orang (King, 1979).

Kehilangan pendengaran tidak terjadi pada seluruh jangkauan frekuensi yang dapat didengar oleh manusia atau biasa disebut ketulian sebagian (Wilson, 1989). Beberapa orang mampu mendengar semua frekuensi dalam selang tersebut tetapi dengan tingkat intensitas yang berbeda. Pada tingkat intensitas bunyi yang sama mereka hanya mampu mendengar sebagian atau beberapa frekuensi tertentu saja. Hal tersebut hanya dapat diketahui dengan melakukan pengukuran yang teliti terhadap pendengaran mereka.

Di Indonesia belum banyak dilakukan pengujian atau pengukuran tingkat kehilangan pendengaran terutama terhadap operator mesin-mesin pertanian. Belum berkembangnya ilmu tentang pendengaran (audiologi) dan masih rendahnya tingkat pengetahuan dan kesadaran para operator menyebabkan sedikit sekali perusahaan-perusahaan yang memperhatikan pengaruh kebisingan tersebut. Disamping itu pengujian kehilangan pendengaran juga membutuhkan tempat dan peralatan khusus dan kedua sarana tersebut belum banyak tersedia di Indonesia.

B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat dan melakukan uji performansi alat penguji kehilangan pendengaran (audiometer). Alat penguji yang dibuat bersifat sederhana tetapi memenuhi kriteria teknis audiometer dan dapat digunakan untuk menguji tingkat kehilangan pendengaran operator-operator mesin pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

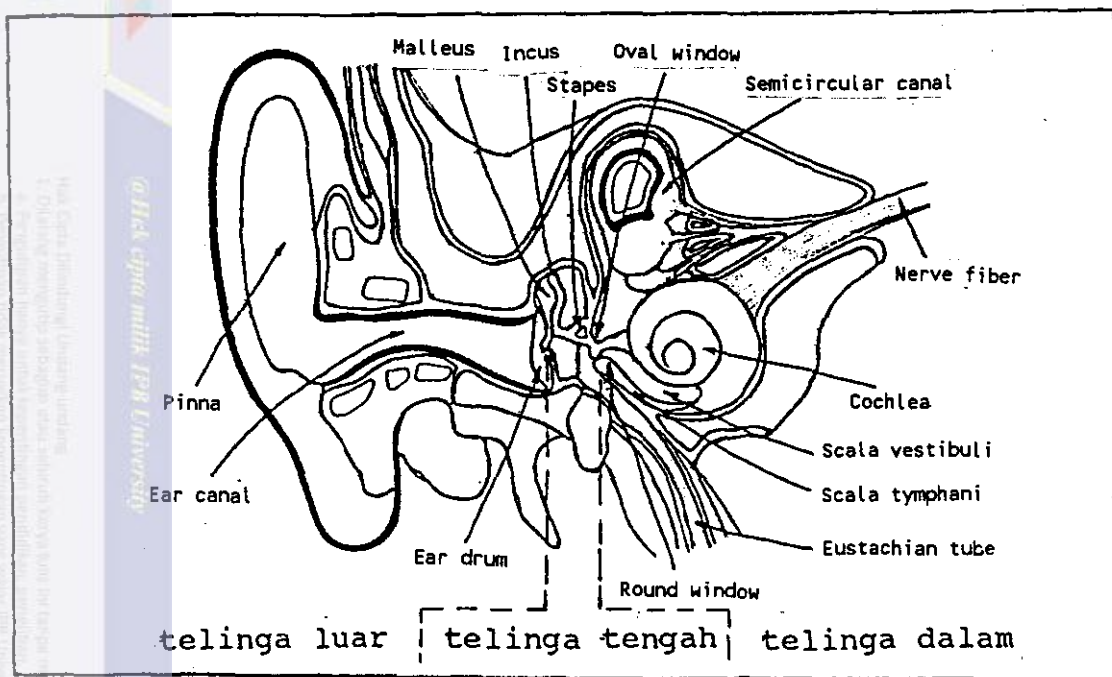
A. TELINGA DAN PENDENGARAN

1. Fungsi dan Anatomi Telinga

Telinga mempunyai dua fungsi yaitu sebagai alat pendengaran dan alat keseimbangan (Gadjahnata, 1989 dan Spence, 1986). Sebagai alat pendengaran struktur dari tiap bagian telinga secara unik sesuai untuk menerima gelombang suara (bunyi). Kemudian untuk merubah getaran dari gelombang bunyi menjadi getaran mekanik dan akhirnya getaran mekanik tadi diubah menjadi impuls rangsangan pada syaraf pendengaran (Spence, 1986).

Anatomi dari telinga secara garis besar terbagi menjadi telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam (Mc Cormick, 1986 dan Wilson, 1989). Ketiga bagian telinga tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Tiap bagian tersebut mempunyai fungsi spesifik dalam penerimaan bunyi.

Telinga luar yang berfungsi untuk mendeteksi suara atau bunyi terdiri dari daun telinga (pinna), saluran pendengaran (meatus) yaitu saluran yang berakhir pada gendang telinga (eardrum/membran tympani). Meatus berfungsi sebagai resonator untuk selang frekuensi pembicaraan (500 - 2500 Hz) dan menaikkan tekanan pada gendang telinga (Spence, 1986).



Gambar 1. Bagian-bagian utama telinga (Wilson, 1989)

Telinga tengah dipisahkan dengan telinga luar oleh gendang telinga dan terdiri dari rangkaian tulang-tulang kecil (ossicles) yaitu malleus, incus dan stapes. Ketiga tulang kecil ini menyalurkan getaran dari gendang telinga ke "oval window" pada telinga dalam. Rongga pada telinga tengah berhubungan dengan pharinx melalui tuba Eustachii yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan dalam rongga telinga tengah dan luar sehingga gendang telinga tidak pecah (Gadjahnata, 1989). Tulang stapes (stirup) bekerja seperti piston pada oval window. Gerakan tersebut menyalurkan perubahan tekanan suara (bunyi) ke cairan pada telinga dalam yang berada tepat di

sebelah dalam "oval window". Telinga tengah juga mempunyai dua otot yang melekat pada ossicles. Otot tensor tymphani melekat pada malleus dan otot stapedicus melekat pada stapes. Kedua otot ini melindungi telinga dalam terhadap bunyi yang terlalu kuat. Ketika otot tersebut berkonstraksi, bunyi yang diteruskan ke telinga dalam akan berkurang intensitasnya.

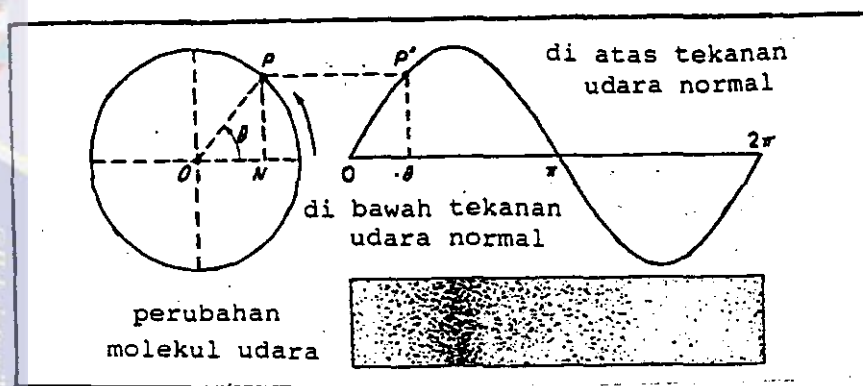
Telinga dalam atau cochlea berbentuk spiral seperti rumah siput. Panjangnya pada saat diurai kurang lebih 30 mm dengan bagian terlebar (dekat oval window) kurang lebih 5 sampai 6 mm. Telinga dalam dipenuhi oleh cairan (perilymp) yang di dalamnya terdapat (secara suspensi) cairan endolymph. Kedua cairan tersebut terletak pada "scala vestibuli" (sebelah atas) dan "scala tympani" (sebelah bawah). Diantara kedua scala tersebut terdapat "basilar membran" yang di dalamnya terdapat organ pendengaran (organon Corti/spiral organ). Pada organ tersebut terdapat rambut-rambut sel yang berhubungan dengan syaraf pendengaran.

2. Bunyi

Bunyi berasal dari getaran sumber bunyi (Mc Cormick, 1982) atau proses penekanan yang berulang ulang pada molekul-molekul udara yang akan

menghasilkan gelombang bunyi (Spence, 1986). Bunyi dapat dirambatkan pada berbagai macam media seperti udara, cairan dan zat padat. Berdasarkan cara perambatannya gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang longitudinal dan gelombang transversal. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatannya searah dengan arah getaran tiap bagian gelombang. Sedangkan gelombang transversal merambat tegak lurus pada arah getarannya. Gelombang longitudinal dalam suatu medium akan menyebabkan renggangan dan rapatan pada partikel medium tersebut (Sears, 1962).

Getaran yang berasal dari sumber bunyi, contohnya garpu tala, mempunyai gelombang berbentuk sinus dan dapat digambarkan sebagai proyeksi dari gerakan satu titik pada lingkaran yang berputar dengan kecepatan konstan (Gambar 2). Ketika titik P berputar mengelilingi titik pusat O, amplitudo vertikalnya berubah berdasarkan waktu yang apabila digambarkan akan berbentuk grafik fungsi sinus. Ketinggian dari gelombang sinus diatas titik tengah pada tiap waktu menyatakan tekanan diatas tekanan udara normal dan sebaliknya. Jumlah putaran lingkaran tiap detik adalah frekuensi dari bunyi dan dinyatakan dengan satuan Hz (Mc Cormick, 1982).



Gambar 2. Gelombang bunyi (Mc Cormick, 1982)

Intensitas bunyi berhubungan dengan kekerasan (loudness) dan menyatakan amplitudo dari gelombang bunyi. Makin tinggi amplitudo akan menyebabkan bunyi terdengar makin keras (Spence, 1986). Intensitas bunyi dinyatakan dalam daya per satuan luas (W/m^2). Karena selang dari daya (power) untuk bunyi sangat lebar maka digunakan skala logaritma untuk menggambarkan karakteristik bunyi. Untuk satuan dasar digunakan istilah Bell (nama akhir dari Alexander Graham Bell) yang menyatakan logaritma (basis 10) perbandingan dari dua intensitas bunyi. Pada kenyataannya satuan yang banyak dipakai dalam pengukuran intensitas bunyi adalah desibell (dB). Satu desibell sama dengan $1/10$ Bell.

Untuk dapat mengukur daya dari bunyi, dilakukan pendekatan dengan mengukur tekanan udara yang berubah-ubah yang menyebabkan terjadinya bunyi. Daya bunyi berhubungan secara proporsional dengan akar dari tekanan bunyi. Sound Pressure Level (SPL) dalam dB

dinyatakan sebagai

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log (P_1^2/P_0^2)$$

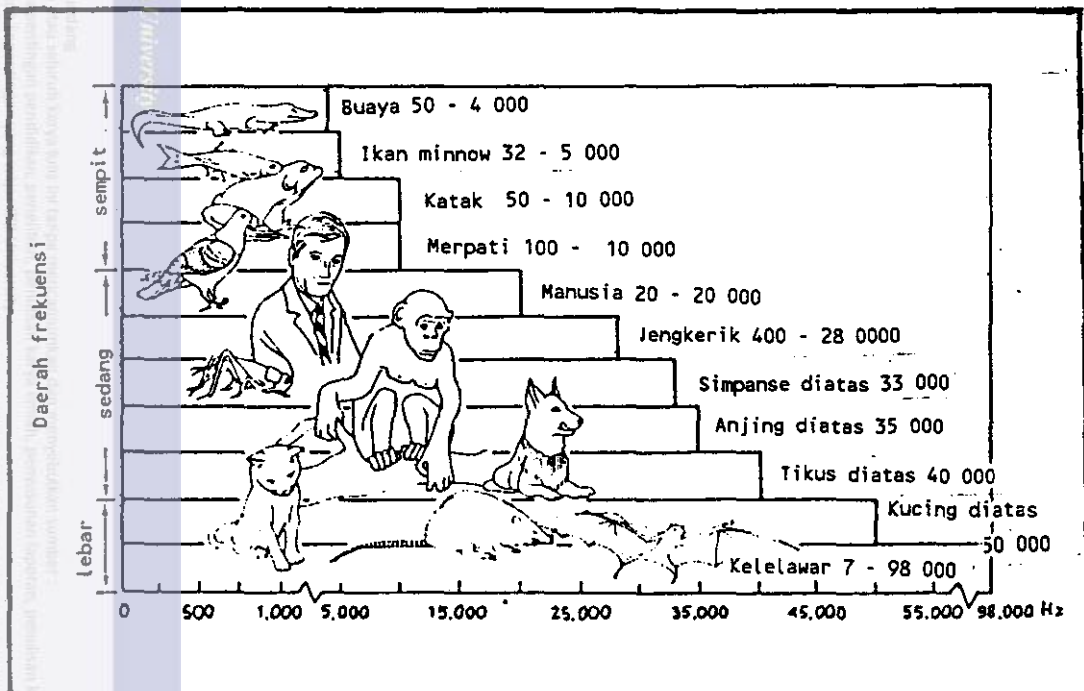
Dimana P_0^2 adalah kuadrat dari tekanan bunyi standar sedangkan P_1^2 adalah kuadrat dari tekanan bunyi yang ingin diukur. Tekanan bunyi yang digunakan sebagai referensi (P_0) adalah sebesar $20 \mu\text{N/m}^2$. Tekanan bunyi ini secara kasar sama dengan intensitas bunyi terendah yang dapat didengar oleh seorang dewasa dalam kondisi ideal (Mc Cormick, 1982).

3. Proses Mendengar

Mendengar adalah proses penerimaan bunyi. Telinga manusia mempunyai kemampuan untuk mendeteksi gelombang bunyi dengan frekuensi antara 20 - 20 000 Hz (Sears, 1962 dan Spence, 1989). Selang di atas berlaku untuk bunyi pada intensitas 80 dB, tetapi pada intensitas bunyi sebesar 20 dB telinga manusia hanya mampu menerima bunyi dengan selang frekuensi antara 200 - 1 500 Hz (Sears, 1962). Selang frekuensi untuk pendengaran manusia dibandingkan dengan beberapa binatang dapat dilihat pada Gambar 3.

Menurut Spence (1986), proses mendengar dimulai dengan diterimanya atau dideteksinya bunyi kemudian diteruskan ke meatus yang akan beresonansi sesuai dengan gelombang bunyi yang diterima. Resonansi ini akan menggetarkan gendang telinga dan menyebabkan

membran tersebut bergetar dengan frekuensi yang sama dengan gelombang bunyi. Getaran tersebut diteruskan ke telinga tengah melalui tulang malleus, incus dan stapes dan akhirnya memasuki telinga dalam (cochlea) melalui "oval window".



Gambar 3. Selang frekuensi pendengaran manusia dibandingkan dengan beberapa hewan (Wilson, 1989)

Tekanan yang dihasilkan "oval window" diteruskan pada perilymph dan mendorong perilymph sepanjang "scala vestibuli", selanjutnya ke "helicotrema" dan "scala tymphani". Kejadian tersebut meenyebabkan "round window" terdorong ke arah telinga tengah.

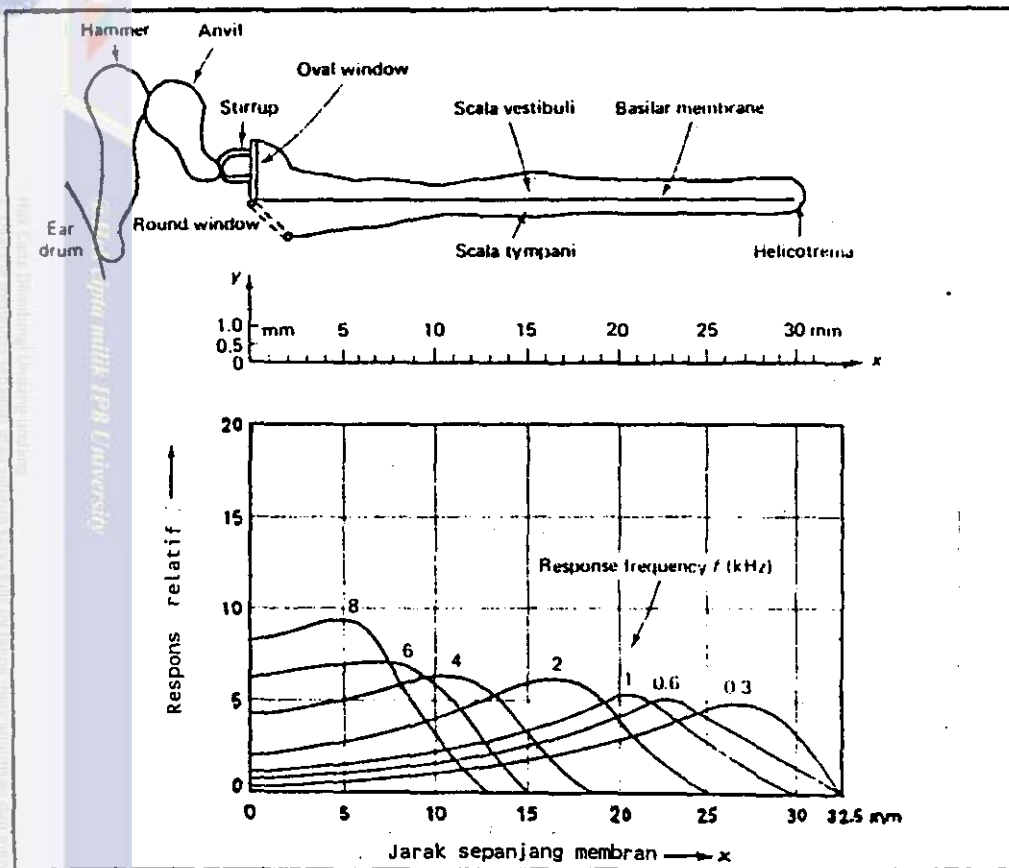
Tekanan yang dihasilkan oleh perilymph diteruskan melalui "vestibuli membrane" ke endolymph pada saluran cochlea. Dari endolymph gelombang tekanan tersebut diteruskan melalui "basilar membran" ke perilymph dari "scala tympani" dan akhirnya kembali ke "round window".

"Basilar membrane" banyak mengandung serat basilar yang bermula dari "spiral cannal" sampai dinding luar dari cochlea. Pada "basilar membrane" juga terdapat spiral organ (organon Corti) yang banyak mengandung rambut dari sel-sel peraba yang akan meneruskan impuls ke "nervous cochlearis" (syaraf pendengaran).

Karena gelombang bunyi dengan "pitch" tertentu menyebabkan getaran pada sebagian dari "basilar membrane", rambut-rambut sel pada bagian tersebut menghasilkan sejumlah besar rangsangan pada syaraf pendengaran. Impuls-impuls berjalan dari rambut sel pada spiral organ dan mencapai korteks pada sebagian lokasi otak tertentu melalui suatu pengaturan yang spesifik. Jadi pada saat suatu basilar sel tertentu menghasilkan rangsangan, rangsangan ini selalu mempunyai tempat tertentu pada korteks. Pengaturan ini memungkinkan korteks untuk menentukan lokasi dari "basilar membrane" yang bergetar dan membedakan antara berbagai macam frekuensi yang berbeda.

"Basilar membrane" mempunyai rambut-rambut sel sebanyak 24 000 buah yang makin lama makin panjang, bermula dari "basis apex cochlea". Rambut-rambut pendek terletak dekat dengan "basis apex cochlea" dan berfungsi untuk menerima getaran dengan nada tinggi sedangkan rambut yang lebih panjang untuk menerima nada rendah. Bila intensitas bunyi yang diterima rendah maka sel-sel organon Corti yang bergetar sedikit dan sebaliknya bila yang diterima adalah bunyi dengan intensitas tinggi (Gadjahnata, 1989). Hubungan antara jumlah rambut sel yang bergetar (lokasi dari cochlea) dengan frekuensi yang diterima dapat dilihat pada Gambar 4.

Secara umum telinga kurang sensitif untuk frekuensi rendah (20 - 500 Hz) dan lebih sensitif untuk frekuensi tinggi (1000 -5000 Hz). Oleh karena itu nada dengan frekuensi 4000 Hz pada suatu level tertentu akan terasa lebih keras dibandingkan dengan nada berfrekuensi 200 Hz pada tingkat kekerasan yang sama (Mc Cormick, 1982). Sensitifitas maximum untuk frekuensi tinggi (8 000 - 20 000 Hz) terjadi kurang lebih 7 mm dari oval window pada syaraf basilar membrane sedangkan untuk frekuensi rendah (20 - 300 Hz) terjadi pada jarak 10 mm dari ujung basilar membrane yang lain (Wilson, 1989).



Gambar 4. Lokasi dari cochlea dalam hubungannya dengan frekuensi yang diterima (Wilson, 1989)

4. Gangguan Pendengaran

Gangguan pendengaran dapat menyebabkan melemahnya kemampuan telinga untuk menangkap frekuensi bunyi tertentu. Menurut Mc Donald (1975), semua tipe dari melemahnya pendengaran (hearing impairment) dapat dibagi dalam dua kelas yaitu "conductive deafness" yang terjadi karena terhalangnya saluran telinga oleh kotoran dari cairan telinga atau penyakit. Dapat juga disebabkan oleh pertumbuhan tulang yang tidak normal disekeliling oval window yang menyebabkan terhambatnya

fungsi dari tulang-tulang pada telinga tengah. Bila kerusakan terjadi pada bagian setelah oval window diklasifikasikan sebagai "perceptive deafness", "cochlear deafness" atau "nerve deafness". "Conductive deafness" mempengaruhi semua frekuensi, sedangkan "perceptive deafness" sering terjadi pada beberapa frekuensi tertentu saja. Ketergantungan terhadap frekuensi ini merubah kualitas dari bunyi walaupun amplitudonya dirubah, dalam keadaan serius hal tersebut dapat menyebabkan kesulitan dalam mengikuti pembicaraan.

Kehilangan pendengaran dapat disebabkan oleh penerimaan bunyi dengan level yang cukup kuat (lebih dari 90 dB) dan menyebabkan rangsangan yang berlebihan pada syaraf pendengaran dan kadang-kadang menyebabkan ketulian (King, 1974). Kehilangan pendengaran terjadi pertama kali terhadap bunyi dengan frekuensi tinggi, sedangkan terhadap frekuensi tengah dan rendah terjadi kemudian.

Orang mungkin tidak sadar terhadap kehilangan pendengarannya pada keadaan awal sebab hal tersebut tidak mempengaruhi nada pembicaraan sampai keadaan tersebut berlanjut. Keluhan pertama yang terjadi adalah kesulitan mengikuti pembicaraan dimana banyak orang yang ambil bagian (King, 1974).

B. KEBISINGAN (NOISE) DAN KEHILANGAN PENDENGARAN

Kebisingan atau noise biasa diartikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan. Dalam hubungannya dengan informasi kebisingan diartikan sebagai suatu rangsangan pendengaran yang tidak mengandung suatu informasi yang berhubungan dengan pekerjaan yang sedang dilakukan (Mc Cormick, 1982). Pengaruh dari kebisingan telah diketahui sejak lama dan mempengaruhi baik terhadap fisik maupun mental (Melnick, 1978). Tetapi efek yang paling banyak dikenal adalah terhadap pendengaran. The Occupational Safety and Health Act (1978), telah menetapkan jumlah waktu kerja (jam/hari) yang diperbolehkan terhadap suatu level noise tertentu (Tabel 1). Bila level bunyi melebihi nilai dalam tabel untuk jangka waktu yang sama, maka harus diberikan tindakan pengamanan terhadap pekerja.

Tabel 1. Hubungan antara jumlah jam kerja dengan level noise yang dapat diberikan (OSHA, 1970)

Jumlah jam kerja (jam/hari)	Level bunyi (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25	115

Pengaruh dari kebisingan terhadap pendengaran dapat bersifat permanen atau sementara dan diperlihatkan dengan perubahan ambang pendengaran. Perubahan sensitifitas pendengaran ini diperlihatkan oleh adanya perbedaan ambang pendengaran sebelum dan sesudah suatu penerimaan kebisingan tertentu. Perubahan ambang pendengaran ini dikenal sebagai pergeseran ambang atau lebih tepat lagi perubahan ambang pendengaran diakibatkan oleh noise karena banyak hal lain yang mempengaruhi ambang pendengaran (Melnick, 1978).

Pergeseran ambang pendengaran yang bersifat permanen dapat diakibatkan oleh "acoustic trauma" yang diakibatkan oleh suatu bunyi dengan level yang cukup tinggi (misalnya ledakan). Bunyi tersebut mencapai telinga tengah dan merusakkan struktur dari organon Corti. Sedangkan penerimaan noise yang cukup intensif akan menyebabkan kerusakan pada telinga tengah seperti pecahnya gendang telinga atau kerusakan pada tulang-tulang telinga (Melnick, 1978).

Peralatan yang menghasilkan suatu impuls bunyi yang dengan level tinggi dapat menjadi penyebab "acoustic trauma". Mesin atau alat yang menghasilkan bunyi dengan level sedang tetapi dioperasikan dengan cukup lama tanpa istirahat atau dengan waktu istirahat yang cukup pendek dapat menyebabkan resiko kehilangan pendengaran atau kerusakan struktur telinga (Mills, 1978).

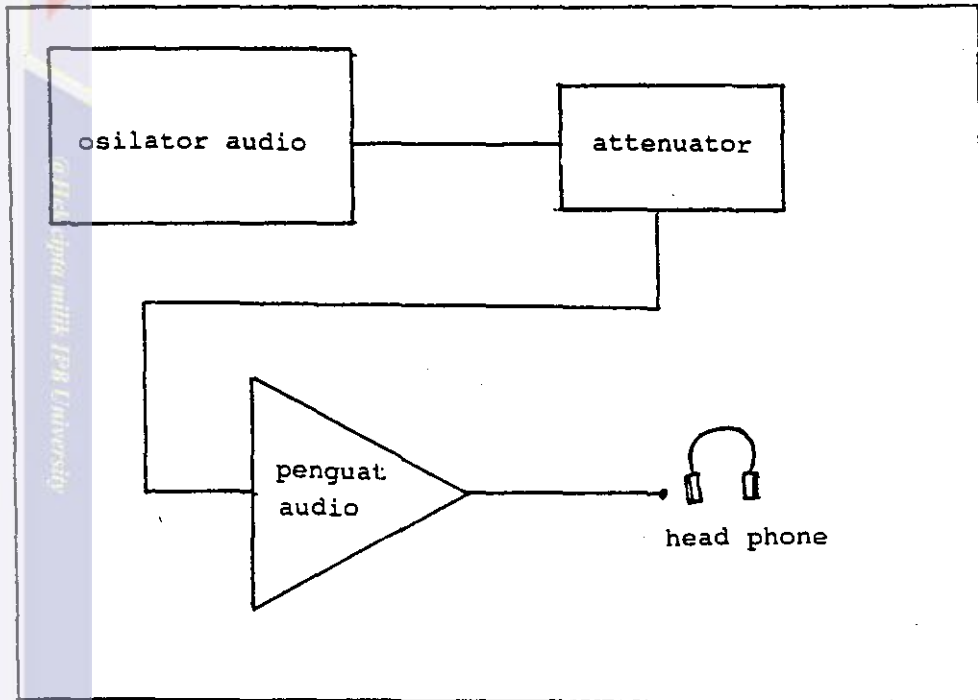
C. AUDIOMETER

Audiometer digunakan untuk melihat efek dari kebisingan terhadap pendengaran. Audio meter dapat dibagi menjadi dua tipe, tipe pertama adalah "speech audiometer". Pembicaraan langsung atau rekaman direproduksi melalui headphone atau loudspeaker dengan intensitas yang terkontrol. Audiometer tipe kedua adalah "pure tone audiometer" yang digunakan untuk mengukur respon pendengaran pada berbagai frekuensi. Instrument ini melalui headphone menghasilkan satu nada tunggal dengan berbagai macam frekuensi dan intensitas. Ketika intensitas dinaikkan atau diturunkan, orang yang sedang diuji ditanya untuk mengetahui kapan mereka mendengar nada tersebut atau kapan nada tersebut menjadi tidak terdengar lagi (Mc Cormick, 1982).

Audio meter nada tunggal (pure tone audiometer) menurut Smith (1982), terdiri dari osilator, penguat audio dan attenuator untuk mengontrol intensitas bunyi.

1. Osilator

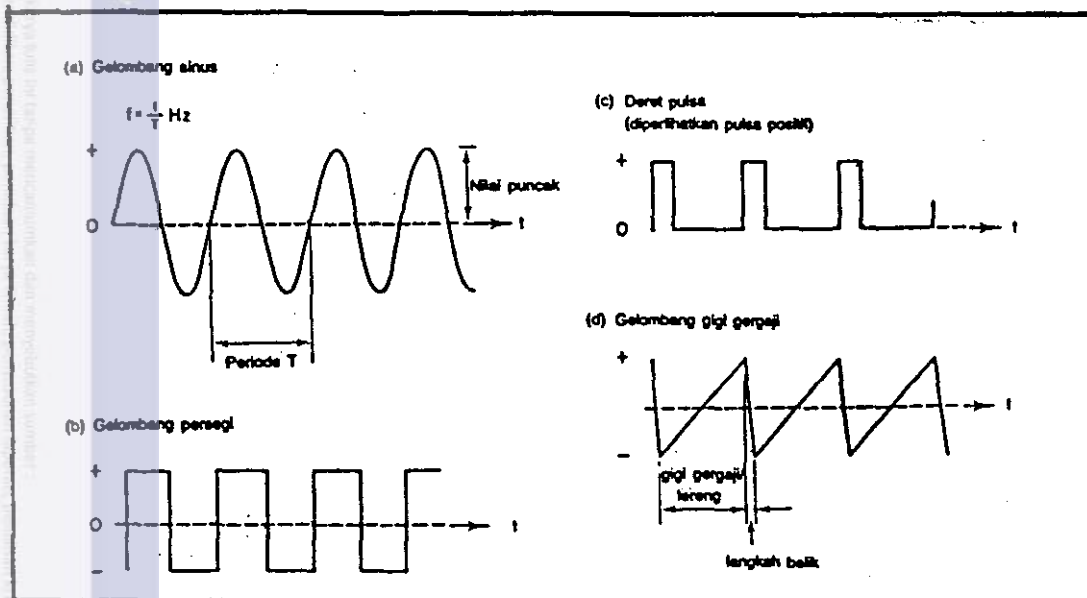
Osilator adalah peralatan elektronik yang menghasilkan suatu output bolak-balik (berbentuk gelombang) tanpa menggunakan bagian yang bergerak. Osilator bekerja sebagai suatu konverter dari sinyal dc (searah) menjadi sinyal bolak-balik (ac) dengan frekuensi yang dapat dikontrol (Hill, 1961)



Gambar 5. Audiometer nada tunggal (Smith, 1982)

Output dari osilator dapat berupa gelombang sinus, gelombang persegi, gelombang gergaji dan gelombang segi tiga. Osilator gelombang persegi banyak digunakan dalam rangkaian digital dan biasa dikenal dengan multivibrator. Bila output gelombang persegi terus berubah setiap waktu tanpa ada pulsa pemicu disebut sebagai multivibrator tidak stabil (astable multivibrator). Sedangkan bila outputnya mempunyai satu keadaan stabil sebelum adanya pulsa pemicu dan setelah adanya pulsa pemicu keadaan output berubah selama selang waktu tertentu untuk kemudian kembali ke keadaan stabil awal sampai adanya pulsa

pemicu lagi, disebut multivibrator mono stabil (mono stable multivibrator). Jenis lain adalah multivibrator bistabil yang mempunyai output dengan dua keadaan stabil. Keadaan outputnya dapat tidak terhingga sampai diterima pulsa pemicu. Pulsa tersebut akan membalik keadaan dari output (Horn, 1985). Bentuk keluaran osilator dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Keluaran osilator (Loveday, 1982)

Karakteristik penting yang perlu diperhatikan dari rangkaian osilator adalah (Loveday, 1982) :

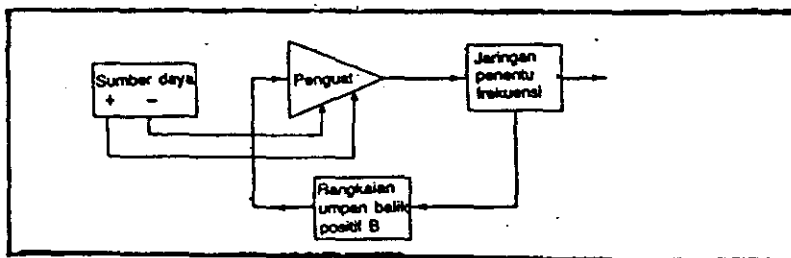
- frekuensi kerja
- amplitudo keluaran
- stabilitas frekuensi
- distorsi harmonik (khusus untuk sinus)



Untuk menghasilkan osilasi, rangkaian osilator membutuhkan :

- a. Penguatan
- b. Komponen umpan balik positif
- c. Sejumlah jaringan pengendali frekuensi
- d. Sumber daya

Jaringan yang menentukan frekuensi kerja mungkin merupakan rangkaian umpan balik atau diluarnya. Rangkaian khusus untuk ini merupakan kombinasi antara L dan C, atau R dan C (Loveday, 1982). Diagram blok osilator yang khas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram blok osilator (Loveday, 1982)

Dalam banyak pemakaian stabilitas frekuensi keluaran merupakan hal penting untuk diperhitungkan. Banyak faktor yang menyebabkan frekuensi osilator bergeser (drift) dari nilai yang telah kita tetapkan sebelumnya.

Faktor-faktor itu meliputi (Loveday, 1982) :

- Perubahan dalam level pencatu daya
- Perubahan parameter komponen aktif

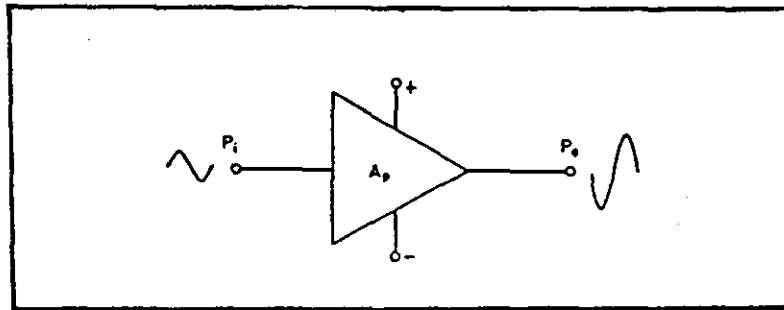
- Perubahan beban
- Variasi komponen yang menentukan frekuensi

Pengaruh tiga faktor pertama di atas dapat diminimumkan dengan menggunakan unit pencatu daya yang distabilkan dan penguat penyangga antara osilator dan beban. Penyebab utama ketidakstabilan berasal dari perubahan komponen yang membentuk jaringan penentu frekuensi (Loveday, 1982)

2. Penguat Audio

Digunakan untuk memberikan tingkat penguatan tertentu pada audio sistem. Pada prinsipnya penguatan adalah mengubah suatu sinyal input dengan amplitudo yang relatif kecil menjadi sinyal output dengan amplitudo lebih besar (Horn, 1985). Audio amplifier menerima sinyal input dari mikropon, phonograf, tape deck atau penala AM/FM. Output dari amplifier digunakan untuk menggerakkan sistem speaker atau headphone. Peralatan tersebut mempunyai tegangan output rendah dengan impedansi tinggi. Oleh karena itu impedansi input dari penguat harus lebih tinggi dari impedansi output peralatan tadi. Bila hal tersebut tidak diperhatikan penguat akan membebani peralatan input yang akan menyebabkan turunnya tingkat penguatan (gain). Peralatan yang digerakan oleh penguat audio biasanya mempunyai impedansi yang rendah

seperti contohnya speaker mempunyai impedansi 4 sampai 8 ohm saja (Savant, 1987). Simbol umum penguat audio dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Simbol penguat audio (Loveday, 1982)

A. Penguatan Daya

Setiap penguatan memperbesar daya sinyal masukan (Loveday, 1982). Penguatan daya (power gain) ditentukan oleh perbandingan daya keluaran (P_o) terhadap daya masukan (P_i). Penguat terutama dirancang untuk menghasilkan penguatan daya, penguatan arus atau penguatan tegangan. Dalam notasi lain :

$$\text{Penguatan daya} \quad A_p = (P_o / P_i)$$

$$\text{Penguatan arus} \quad A_i = (I_o / I_i)$$

$$\text{Penguatan tegangan} \quad A_v = (V_o / V_i)$$

Seringkali gambaran yang menyatakan penguatan sebagai perbandingan daya, arus atau tegangan sulit ditetapkan. Hal ini dijumpai bila penguat audio

memperlihatkan perubahan penguatan yang besar terhadap sinyal masukan dan terlihat ketika perubahan ini telah direkam dalam grafik. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan satuan logaritma yang disebut bell (Loveday, 1982). Dengan notasi bell :

$$\text{Penguatan daya } A_p = \log (P_o / P_i) \text{ bell}$$

Bell biasanya merupakan satuan yang terlalu besar untuk pengukuran elektronika, sehingga lebih banyak digunakan satuan dB (desibel = 1/10 bell)

Dengan menggunakan satuan desibel, perubahan yang amat besar dalam perbandingan penguatan dapat ditekan. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Perbandingan satuan penguatan (Loveday, 1982)

Penguatan daya sebagai perbandingan	Penguatan daya dalam dB
10	10
100	20
1 000	30
10 000	40
100 000	50
1 000 000	60

Penguatan tegangan dan arus juga dapat dinyatakan dalam dB yaitu :

$$A_v = 20 \log (V_o / V_i)$$

$$A_i = 20 \log (I_o / I_i)$$

Rumus tersebut berlaku bila penguat memiliki resistansi masukan dan keluaran yang sama. Hal tersebut jarang terjadi tetapi sering dianggap demikian (Loveday, 1982).

B. Lebar Jalur (bandwidth)

Tiap penguat mempunyai lebar jalur (bandwidth) tertentu. Lebarjalur didefinisikan sebagai kisaran frekuensi dimana penguatan tidak turun lebih dari 3 dB dari penguatan frekuensi tengahnya (Loveday, 1982). Penguat audio umumnya mempunyai kisaran frekuensi dari 15 Hz sampai 20 KHz dengan lebar jalur bervariasi tergantung pada aplikasinya.

C. Kelas Operasi Penguat

Menurut Loveday (1982), terdapat 3 macam kelas operasi utama dari penguat yang dimaksudkan untuk pemakaian penguat.

1. Kelas A, dimana peranti aktif (transistor) diberi panjaran agar arus rata mengalir terus. Arus ini membesar dan mengecil dari nilai rata-ratanya akibat adanya sinyal masukan. Kelas ini paling umum digunakan.

2. Kelas B, dimana peranti aktif diberi panjaran agar menyumbat atau berhenti menghantar dan menyambung kedalam kondisi hantaran pada periode separuh siklus sinyal masukan. Kelas operasi ini banyak digunakan dalam penguat keluaran daya push-pull.
3. Kelas C. Peranti aktif diberi panjaran diatas titik sumbatnya sehingga sinyal masukan harus mencapai nilai yang agak tinggi sebelum peranti dapat menghantar. Kelas ini banyak digunakan dalam rangkaian switching dan pemancar (transmitter).

D. Distorsi (Cacat) dalam Penguat

Beraneka ragam distorsi dapat mempengaruhi bentuk sinyal keluaran dari sebuah penguat (Loveday, 1982).

1. Distorsi amplitudo

Sinyal keluaran terpotong pada salah satu atau kedua puncaknya. Jenis distorsi ini terjadi ketika penguat mendapat pengemudi yang berlebihan (over driven) dari sinyal masukan yang terlalu besar atau terjadi perubahan pada kondisi pemberian panjaran.

2. Distorsi frekuensi

Terjadi bila penguatan dari penguat berubah secara mencolok terhadap frekuensi pada bidang tengahnya (pass band). Distorsi dapat terjadi dalam bentuk rugi-rugi penguatan pada frekuensi rendah atau frekuensi tinggi atau peningkatan penguatan pada frekuensi rendah atau frekuensi tinggi.

3. Distorsi fase

Sejalan dengan naiknya frekuensi sinyal, fase sinyal keluaran relatif terhadap masukan berubah. Jenis distorsi ini dirasakan mengganggu ketika sinyal masukannya merupakan bentuk gelombang yang rumit dan tersusun atas sejumlah komponen gelombang sinus dengan frekuensi yang berlainan. Bila sinyal tersebut yang mengandung beda fase melewati penguat maka keluaran yang dihasilkannya tidak serupa lagi dengan bentuk gelombang masukannya.

4. Distorsi crossover

Distorsi jenis ini terjadi dalam keluaran push-pull kelas B. Sebagai contoh dalam tahapan keluaran transistor komplementer (PNP dan NPN), transistor tidak akan menghantar sampai sinyal masukan yang menuju basis mencapai tegangan kurang lebih 500 mV.

5. Distorsi inter modulasi

Bila terdapat ketidak-linearitas dalam rangkaian penguat, dua buah sinyal berlainan frekuensi yang diperkuat secara bersamaan akan bercampur, akan menghasilkan keluaran yang mengandung sinyal penjumlahan dengan amplitudo kecil dan frekuensi yang berlainan serta harmonik-harmonik dari frekuensi tersebut.

3. Attenuator

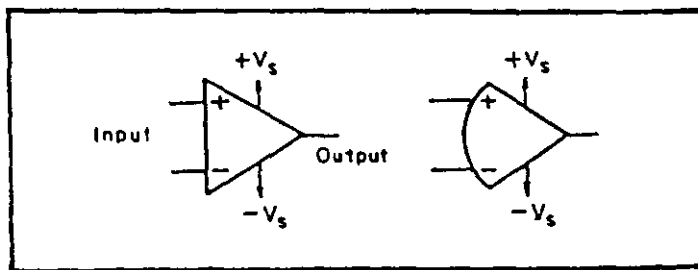
Attenuator digunakan untuk menurunkan atau mengurangi kekuatan sinyal radio atau audio kedalam suatu tingkat yang diinginkan tanpa menyebabkan gangguan atau distorsi. Attenuator dapat dibuat dengan menggunakan rangkaian resistor tetap atau variabel dan didesain sedemikian rupa sehingga impedansinya sesuai dengan impedansi rangkaian dimana attenuator tersebut digunakan, tanpa dipengaruhi oleh tingkat perendaman yang digunakan. Karakteristik dari attenuator dapat diperbaiki dengan penggunaan resistor yang tepat baik secara seri atau paralel (Markus, 1982).

Attenuator kadang-kadang dikarakteristikan dalam satuan dB untuk menunjukkan jumlah perendaman atau penguatan yang dipakai dalam tiap kedudukan kontrol. Dalam bentuk ini attenuator banyak digunakan

untuk mengontrol level output dari sinyal generator, masukan osiloskop atau level audio (Markus, 1982).

4. Penguat Operasional (Op-amp)

Istilah op-amp semula digunakan untuk melukiskan sederetan penguat dc berkemampuan tinggi yang digunakan sebagai komponen dasar untuk komputer analog (Loveday, 1982). Pada masa sekarang op-amp merupakan penguat dc dengan penguatan sangat tinggi yang menggunakan rangkaian umpan balik luar untuk mengatur respon penguatannya dan banyak dijumpai dalam bentuk rangkaian terintegrasi (IC). Simbol dari op-amp dapat dilihat pada gambar 14. Pada gambar tersebut dapat dilihat adanya dua input yaitu input membalik (inverting) atau - dan input tak membalik (non inverting) atau +. Keduanya mempunyai satu keluaran (output). Op-amp umumnya diberi catu daya berpolaritas kembar (split) yang dilambangkan dengan $+V_s$ dan $-V_s$.



Gambar 9. Simbol Op-amp (Berlin, 1978)

A. Op-amp Ideal

Op-amp tanpa umpan balik luar dikenal sebagai mode gelung terbuka (open loop). Dalam mode ini dapat diperoleh karakteristik op-amp ideal yaitu (Loveday, 1982) :

- Penguatan gelung terbukanya tidak terhingga
- Tahanan input tidak terhingga
- Tahanan output nol
- Lebar bidang tak terhingga
- Tegangan offset nol

Dalam prakteknya, tidak ada op-amp yang memenuhi kelima kriteria diatas. Bahkan op-amp dirancang untuk penggunaan presisi. Op-amp yang banyak beredar di pasaran umumnya mempunyai penguatan menengah dan impedansi masukan kurang dari 1 M Ω .

B. Rangkaian Penguat Linear Dasar

Terdapat bermacam cara penggunaan op-amp sebagai penguat linear. Rangkaian penguat linear dasar yang banyak digunakan adalah (Berlin, 1978) :

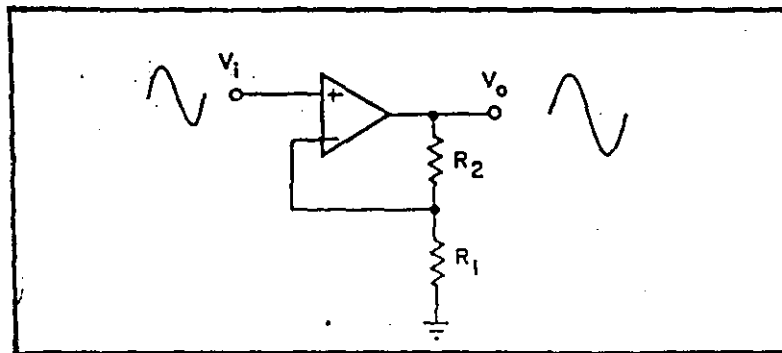
1. Penguat non inverting

Pada gambar 15 dapat dilihat rangkaian penguat non inverting. Hal ini disebabkan sinyal input diumpankan ke input non inverting (+) dari op-amp. Tahanan R1 disebut elemen input dan tahanan R2 disebut elemen umpan

balik, karena menyimpangkan atau mengumpan-balikkan sebagian sinyal output ke input inverting (-). Untuk penguat non inverting tegangan output diberikan oleh :

$$V_o = (1 + (R_2/R_1)) V_i$$

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa sinyal output tidak mengalami perubahan polaritas. Atau dengan kata lain sinyal output sefasa dengan sinyal input.



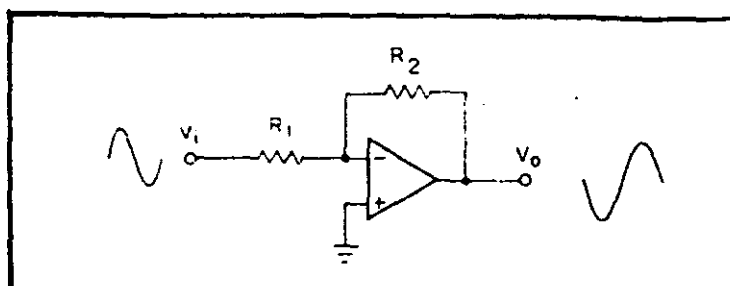
Gambar 10. Penguat non inverting (Berlin, 1978)

2. Penguat inverting

Pada penguat inverting sinyal input diberikan ke input inverting. Tegangan keluaran dari rangkaian penguat ini adalah :

$$V_o = - (R_2 / R_1) V_i$$

Tanda (-) menunjukkan bahwa sinyal input mengalami pembalikan fase sebesar 180°.



Gambar 11. Penguat inverting (Berlin,1978)

3. Penguat penjumlah

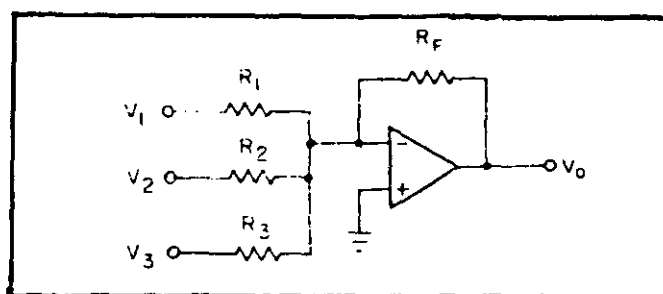
Jika beberapa tahanan input dihubungkan ke input inverting op-amp akan diperoleh penguat penjumlah (summing amplifier). Pada rangkaian ini tegangan input dijumlahkan sehingga tegangan output menjadi :

$$V_o = - R_f (V_1/R_1 + V_2/R_2 + V_3/R_3)$$

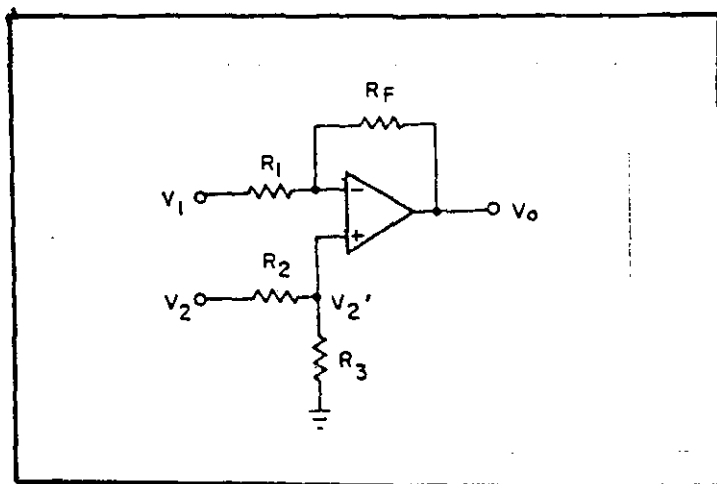
4. Penguat selisih

Penguat selisih mempunyai dua tegangan input yang diumpankan ke input inverting dan input non inverting. Tegangan output yang dihasilkan adalah:

$$V_o = -(R_f/R_1)V_1 + (1 + (R_f/R_1)) (R_3/(R_2+R_3)) V_2$$



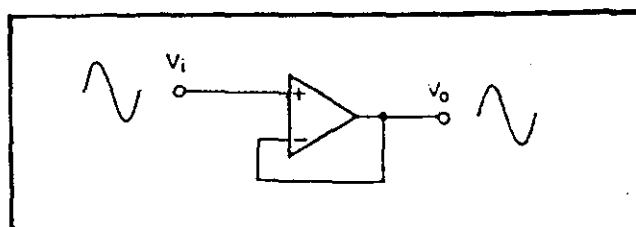
Gambar 12. Penguat penjumlah (Berlin, 1978)



Gambar 13. Penguat selisih (loveday, 1982)

5. Pembuntut tegangan

Pembuntut tegangan (voltage follower) atau pembuntut sumber (source follower) merupakan penguat non inverting berpenguatan satu. Tegangan output merupakan reproduksi tegangan input. Rangkaian ini digunakan sebagai penyangga (buffer) sinyal input dari bebannya karena mempunyai tahanan input tinggi dan tahanan output rendah.



Gambar 14. Pembuntut tegangan (Berlin, 1978)

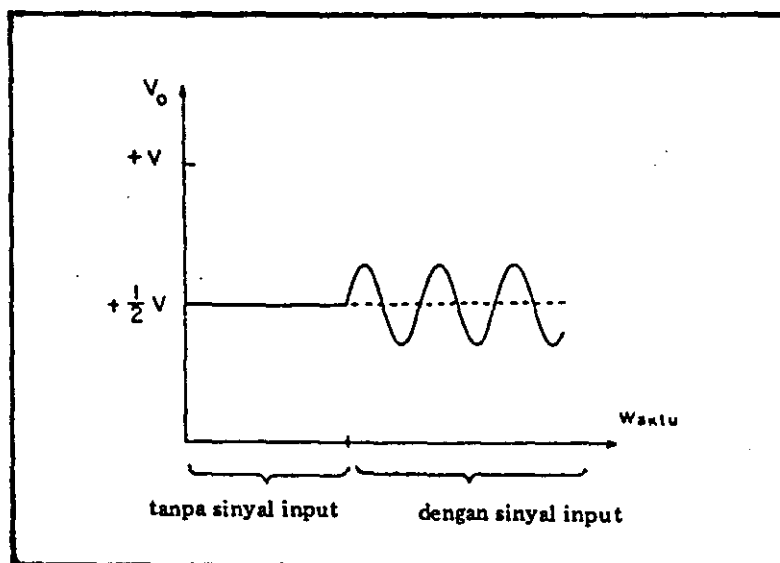
C. Operasi Catu Tunggal

Pada mulanya rangkaian op-amp didisain untuk catu daya berpolaritas kembar, namun sejumlah rangkaian op-amp dapat dioperasikan secara efektif dari suatu tegangan catu tunggal. Bila cara tersebut digunakan, tegangan output dc lengang dari rangkaian (tanpa sinyal) biasanya disetel pada setengah tegangan catu. Oleh karena itu rangkaian catu tunggal selalu memerlukan kondensator kopling ac untuk sinyal input dan output (Berlin, 1978).

1. Penumpuan (offset) catu tunggal

Jika suatu op-amp hendak digunakan secara efektif dengan catu tunggal, rangkaian harus mampu menghasilkan baik sinyal yang mengarah positif atau negatif. Cara yang banyak digunakan adalah menyetel tegangan output dc tanpa sinyal input pada setengah tegangan catu (Berlin, 1978). Bila sinyal input yang diumpankan ke rangkaian penguat adalah gelombang sinus, sinyal outputnya akan bervariasi disekitar tegangan dc-nya. Pada titik ini sinyal output merupakan superposisi dari komponen dc dan komponen ac (sinyal input yang diperkuat). Komponen dc dapat dianggap sebagai tegangan offset output dan harus

dihilangkan agar penguat dapat bekerja dengan baik. Hal diatas dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Tegangan output penguat catu tunggal (Berlin, 1978)

2. Penguat inverting

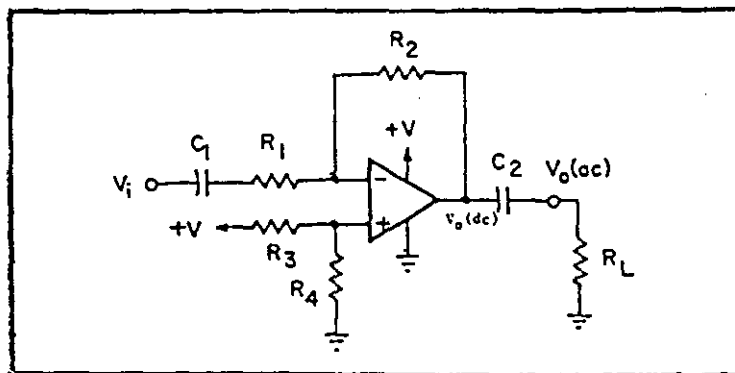
Rangkaian penguat inverting dengan catu tunggal dapat dilihat pada Gambar 16. Pada input non inverting diberi rangkaian pembagi tegangan yang dihubungkan ke catu positif. Pembagi tegangan berguna untuk menyetel tegangan output dc dari penguat. Pada umumnya resistor R_3 dan R_4 dibuat sama sehingga tegangan output dc akan disetel pada $+V/2$. Nilai C_1 dan C_2 ditentukan oleh frekuensi terendah, impedansi output rangkaian (untuk C_1)

dan impedansi beban (untuk C_2) yang dipersyaratkan. Kapasitor pengandeng input diperoleh dari :

$$C_1 = (1 / (2\pi f_c R_1))$$

Kapasitor pengandeng output diperoleh dengan memperhitungkan resistansi beban (R_L) dan frekuensi terendah (f_c).

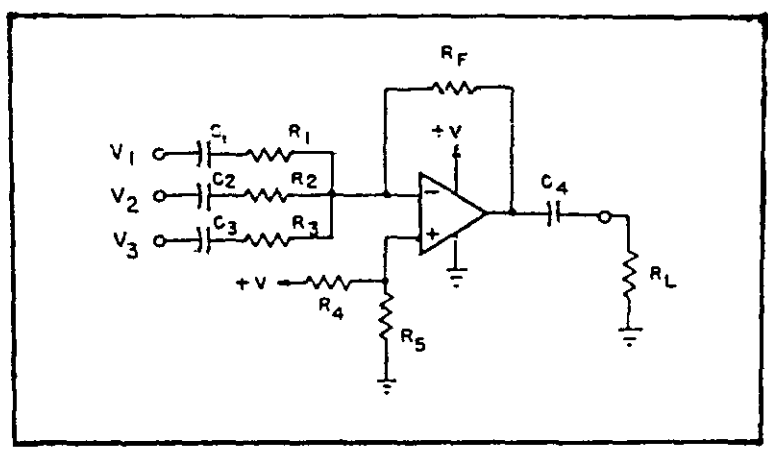
$$C_2 = (1 / (2\pi f_c R_L))$$



Gambar 16. Penguat inverting dengan catu tunggal (Berlin, 1978)

3. Penguat penjumlah

Seperti pada rangkaian inverting tahanan R_4 dan R_5 (Gambar 17) dibuat sama untuk menumpu tegangan output dg pada setengah tegangan catu. Kapasitor pengandeng pada input dan output ditentukan dengan cara yang sama seperti pada penguat inverting.

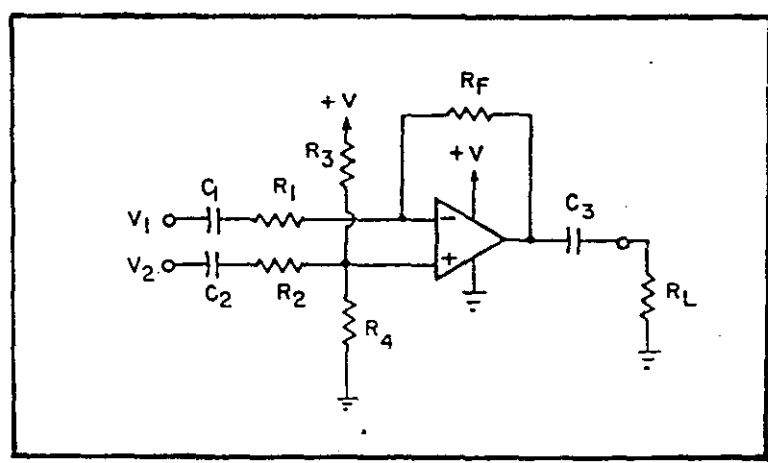


Gambar 17. Penguat penjumlah dengan catu tunggal (Berlin, 1978)

4. Penguat selisih

Seperti rangkaian sebelumnya tahanan R_3 dan R_4 dibuat sama dan disertai persyaratan tambahan :

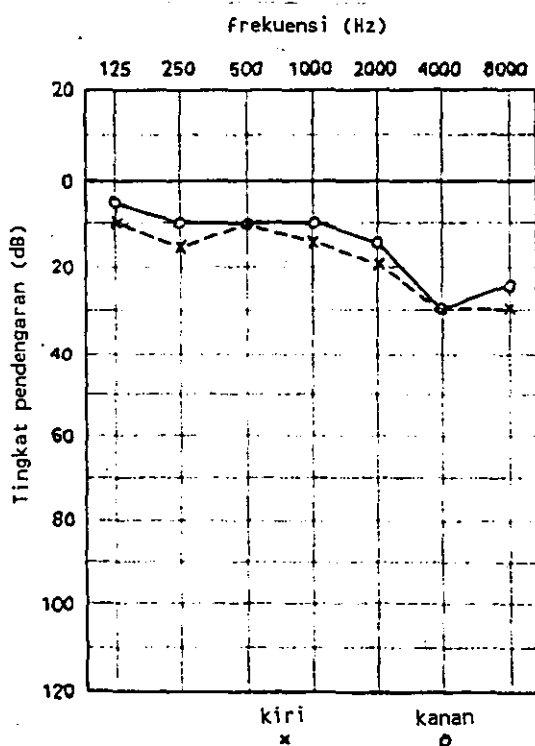
$$(R_F / R_1) = (R_3 / 2R_2)$$



Gambar 18. Penguat selisih dengan catu tunggal (Berlin, 1978)

D. AUDIOGRAM

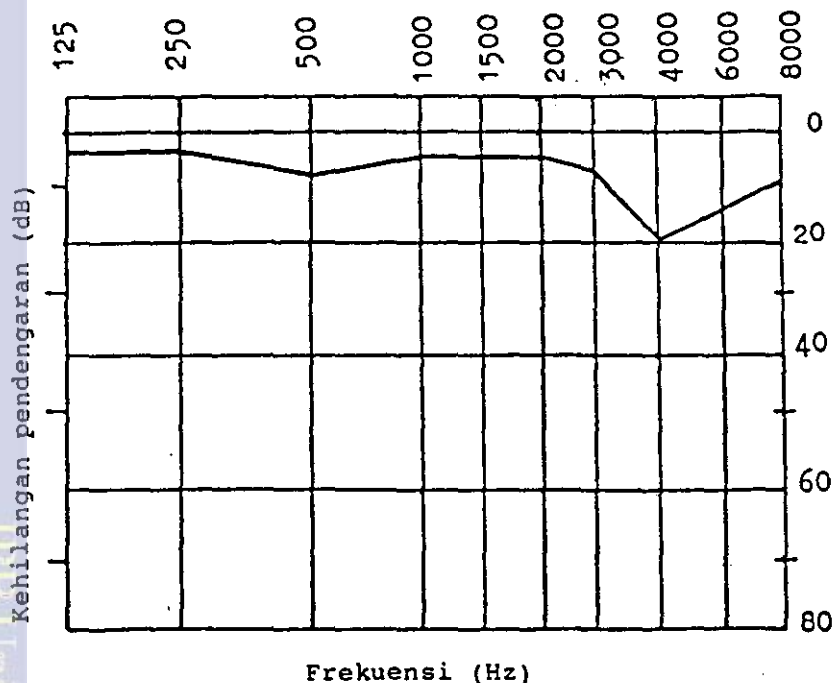
Hasil pengujian dengan audiometer biasanya disajikan dalam bentuk diagram (audiogram) yang menggambarkan ambang pendengaran pada berbagai frekuensi (Wilson, 1989). Nilai 0 dB audiogram (audiometric zero) menunjukkan nilai ambang pendengaran pada kondisi normal. Jadi ambang pendengaran sebesar 25 dB pada frekuensi 4 KHz menunjukkan bahwa pendengaran individu tersebut 25 dB lebih jelek dibandingkan dengan keadaan normal. Proses berkurangnya pendengaran dapat diketahui dengan membandingkan audiogram yang dibuat pada waktu yang berbeda. Contoh audiogram dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Audiogram (Wilson, 1989)

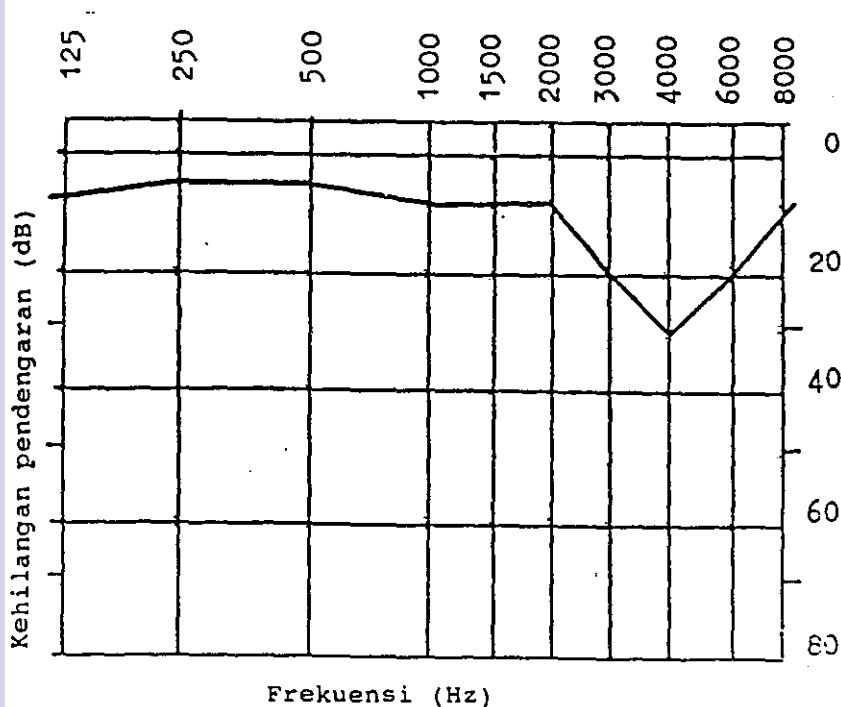
Untuk lebih memudahkan proses analisa lebih lanjut, audiogram yang telah dibuat dibagi dalam kelompok-kelompok tertentu. Pembagian ini dilakukan berdasarkan pada tingkat atau derajat kerusakan (dalam hal ini kehilangan pendengaran) yang terjadi. Contoh dari pengelompokan ini dapat dilihat pada Gambar 20 sampai 23. Audiogram-audiogram tersebut adalah sistem pengelompokan yang dipakai oleh Heijbel (1969) pada penelitiannya yang dilakukan di pabrik perakitan mobil dan traktor Volvo antara tahun 1953 - 1955.

Gambar 20 memperlihatkan audiogram yang diambil pada kondisi normal. Secara praktis, pendengaran normal adalah apabila pendengaran telah berkurang tidak lebih dari 20 dB pada frekuensi antara 125 sampai 8 000 Hz.



Gambar 20. Pendengaran normal (Heijbel, 1969)

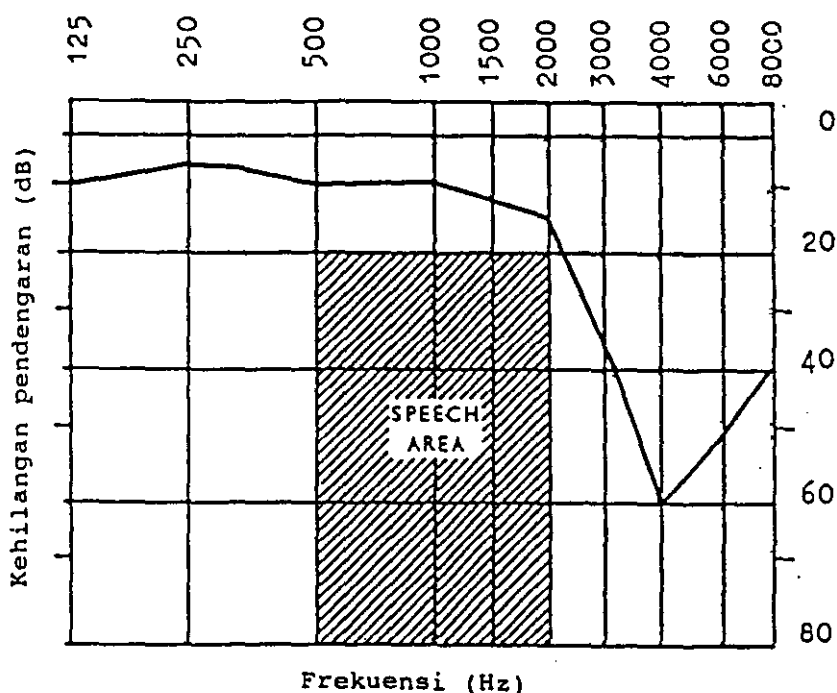
Gambar 21 memperlihatkan tingkat kerusakan awal. Audiogram menunjukkan adanya kehilangan pendengaran lebih dari 20 dB pada frekuensi 4 000 Hz. Kehilangan pendengaran tipe ini bisa disebabkan oleh penerimaan kebisingan (bunyi) secara singkat dan akan hilang dengan sendirinya walaupun dalam jangka waktu yang cukup lama. Keadaan tersebut akan tetap bertahan atau berlanjut bila kebisingan yang diterima tidak dihilangkan.



Gambar 21. Tingkat kerusakan awal (Heijbel, 1969)

Tingkat kerusakan bersifat ringan diperlihatkan pada Gambar 22. Pendengaran terganggu pada frekuensi diatas 2 000 Hz yang masih digolongkan pada keadaan normal. Tidak terjadi kehilangan pendengaran pada

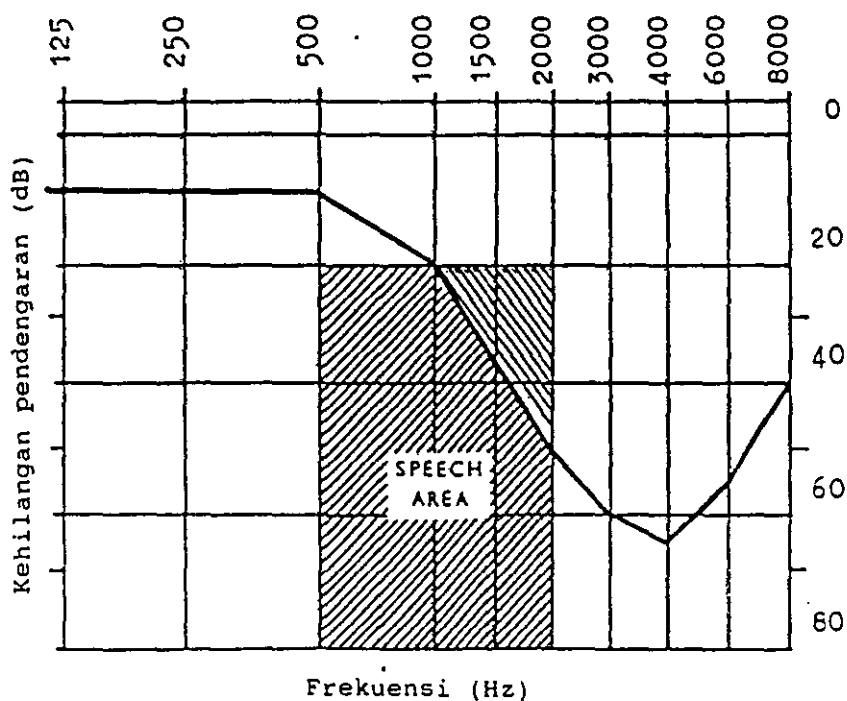
frekuensi 500 - 2 000 Hz yang merupakan daerah pembicaraan pada manusia. Daerah frekuensi tersebut sangat penting untuk dapat mendengar suara manusia.



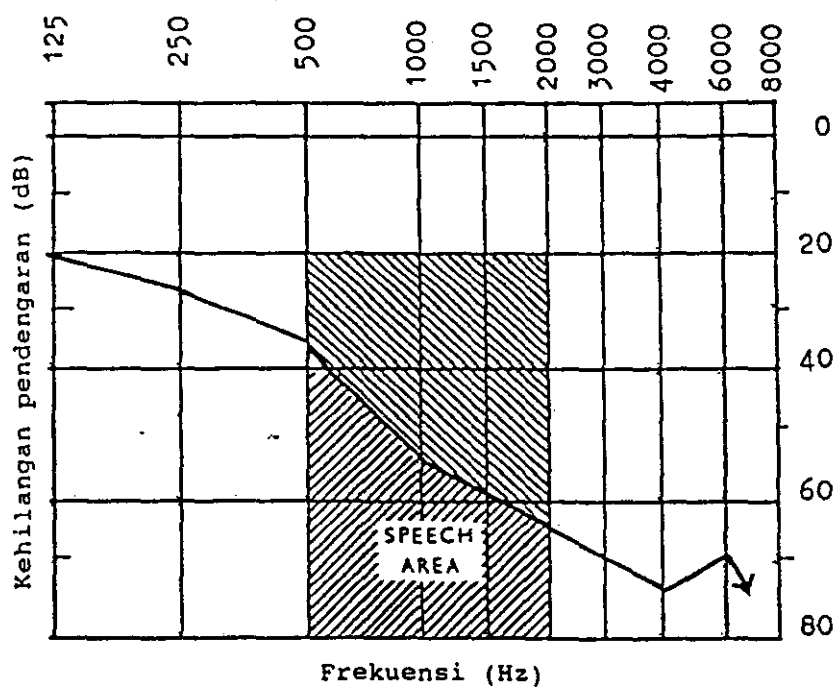
Gambar 22. Tingkat kerusakan ringan (Heijbel, 1969)

Tingkat kerusakan bersifat sedang diperlihatkan pada Gambar 23. Pada keadaan ini daerah pembicaraan sedikit mengalami gangguan dan terjadi penurunan kemampuan untuk menangkap pembicaraan.

Audiogram untuk tingkat kerusakan berat (lanjut) diperlihatkan pada Gambar 24. Terjadi kehilangan pendengaran sedemikian rupa yang menyebabkan kesulitan menangkap pembicaraan normal dan membutuhkan alat bantu pendengaran.



Gambar 23. Tingkat kerusakan sedang (Heijbel, 1969)



Gambar 24. Tingkat kerusakan berat (Heijbel, 1969)

III. METODE PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Pembuatan dan pengujian alat dilakukan di Laboratorium Ergonomika dan Elektronika. Sedangkan waktu pelaksanaannya adalah bulan November 1992 sampai akhir bulan April 1993.

B. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang digunakan adalah komponen elektronik seperti resistor, kapasitor, transistor, IC dan saklar geser. Disamping itu juga bahan pendukung lainnya seperti papan rangkaian, kabel-kabel, sekrup, bahan untuk pembuatan kotak dan timah solder.

Alat yang digunakan adalah osiloskop, frequency counter, AC millivolt meter, multi tester, solder, pisau cutter dan berbagai macam alat bantu lainnya.

C. TAHAPAN PENELITIAN

1. PENDEKATAN RANCANGAN

A. KRITERIA RANCANGAN

Alat penguji kehilangan pendengaran bagi operator mesin pertanian dibuat untuk mengetahui berapa tingkat kekerasan suatu frekuensi tertentu mulai terdengar oleh operator tersebut. Oleh karena ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan:

1. Frekuensi yang dihasilkan alat adalah 250, 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 dan 8 000 Hz.
2. Bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa nada tunggal (pure tone) dengan level yang dapat diatur dan diperdengarkan melalui head phone.
3. Alat harus dapat dioperasikan menggunakan baterai.
4. Kotak dari alat didesain sedemikian rupa sehingga memudahkan penyimpanan dan pengangkutan alat pada saat penggunaan di lapangan.

B. RANCANGAN FUNGSIONAL

Berdasarkan fungsi dari tiap-tiap bagian, alat terdiri dari osilator dan penguat audio yang dilengkapi attenuator.

1. Osilator

Osilator digunakan untuk membangkitkan sinyal/bunyi dengan frekuensi 250, 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 dan 8 000 Hz dan berbentuk gelombang sinus.

2. Penguat Audio dan Attenuator

Penguat audio digunakan untuk memperkuat sinyal yang berasal dari osilator agar dapat didengar melalui head phone. Penguat ini dilengkapi dengan attenuator untuk mengatur level dari sinyal sebelum masuk ke penguat.

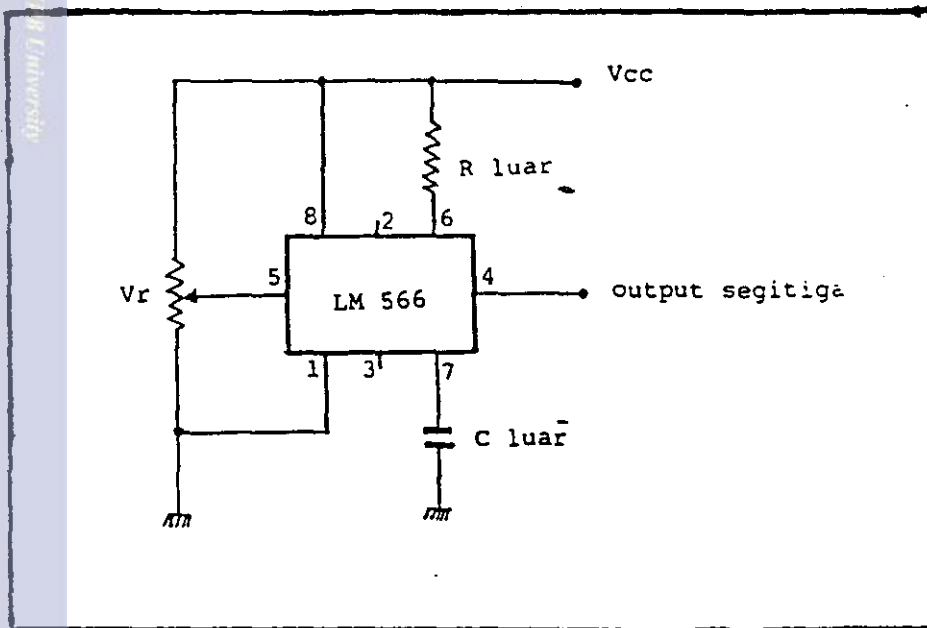
C. RANCANGAN STRUKTURAL

1. Osilator

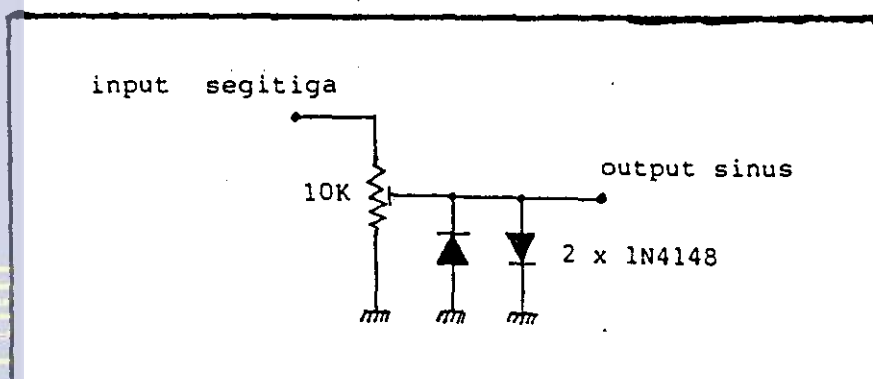
Osilator dibuat dengan menggunakan IC LM 566 yang merupakan suatu osilator yang dikontrol oleh tegangan (VCO, Voltage Control Oscillator). IC ini terbentuk dari sebuah sumber arus, satu rangkaian Schmitt Trigger dan dua buah rangkaian penguat output. IC ini dapat menghasilkan dua macam sinyal keluaran, yaitu gelombang segitiga dan gelombang segiempat. Frekuensi dari kedua sinyal tersebut tergantung dari nilai kapasitor luar (C), tegangan pengontrol (V_r) dan nilai resistor luar (R). Dengan batasan nilai C antara 100 pF sampai 1 000 μ F, nilai R antara 2 000 Ω sampai 20 000 Ω dan V_r antara 0.75Vcc sampai Vcc. Sedangkan catu daya yang dibutuhkan (Vcc) adalah 10 volt sampai 24 volt. Dengan melihat batasan batasan tersebut maka harga C digunakan untuk pemilihan range frekuensi, harga R untuk faktor pengali dan harga V_r digunakan untuk kalibrasi. Rangkaian dasar osilator dapat dilihat pada Gambar 25.

Untuk mendapatkan gelombang sinus, gelombang segi tiga dilewatkan pada pembentuk gelombang sinus yang terdiri dari satu trimpot dan dua buah dioda yang dipasang saling terbalik (Gambar 26). Rangkaian dioda seperti ini akan membatasi puncak-puncak dari

gelombang segitiga. Trimpot digunakan untuk mengatur amplitudo dari gelombang segitiga agar mendekati nilai kerja dari dioda. Pada saat tersebut puncak segitiga akan dibulatkan secara eksponensial dan akan didapatkan gelombang sinus.

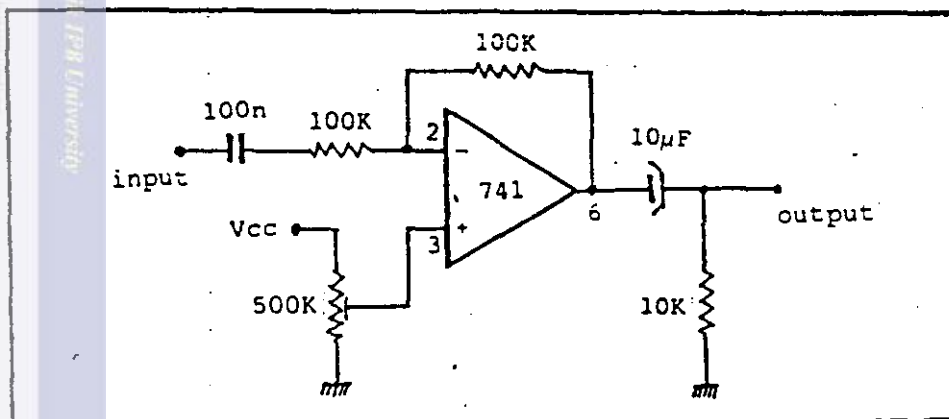


Gambar 25. Rangkaian dasar osilator



Gambar 26. Rangkaian pembentuk gelombang sinus

Keluaran dari pembentuk gelombang sinus dilewatkan pada sebuah penguat yang berfungsi sebagai buffer. Buffer digunakan untuk menjaga agar rangkaian osilator tidak terlalu terbebani. Rangkaian buffer dapat dilihat pada Gambar 27.



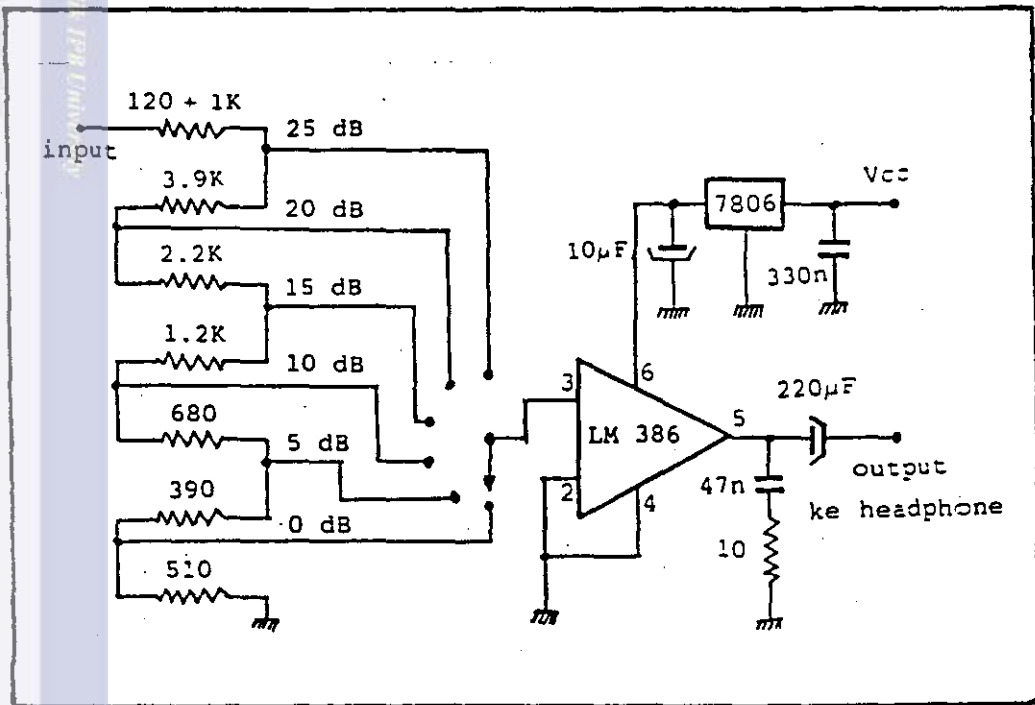
Gambar 27. Rangkaian buffer (penyangga)

2. Attenuator dan Penguat Audio

Attenuator dibuat dengan menggunakan rangkaian tangga resistor. Resistor resistor yang digunakan dipilih sedemikian rupa sehingga attenuator tersebut dapat dinyatakan dalam satuan dB.

Penguat audio dirancang dengan penguatan tetap sebesar 20 kali. Penguat ini mempunyai impedansi masukan yang cukup tinggi dan impedansi keluaran sebesar 8 atau 4 ohm. Daya keluaran dari IC ini cukup untuk menggerakkan head phones pada penggunaan arus minimumnya. IC ini merupakan penguat mono (tunggal) sehingga untuk dapat digunakan pada kedua

sisi dari head phones diperlukan saklar untuk mengalihkan output dari penguat dari satu sisi ke sisi lainnya. Rangkaian attenuator dan penguat dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Rangkaian attenuator dan penguat

Rangkaian lengkap audiometer dapat dilihat pada Gambar 29. Pada gambar tersebut dapat dilihat pengembangan dari rangkaian rangkaian dasar seperti penambahan saklar-saklar pemilih frekuensi dan saklar pemilihan fungsi lainnya. Juga dapat dilihat penambahan rangkaian filter lolos atas pada keluaran dari osilator.



								
---	---	---	---	--	---	---	---	---

2. PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT

Pembuatan alat dimulai dengan pembuatan bagian bagian audiometer secara terpisah pada papan rangkaian dengan menggunakan metode wire wrap. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap unjuk kerja dari rangkaian, yaitu bagian osilator, attenuator dan penguat dengan urutan sebagai berikut :

A. Pengamatan atau pengujian osilator

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan osiloskop untuk melihat bentuk gelombang yang dihasilkan. Rangkaian pembentuk sinus diatur sedemikian rupa sampai didapatkan bentuk gelombang yang mulus dan stabil dengan memperhatikan bentuk gelombang sinus yang terlihat pada layar osiloskop. Dengan menggunakan pencacah frekuensi (frequency counter), nilai R diatur sampai didapatkan kedudukan yang sesuai dari saklar pemilih selang dan saklar pemilih frekuensi dengan frekuensi yang ditunjukkan oleh pencacah.

B. Pengujian penguat dan atenuator

Input penguat dihubungkan dengan osilator sedangkan outputnya dihubungkan dengan headphone kemudian dihubungkan ke osiloskop. Posisi dari attenuator diubah-ubah untuk melihat kerja dari penguat dan attenuator.

3. PENENTUAN AMBANG PENDENGARAN (0 dB)

Penentuan level 0 dB dilakukan secara empirik mengingat tidak adanya alat kalibrasi yang memadai untuk keperluan tersebut. Pengujian dilakukan terhadap beberapa orang yang diperkirakan mempunyai pendengaran yang cukup baik. Pada orang tersebut diperdengarkan bunyi dengan frekuensi tertentu terhadap telinga kanan dan telinga kiri secara bergantian. Bunyi kemudian diperlemah sampai orang tersebut memberi tanda bahwa bunyi pada headphone tidak terdengar lagi. Pada saat itu diukur berapa volt keluaran penguat pada frekuensi tersebut. Rata rata dari semua hasil pengujian pada tiap frekuensi ditetapkan sebagai level 0 dB alat. Pada saat pengujian tersebut rangkaian attenuator dilepas terlebih dahulu dan diganti dengan potensiometer sebesar 10 K Ω .

4. PENGUJIAN ALAT (AUDIOMETER TEST)

Terhadap beberapa orang operator mesin pertanian dilakukan pengujian untuk melihat tingkat kehilangan pendengaran yang dialaminya. Pada tiap telinga secara bergantian diperdengarkan bunyi dengan frekuensi tertentu pada level 0 dB. Bunyi kemudian diperkuat sampai orang tersebut mulai mendengar.

Dengan melihat posisi saklar attenuator dapat diketahui berapa tingkat penguatan (dalam dB) yang harus diberikan sampai bunyi tersebut terdengar. Tingkat penguatan inilah yang dijadikan tingkat kehilangan pendengaran dari orang tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rangkaian Osilator

Rangkaian osilator yang dibentuk oleh IC LM 566 mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

- Karakteristik modulasi yang sangat linear
- Stabil terhadap perubahan temperatur
- Amplitudo sinyal keluaran konstan (bukan fungsi frekuensi)

Disamping itu frekuensi sinyal dihasilkan hanya tergantung pada catu daya, resistor dan kapasitor luar. Perubahan catu daya tidak akan berpengaruh terhadap frekuensi keluaran asalkan nilainya tidak kurang dari catu daya minimum (10 V). Dengan demikian frekuensi keluaran akan banyak tergantung pada nilai resistor dan kapasitor luar.

Pada output osilator dipasang rangkaian R-C yang membentuk konfigurasi filter lolos atas (high pass filter). Agar perubahan impedansi C5 yang merupakan fungsi dari frekuensi tidak berpengaruh terhadap amplitudo sinyal keluaran, dipilih nilai R yang cukup besar (10 K Ω). Dengan keadaan tersebut frekuensi cut-off dari rangkaian filter adalah pada 159 Hz. Nilai tersebut lebih rendah dari frekuensi terendah osilator yaitu 250 Hz. Disamping itu rangkaian ini berfungsi untuk menghilangkan tegangan dc yang ada pada sinyal keluaran osilator.

Terbatasnya nilai resistor luar ($2K\Omega - 20K\Omega$) menyebabkan dibutuhkannya 2 nilai kapasitor agar frekuensi osilator dapat memenuhi nilai yang diinginkan. Karena lebih mudah mendapatkan resistor variable dibandingkan kapasitor variabel, resistor luar menggunakan resistor variabel sedangkan kapasitor menggunakan yang berharga tetap. Perhitungan untuk menentukan nilai resistor dan kapasitor luar dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai C dan R

C (nF)	f (Hz)	R hitung (Ω)	R trimpot (Ω)
39	250	20.0 K	50 K
	500	10.0 K	20 K
	1000	5.0 K	10 K
	2000	2.5 K	5 K
10	3000	6.7 K	10 K
	4000	5.0 K	10 K
	6000	3.3 K	5 K
	8000	2.5 K	5 K

Untuk mempermudah proses kalibrasi, nilai trimpot dipilih 2 kali nilai R hasil perhitungan. Dengan nilai tersebut posisi wiper trimpot berada di tengah dengan resistansi yang lebih tepat dibandingkan dengan posisi wiper lain.

Setelah melalui rangkaian pembentuk sinus, sinyal dimasukkan pada rangkaian buffer menggunakan IC op-amp 741 dengan mode catu daya tunggal. Kapasitor pada input dan output buffer digunakan untuk memblok tegangan dc agar tidak memasuki rangkaian lainnya. Dengan nilai C input sebesar 100 nF, frekuensi terendah yang diperbolehkan adalah 15.9 Hz. Sedangkan dengan C output sebesar 10 μ F dan resistansi beban 10 K Ω , frekuensi terendahnya adalah 1.59 Hz. Penguatan dari rangkaian ini adalah 1 dengan impedansi masukan sebesar 100 K Ω . Resistor 500 K Ω digunakan untuk memberikan panjaran dc pada sinyal input. Output dari rangkaian buffer adalah sebesar 600 mV yang masih terlalu besar untuk diumpankan ke rangkaian penguat. Oleh karena itu dipasangkan rangkaian pelemah sinyal yang dibentuk dari resistor dan trimpot yang membentuk rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pelemah ini penting untuk menentukan level 0 dB. Karena level 0 dB untuk tiap frekuensi berlainan, dibutuhkan 8 buah trimpot untuk semua frekuensi yang ada.

Rangkaian osilator menggunakan 2 buah baterai tipe PP9 yang bertegangan 9 volt sehingga total tegangan yang dipakai adalah 18 volt. Penggunaan dua buah baterai ini untuk menjamin bahwa osilator masih dapat bekerja dengan normal walaupun misalnya salah satu baterai mengalami penurunan sampai setengah tegangan mula-mula.

B. Rangkaian Attenuator dan Penguat

Rangkaian attenuator dibuat dengan menggunakan rangkaian tangga resistor mengingat kesederhanaan rangkaian dibandingkan dengan jenis rangkaian lainnya. Resistor yang digunakan dari jenis metal film dengan toleransi 1% untuk menjamin nilai pembagian tegangan yang mendekati nilai perhitungan. Nilai resistor attenuator didapatkan dengan menggunakan acuan penguatan tetap sebesar 20x dari penguat. Dengan berpedoman pada hal tersebut didapatkan nilai penguatan dari 0 sampai 25 dB dengan resolusi 5 dB. Akhirnya attenuator yang terbentuk mempunyai 6 tingkat penguatan dan pemilihan tingkat - tingkat penguatan tersebut dilakukan dengan menggunakan saklar putar (rotary switch) 6 posisi. Perhitungan nilai resistor attenuator dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai resistor rangkaian attenuator

G (dB)	G (V/V)	Attenuasi	R att (Ω)
0	1.0	0.05	510
5	1.8	0.09	390
10	3.2	0.16	680
15	5.6	0.28	1200
20	10.0	0.50	2200
25	18.0	0.90	3900

$$R_{\text{total}} = 8880$$

$$R_{\text{sis}} = 1120$$

Pada Tabel 4 dapat dilihat hasil perhitungan resistor attenuator. Nilai R dipilih berdasarkan nilai yang ada di pasaran. Sedang R sisa menggunakan dua buah resistor yang dihubungkan secara seri ($1\,000\,\Omega + 120\,\Omega$).

Menurut data dari pabrik pembuatnya, LM 386 mempunyai penguatan tetap sebesar $20\times$ bila dioperasikan tanpa memakai komponen penguatan luar. Penguatan tersebut biasanya diukur pada frekuensi $1\,000\text{ Hz}$. Untuk penguatan pada frekuensi lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3. Nilai penguatan tersebut dihitung secara sederhana (V_{out} / V_{in}) tanpa memperhitungkan pengaruh perbedaan impedansinya.

Lampiran 4 menyajikan hasil pengujian attenuator dan penguat. Dari data yang terdapat pada Lampiran 4 tersebut dapat dihitung nilai ketepatan dan ketelitian dari rangkaian attenuator dan penguat. Hasil perhitungan kedua nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan contoh perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 5. Nilai ketepatan dan ketelitian yang kecil menunjukkan bahwa rangkaian attenuator dan penguat telah bekerja dengan baik. Nilai ketepatan dan ketelitian yang paling buruk adalah pada posisi 5 dB dan hal ini berkaitan erat dengan pemilihan resistor pada rangkaian attenuator

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai ketepatan dan ketelitian rangkaian attenuator dan penguat

Posisi att (dB)	Ketepatan (%)	Ketelitian (%)
0	6.4	0.33
5	10.6	0.61
10	1.9	0.33
15	4.9	0.17
20	0.9	0.06
25	1.6	0.61
Rata-rata :		0.35

C. Penentuan Ambang Pendengaran (0 dB)

Pada saat penentuan nilai ambang pendengaran rangkaian attenuator dilepas dan diganti dengan potensiometer 10 K Ω . Penggantian ini lebih memudahkan proses tersebut karena potensiometer lebih mudah diatur dibandingkan trimpot. Trimpot pelemah diletakkan pada posisi minimum sehingga hampir seluruh sinyal memasuki rangkaian penguat melalui potensiometer. Nilai output penguat pada saat ambang pendengaran telah diketahui digunakan untuk mengatur trimpot pelemah pada saat saklar attenuator pada posisi 0 dB.

Penentuan ambang pendengaran dilakukan terhadap 6 orang yang diperkirakan mempunyai pendengaran normal. Hasil rata-rata pengujian digunakan untuk menentukan level 0 dB pada tiap frekuensi. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian penentuan level 0 dB

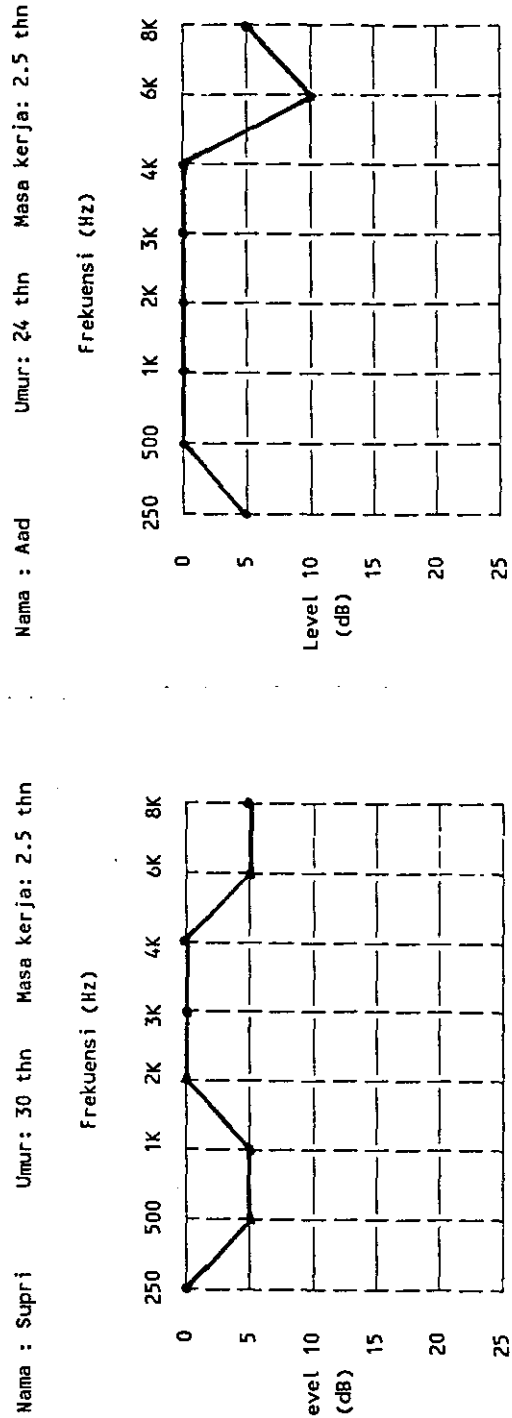
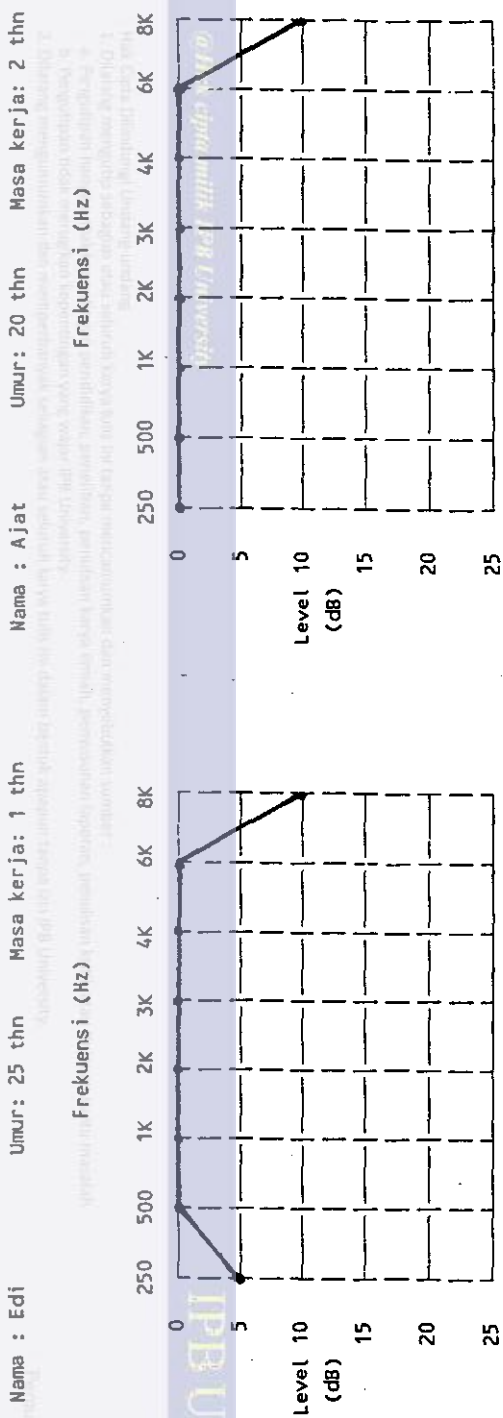
f (Hz)	No orang yang diuji						avg
	1	2	3	4	5	6	
250	0.90	0.95	0.90	0.90	0.80	0.90	0.89
500	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85	0.80	0.83
1000	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
2000	0.85	0.80	0.85	0.85	0.80	0.90	0.84
3000	0.90	0.90	0.90	0.95	0.90	0.95	0.92
4000	0.90	0.85	0.80	0.85	0.90	0.85	0.86
6000	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	0.92
8000	1.40	1.35	1.45	1.45	1.30	1.45	1.40

Catatan : - dalam satuan mV

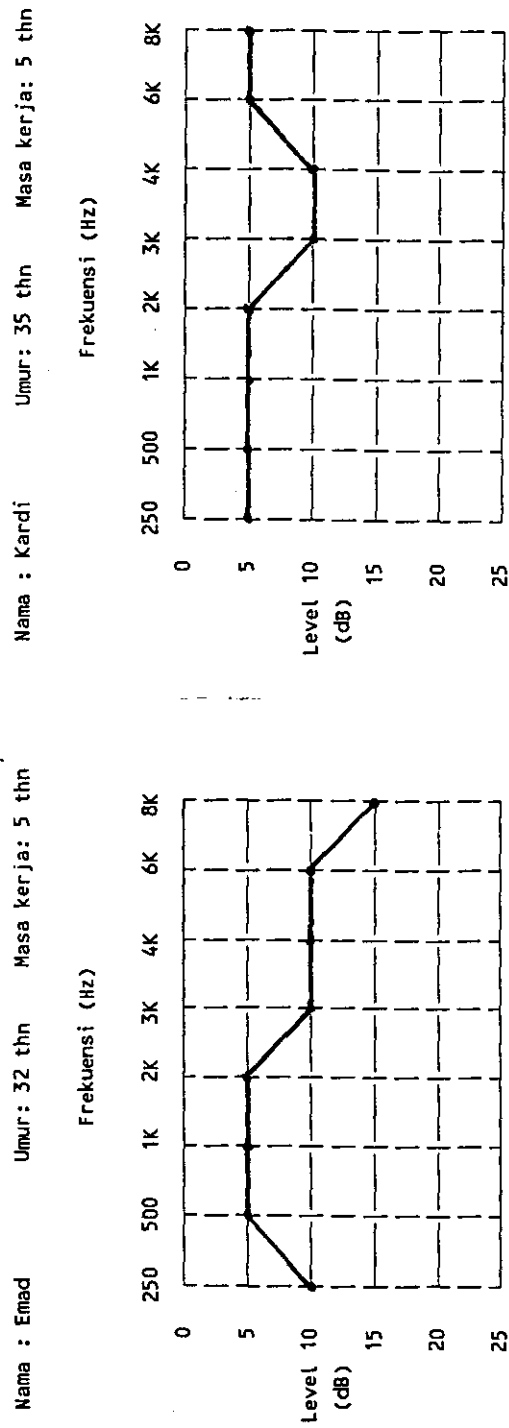
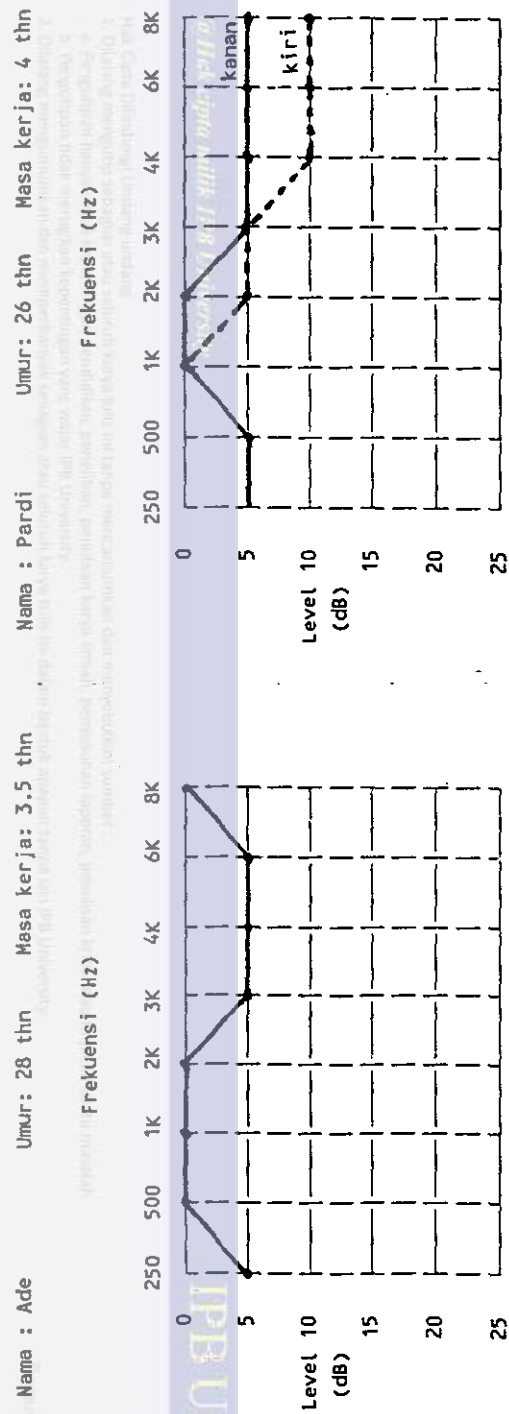
D. Pengujian Alat (Audiometer Test)

Pengujian dilakukan di 3 buah penggilingan padi terhadap 8 orang pekerjaanya yang rata-rata bekerja selama 8 jam per hari. Pengujian dilakukan pada saat mesin tidak bekerja untuk mencegah terekamnya kehilangan pendengaran yang bersifat sementara. Dua penggilingan melakukan proses penggilingan secara kontinyu sedangkan lainnya melakukan penggilingan sesuai permintaan konsumen. Hasil pengujian (audiogram) untuk operator dengan masa kerja 1 sampai 2.5 tahun dapat dilihat pada Gambar 30. Gambar 31 memperlihatkan audiogram untuko operator dengan masa kerja 3 sampai 5 tahun.

Dari audiogram-audiogram tersebut dapat dilihat adanya penurunan ambang pendengaran terutama pada pekerja dengan masa kerja 3 - 5 tahun dan bekerja secara kontinyu (4 orang). Penurunan ambang pendengaran yang terjadi



Gambar 30. Audiogram operator dengan masa kerja 1 sampai 3 tahun



Gambar 31. Audiogram operator dengan masa kerja 3 sampai 5 tahun

umumnya seragam pada kedua telinga. Hanya satu pekerja yang menunjukkan adanya penurunan ambang pendengaran yang berbeda antara telinga kiri dengan telinga kanan yang mungkin disebabkan oleh penyebab lain selain kebisingan. Penurunan umumnya terjadi pada frekuensi diatas 3 KHz sampai 6 KHz . Pekerja dengan masa kerja 5 tahun umumnya menunjukkan penurunan ambang pendengaran yang lebih besar dan terjadi pada seluruh frekuensi.

Untuk pekerja dengan masa kerja kurang dari tiga tahun, penurunan terjadi pada frekuensi - frekuensi tinggi (6 KHz dan 8 KHz) yang bervariasi antara 5 sampai 10 dB. Dua pekerja memperlihatkan penurunan pada frekuensi rendah (250 Hz). Satu pekerja lainnya mengalami penurunan pada daerah pembicaraan (1 KHz) tetapi pekerja tersebut tidak mengalami kesulitan dalam percakapan sehari-hari.

Penilaian terhadap audiogram-audiogram seperti yang dilakukan oleh Heijbel tidak dapat dilakukan pada hasil pengujian ini. Hal ini disebabkan oleh perbedaan peralatan yang digunakan. Sebagai contoh, Heijbel menetapkan pendengaran normal bila penurunan ambang pendengaran yang terjadi tidak melebihi 20 dB. Hal tersebut tidak berlaku pada audiometer ini karena attenuator yang dibuat hanya mencapai nilai 25 dB. Untuk menentukan nilai penurunan ambang maksimal tersebut perlu dilakukan analisa yang mendalam terhadap audiogram yang dihasilkan oleh audiometer ini.

E. Faktor Yang Mempengaruhi Kemampuan Alat

1. Pemilihan rangkaian osilator

Terdapat berbagai jenis osilator yang dapat dipilih dengan kekurangan dan kelebihanannya masing-masing. Kekurangan osilator yang dipakai disini adalah outputnya tidak berbentuk sinus murni tetapi hanya mendekati bentuk sinus. Kekurangan kedua adalah output yang cukup besar sehingga dibutuhkan rangkaian pelemah. Rangkaian pelemah ini akan memperburuk kualitas gelombang sinus yang dihasilkan.

2. Penentuan nilai resistor attenuator

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa resistor dipilih berdasarkan nilai yang ada di pasaran (standard). Ini akan mempengaruhi kualitas attenuator secara keseluruhan. Pemilihan resistor yang lebih presisi akan memperbaiki kualitas attenuator.

3. Pemilihan penguat

Penguat dipilih berdasarkan data teknis yang diberikan oleh pabrik pembuatnya. Data tersebut biasanya diambil pada suatu kondisi tertentu dengan menggunakan sampel yang diambil secara acak. Dengan sistem lisensi beberapa pabrik dapat membuat satu jenis IC yang sama tetapi belum ada jaminan bahwa IC tersebut akan mempunyai karakteristik yang sama pula.

4. Penentuan ambang pendengaran (0 dB)

Penentuan secara empirik banyak mempunyai kekurangan terutama menyangkut masalah obyektifitas orang yang dipilih sebagai sample. Dibutuhkan lebih dari sekedar 6 orang agar dapat memperoleh data yang dapat dipercaya.

5. Pemilihan headphone

Headphone yang ada dipasaran biasanya digunakan mendengarkan sinyal-sinyal audio dengan level yang cukup tinggi. Headphone tersebut kurang tanggap terhadap sinyal kecil dan mempunyai karakteristik yang berbeda untuk tiap frekuensi. Disamping itu impedansi dari tiap sisi headphone adakalanya berbeda dan akan menimbulkan perbedaan kekerasan pada tiap sisi headphone.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Audiometer yang telah dibuat pada penelitian ini bersifat sederhana tetapi telah memenuhi kriteria dasar audiometer yaitu terdiri dari osilator, attenuator dan penguat.
2. Frekuensi uji dari audiometer ini adalah 250, 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 dan 8 000 Hz dengan toleransi sebesar 1% untuk tiap frekuensi. Attenuator yang digunakan mempunyai selang 0 sampai 25 dB dengan resolusi 5 dB dan mempunyai nilai ketepatan dan ketelitian rata-rata sebesar 4.4% dan 0.35%.
3. Hasil pengujian terhadap 8 orang operator mesin penggilingan padi (dalam bentuk audiogram) memperlihatkan terjadinya penurunan ambang pendengaran pada 4 orng pekerja yang bekerja secara kontinyu dengan masa kerja lebih dari 3 tahun. Sedangkan 4 orang pekerja lainnya tidak memperlihatkan penurunan ambang pendengaran yang jelas.
4. Kelemahan audiometer ini terutama pada proses penentuan ambang pendengaran (level 0 dB) yang dilakukan secara empirik sehingga belum tercapai nilai 0 dB yang tepat dan baku



5. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan audio meter ini pemilihan rangkaian dan komponen penunjang seperti osilator, attenuator, penguat audio dan headphone.

B. SARAN

1. Mengingat pengaruh kebisingan terhadap pendengaran operator maka perlu adanya pemeriksaan pendengaran (audiometer test) yang dilakukan secara periodik dan pencegahannya yaitu penggunaan pelindung telinga yang memadai.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut perlu dilakukan desain modifikasi audiometer dengan menggunakan komponen yang lebih baik dan menggunakan cara penentuan ambang pendengaran yang lebih dapat dipercaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Berlin, H. M. 1978 . The Design of Op-Amp Circuits, with Experiment. Terjemahan. Penerbit Binatronika, Jakarta
- Gadjahnata, K. H. O. 1989 . Biologi Kedokteran I . Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB, Bogor.
- Heijbel, C. A. 1969. Practical Experience of Hearing Coservation in Industry. AB R. S. Tullberg, Klippan, Sweden
- Hill, W. R. 1961 . Electronic in Engineering. Mc Graw Hill Book Company, New York, USA.
- Horn, D. T. 1985 . Designing IC Circuit with Experiment. TAB Book Inc., London, England.
- Horowitz, P. dan W. Hill. 1980 . The Art of Electronic. Cambridge University Press, Cambridge, USA.
- King, R. dan J. Magid. 1979 . Industrial Hazard and Safety Handbook. Butterworth and Co. LTD., London, England.
- Loveday, G. C. 1982. Electronic Fault Diagnosis, Pitman Publishing Ltd., London, England.
- Markus, J. 1982 . dalam Mc Graw Hill Encyclopedia of Science and Technology. Mc Graw Hill Book Company, New York, USA.
- Mc Cormick, E. J. dan M. S. Sanders. 1982 . Human Factor in Engineering and Design. Tata Mc Graw Hill Book Publishing Company LTD., New Delhi, India.
- Mc Donald. 1975 . Physic for Life and Health Science. Addison Wesley, Massachusetts, USA.
- Melnick, W. 1978 . Temporary and Permanent Treshold Shift . dalam D. M. Lipscomb (ed.). Noise and Audiology. Universitas Park Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Mills, J. H. 1978 . Effect of Noise on Young and Old People. dalam D. M. Lipscomb (ed.). Noise and Audiology. University Park Press, Baltimore, Maryland, USA.

The Occupational Safety and Health Administration. 1970 .
Occupational Safety and Health Act. dalam C. E.
Wilson. Noise Control. Harper and Row Publisher
Inc., New York, USA.

Savant, C. J., M. S. Roden dan G. L. Carpenter. 1987 .
Electronic Circuit Design. The Benjamin Cumming
Publishing Inc., Menlopark, California, USA.

Sears, F. W. 1962 . Mechanic , Heat and Sound. Addison
Wesley Co. Inc., Massachusetts, USA.

Spence, A. P. 1986 . Basic Human Anatomy. The Benjamin
Cumming Publishing Company Inc., Menlopark,
California, USA.

Smith, K. U. 1982 . dalam Mc Graw Hill Encyclopedia of
Science and Technology. Mc Graw Hill Book Company,
New York, USA.

Wilson, C. E. 1989 . Noise Control . Harper and Row
Publisher, New York, USA.



Hak Cipta Ditanggung Undang-undang

1. Dilindungi masyarakat sebagai cipta dan haknya bagi IPB University dan masyarakat umum.

2. Penggunaan haknya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan untuk masalah.

3. Penggunaan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

4. Dilindungi masyarakat dan masyarakat sebagai cipta dan haknya bagi IPB University.

L A M P I R A N



Lampiran 1. Perhitungan nilai C dan R luar

Frekuensi osilator dihitung dengan rumus :

$$f_{osc} = \frac{2(V_{cc} - V_r)}{V_{cc} \cdot R \cdot C} \quad \text{dimana :}$$

f_{osc} = frekuensi osilasi (Hz)
 V_{cc} = tegangan catu daya (volt)
 R = resistor luar (ohm)
 C = kapasitor luar (farad)

Dengan mengambil $2(V_{cc}-V_r)/V_{cc} = 0.2$ dimana $V_r = 0.91 \cdot V_{cc}$, rumus dapat diserhanakan menjadi :

$$f_{osc} = \frac{0.2}{R \cdot C}$$

Untuk nilai $R_{max} = 20 \text{ K}\Omega$ dan $f_{min} = 250 \text{ Hz}$, nilai C_1 adalah :

$$C_1 = \frac{0.2}{20\text{K} \times 250\text{Hz}} = 4 \times 10^{-8} \approx 39 \text{ nF}$$

Dengan $C_1 = 39 \text{ nF}$ nilai f_{max} dan f_{min} adalah :

$$f_{max} = \frac{0.2}{20\text{K} \times 39\text{nF}} = 256.4 \text{ Hz}$$

$$f_{min} = \frac{0.2}{2\text{K} \times 39\text{nF}} = 2564 \text{ Hz}$$

Jadi C_1 adalah untuk frekuensi 250 - 2000 Hz.

Dengan cara perhitungan yang sama untuk $R_{max} = 20 \text{ K}\Omega$ dan $f_{min} = 1 \text{ 000 Hz}$ maka nilai C_2 adalah sebesar 10 nF dengan frekuensi maksimum 10 000 Hz. C_2 untuk frekuensi 3 000 sampai 8 000 Hz. Dengan menggunakan rumus yang sama akan didapat nilai R yang dibutuhkan.



Lampiran 2. Perhitungan rangkaian attenuator

Rumus penguatan tegangan dalam satuan dB adalah :

$$A_v = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \text{ dB}$$

dengan asumsi tegangan bekerja pada impedansi yang sama.

Dengan memperhatikan komponen perbandingan tegangan, dapat diketahui berapa pelemahan tegangan masukan oleh attenuator dihubungkan dengan nilai penguatan penguat. Impedansi total attenuator adalah 10 K Ω , dari sini dapat dihitung nilai tiap resistor dengan menggunakan rumus pembagi tegangan. Contoh perhitungan :

Untuk 0 dB, perbandingan tegangan (V_{out}/V_{in}) adalah 1. Pelemahan (atenuasi) yang harus dilakukan adalah 1/20 kali agar sinyal hanya diperkuat 1 kali. Dengan rumus pembagian tegangan nilai R attenuatornya adalah :

$$\begin{aligned} R &= (R_{\text{total att}} \times \text{faktor pelemahan}) - (\Sigma R_{\text{att awal}}) \\ &= (10\,000 \times (1/20)) - 0 = 500 \approx 510 \, \Omega \end{aligned}$$

Untuk 5 dB, perbandingan tegangan 1.8, pelemahan = 1.8/20

$$R = (10\,000 \times (1.8/20)) - (0 + 510) = 390 \, \Omega$$

Lampiran 3. Tabel perhitungan penguatan penguat audio

f osc (Hz)	Vin (V)	Vout(V)	Gain (-)
250	0.001	0.018	18.0
	0.05	0.975	19.5
500	0.001	0.018	18.0
	0.05	0.975	19.5
1000	0.001	0.020	20.0
	0.05	1.050	21.0
2000	0.001	0.019	19.0
	0.05	1.050	21.0
3000	0.001	0.019	19.0
	0.05	1.025	20.5
4000	0.001	0.019	19.0
	0.05	1.025	20.5
6000	0.001	0.018	18.0
	0.05	0.975	19.5
8000	0.001	0.018	18.0
	0.05	0.975	19.5
Gain rata-rata =			19.375

Lampiran 4. Tabel hasil pengujian attenuator dan penguat

f (Hz)		Posisi attenuator					
		0	5	10	15	20	25
250	Vout	1.3	2.4	4.3	7.8	14.0	24.8
	G	0.9	1.7	3.1	5.6	10.0	17.7
500	Vout	1.3	2.4	4.4	7.8	14.0	25.0
	G	0.9	1.7	3.1	5.6	10.0	17.9
1000	Vout	1.4	2.5	4.5	8.0	14.5	25.5
	G	1.0	1.8	3.2	5.7	10.1	18.2
2000	Vout	1.4	2.4	4.5	8.0	14.5	25.0
	G	1.0	1.7	3.2	5.7	10.1	17.9
3000	Vout	1.4	2.4	4.5	8.0	14.0	25.0
	G	1.0	1.7	3.2	5.7	10.0	17.9
4000	Vout	1.3	2.3	4.4	8.0	14.0	25.0
	G	0.9	1.6	3.1	5.7	10.0	17.9
6000	Vout	1.3	2.4	4.4	7.8	14.0	25.0
	G	0.9	1.7	3.1	5.6	10.0	17.9
8000	Vout	1.3	2.3	4.3	7.6	14.0	25.0
	G	0.9	1.6	3.1	5.4	10.0	17.9
G rata rata		0.94	1.69	3.14	5.63	10.01	17.91

Catatan : - Vin = 1.4 mV
 - Satuan Vout = mV

Lampiran 5. Perhitungan nilai ketepatan dan ketelitian rangkaian attenuator dan penguat

Untuk menentukan ketepatan digunakan rumus :

$$\text{Ketepatan} = \frac{|\text{Deviasi maks thd harga ukur rata-rata}|}{\text{Harga ukur rata-rata}}$$

Harga ukur rata rata didapat dari harga G (penguatan pada Lampiran 4). Perhitungan dilakukan untuk tiap posisi attenuator. Contoh :

Untuk posisi attenuator pada 0 dB :

$$\text{Ketepatan} = \frac{0.06}{0.94} \times 100 \% = 6.4\%$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung ketelitian adalah :

$$\text{Ketelitian} = \frac{\text{Deviasi ukur}}{\text{Simpangan skala penuh}}$$

Deviasi ukur didapat dengan menghitung selisih antara perbandingan tegangan yang diinginkan dengan perbandingan tegangan hasil pengukuran. Sedangkan simpangan skala penuh yang digunakan adalah perbandingan tegangan yang diinginkan pada posisi attenuator maksimum (25 dB).

Contoh : Untuk posisi attenuator 0 dB :

$$\text{Ketelitian} = \frac{(1.0 - 0.94)}{18} \times 100 \% = 0.33 \%$$

Lampiran 6. Tabel perbandingan nilai 0 dB percobaan dengan nilai dB pada skala dB AC milivoltmeter

frekuensi (Hz)	Nilai 0 dB (mV)	Nilai pada skala dB (dB)
250	0.89	- 40.0
500	0.83	- 40.6
1 000	0.85	- 40.4
2 000	0.84	- 40.5
3 000	0.92	- 39.8
4 000	0.86	- 40.3
6 000	0.92	- 39.8
8 000	1.42	- 36.0

Catatan : - pada beban 8 Ω referensi 0 dB adalah sebesar 89.4 mV

Lampiran 7. Data IC 741

National Semiconductor

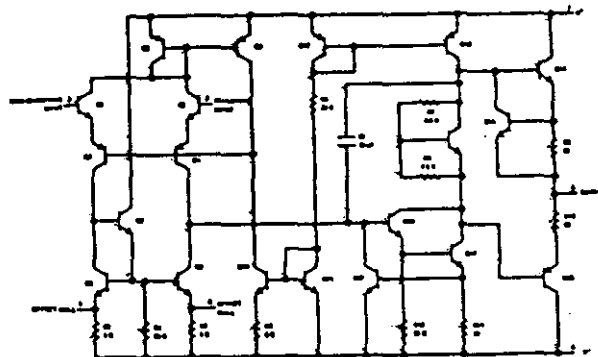
IC LINIER

LM 741/LM 741A/LM 741C/LM 741E
Penguat Operasi (Operational Amplifier)

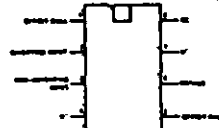
Penjelasan umum

Seri LM 741 adalah penguat operasi untuk keperluan umum yang penampilannya lebih baik dari standar industri seperti LM 709. Mereka dalam banyak penerapan dapat dengan langsung menggantikan LM 709C, LM 201, MC 1439 dan 748. Penguat-penguat itu memiliki sifat-sifat yang membuat penerapannya hampir tak dapat gagal: proteksi beban lebih di masukan maupun di keluaran, tidak macet kalau jangkah ragam tunggal dilampaui, dan juga tidak akan berguncang.

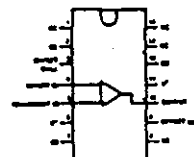
LM 741C/LM 741E adalah identik dengan LM 741/LM 741A terkecuali bahwa LM 741C/LM 741E penampilannya terjamin dalam jelajahan suhu antara 0° C hingga +70° C, dan tidak dalam -55° C hingga +125° C.



Kemasan Baris-berdua (DIL)



Kemasan Baris-berdua (DIL)



Tarif Maksimum Mutlak

	LM 741A	LM 741E	LM 741	741
Tegangan catu	±22 V	±22 V	±22 V	±18 V
Borosan daya	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Tegangan masukan diferensial	±30 V	±30 V	±30 V	±30 V
Tegangan masukan Lama hubungsingkat keluaran	±15 V	±15 V	±15 V	±15 V
Jelajahan suhu operasi	-55° C hingga +125° C	0° C hingga +70° C	-55° C hingga +125° C	0° C hingga +70° C
Jelajahan suhu simpan	-65° C hingga +150° C	-65° C hingga +150° C	-65° C hingga +150° C	
Suhu timah (Penyolderan 10 detik)	300° C	300° C	300° C	300° C

Lampiran 7. (lanjutan)

IC LINIER

National Semiconductor

Karakteristik elektrik

PARAMETER	CONDITIONS	LM741/LM741E			LM741			LM741C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mV
	$R_1 = 10\text{ k}\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_2 = 50\text{ k}\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$										mV
	$R_2 = 50\text{ k}\Omega$		4.0						7.5		mV
Average Input Offset Voltage Drift	$R_2 = 10\text{ k}\Omega$					6.0					$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
			15								
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = -20\text{V}$	-10			-15			-15			mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		10	30		20	200		20	200	nA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$		10			85	500		300		nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		20	80		80	500		80	500	nA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$			0.710		1.5			0.8		nA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = -20\text{V}$	1.0	5.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	0.5									M Ω
	$V_S = -20\text{V}$										
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$										V
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$				-12	-13		-12	-13		V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$										V/mV
	$V_S = -20\text{V}$ $V_O = -15\text{V}$	50									V/mV
	$V_S = -15\text{V}$ $V_O = -10\text{V}$				50	200		20	200		V/mV
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$										
	$R_L = 2\text{ k}\Omega$										
	$V_S = -20\text{V}$ $V_O = -15\text{V}$	32									V/mV
	$V_S = -15\text{V}$ $V_O = -10\text{V}$				25			15			V/mV
	$V_S = -15\text{V}$ $V_O = -2\text{V}$	10									V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = -20\text{V}$										V
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	16									V
	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	15									V
	$V_S = -15\text{V}$										
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$				-12	-14		-12	-14		V
Output Short-Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$	10	25	15		25			25		mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$										dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_2 = 10\text{ k}\Omega$ $V_{\text{CM}} = 12\text{V}$				70	90		70	90		dB
	$R_2 = 50\text{ k}\Omega$ $V_{\text{CM}} = 12\text{V}$										dB
	$R_2 = 10\text{ k}\Omega$	80	95								dB
Transient Response	$T_A = 25^\circ\text{C}$ Unity Gain										
	Rise Time		0.25	0.8		0.3			0.3		μs
	Overshoot		6.0	20		5			5		%
Bandwidth	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								Hz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$ Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$				1.7	2.8		1.7	2.8		mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mW
	$V_S = -20\text{V}$		80	150							mW
	$V_S = -15\text{V}$				50	85		50	85		mW
LM741A	$V_S = -20\text{V}$										mW
	$T_A = T_{\text{MIN}}$			165							mW
	$T_A = T_{\text{MAX}}$			125							mW
LM741E	$V_S = -20\text{V}$			150							mW
	$T_A = T_{\text{MIN}}$			150							mW
	$T_A = T_{\text{MAX}}$			150							mW
LM741	$V_S = -15\text{V}$										mW
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				60	100					mW
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				45	75					mW

Lampiran 8. Data dan aplikasi IC LM 386

IC LINIER

National Semiconductor

LM 386

Penguat Daya Audio Tegangan Rendah (Low Voltage Audio Power Amplifier)

Penjelasan Umum

LM 386 adalah sebuah penguat daya yang dirancang untuk digunakan dalam penerapan yang mengonsumsi tegangan rendah. Secara intern, penguatan distel pada 20, guna mengecilkan banyaknya komponen ekstern; namun dengan ditambahkan sebuah resistor dan kondensator di antara pena 1 dan 8 akan dapat menaikkan penguatan sampai 200.

Jalan masuknya diacukan kepada bumi, sedangkan keluarannya diberi panjaran (*bias*) secara otomatis sebesar separoh tegangan catu. Pemakaian daya stasioner hanyalah 24 miliwatt bila beroperasi dari tegangan catu 6 volt. Ini membikin LM 386 memenuhi idaman untuk dioperasikan dari baterai.

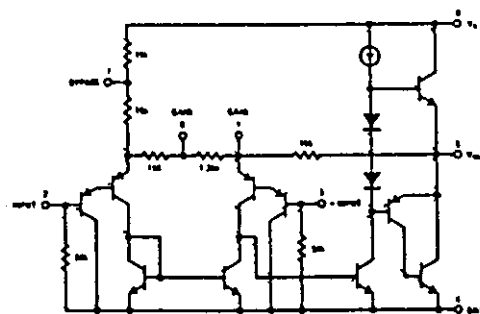
Sifat-sifat

- Pengoperasian dari baterai
- Bagian-bagian ekstern yang minim
- Jangkah catuan yang lebar, 4 V—12 V atau 5 V—18 V
- Arus stasioner yang rendah, 4 mA
- Penguatan tegangan antara 20 hingga 200
- Masukan mengacu pada bumi
- Tegangan stasioner keluaran yang menyendiri
- Cacat rendah
- Kemasan DIL 8 pena

Tarif maksimum mutlak

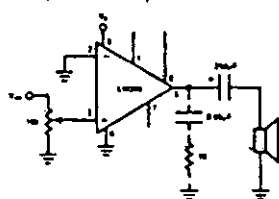
Tegangan catu (LM 386N)	15 V
Tegangan catu (LM 386N-4)	22 V
Borosan kemasan (Catatan 1) (LM 386A)	1,25 W
Borosan kemasan (Catatan 2) (LM 386)	660 mW
Tegangan masukan	$\pm 0,4$ V
Suhu simpan	-65° C hingga +150° C
Suhu operasi	0° C hingga +70° C
Suhu pertemuan	+150° C
Suhu timah (penyolderan 10 detik)	+300° C

Diagram koneksi dan skema yang setara

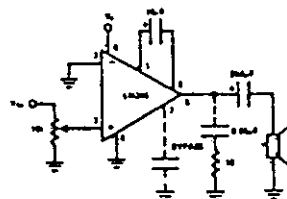


Penerapan lumrah

Penguat dengan penguatan = 20
Komponen-komponen minim



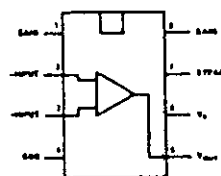
Penguat dengan penguatan = 200



Penerapan

- Penguat dalam radio AM-FM
- Penguat tentengan untuk perekam pita
- Interkom
- Sistem bunyi televisi
- Penggerak saluran
- Penggerak ultrason
- Penggerak stereo kecil
- Konverter daya

Kemasan DIL



Tampak atas

Lampiran 8. (lanjutan)

National Semiconductor

IC LINIER

Karakteristik elektrik $T_A = 25^\circ \text{C}$

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Supply Voltage (V_S)					
LM386		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_Q)	$V_S = 6\text{V}, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1	$V_S = 6\text{V}, R_L = 8\Omega, \text{THD} = 10\%$	250	325		mW
LM386N-2	$V_S = 7.5\text{V}, R_L = 8\Omega, \text{THD} = 10\%$	400	500		mW
LM386N-3	$V_S = 9\text{V}, R_L = 8\Omega, \text{THD} = 10\%$	500	700		mW
LM386N-4	$V_S = 16\text{V}, R_L = 32\Omega, \text{THD} = 10\%$	700	1000		mW
Voltage Gain (A_V)	$V_S = 6\text{V}, f = 1\text{kHz}$		26		dB
	10 μF from Pin 1 to 8		46		dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6\text{V}$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6\text{V}, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{mW}$ $f = 1\text{kHz}$, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6\text{V}, f = 1\text{kHz}, C_{VRRAS} = 10\mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		k Ω
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_S = 6\text{V}$, Pins 2 and 3 Open		250		nA

Catatan 1: Untuk dioperasikan dalam suhu lingkungan di atas 25°C , maka peranti perlu ditarifkan berdasarkan suhu pertemuan maksimum 150°C dan resistansi termik 100°C/W antara pertemuan-lingkungan.

Catatan 2: Untuk dioperasikan dalam suhu di atas 25°C , maka peranti perlu ditarifkan berdasarkan suhu pertemuan maksimum 150°C dan perlawanan termik sebesar 187°C/W antara pertemuan dan lingkungan.

Petunjuk dalam penerapan

Pengatur penguatan (Gain control)

Untuk membikin LM 386 menjadi penguat yang serbaguna, maka tersedialah dua pena (1 dan 8) untuk pengaturan penguatan. Kalau pena-pena 1 dan 8 tinggal terbuka, resistor $1,35\text{ k}\Omega$ menaruh penguatan pada 20 (26 dB). Kalau antara pena 1 dan 8 dipasang kondensator, jadi menjajari resistor $1,35\text{ k}\Omega$ tersebut, maka penguatan akan mencapai 200 (46 dB). Kalau kondensator itu didereti resistor, maka penguatan akan dapat ditentukan pada sebarang harga antara 20 dan 200. Pengaturan penguatan akan dapat juga dilaksanakan dengan menerapkan ko-

pling resistor (atau FET) dari pena 1 ke bumi.

Komponen-komponen eks-tern tambahan akan dapat diijarkan pada resistor umpanbalik intern guna menyesuaikan penguatan dan tanggapan frekuensi untuk keperluan penerapan per-وران.

Misalnya saja: kita dapat mengompensasi tanggapan bass yang kurang baik yang ada pada sebuah pengeras suara, dengan jalan memberi bentuk tertentu kepada jalaran umpanbalik. Ini dilakukan dengan deretan RC dari pena 1 ke pena 5 (menjajari resistansi intern $15\text{ k}\Omega$). Untuk memperoleh tonjolan bass 6 dB efektif: R adalah ca. $15\text{ k}\Omega$. Harga ter-kecil untuk pengoperasian yang stabil adalah $R = 10\text{ k}\Omega$ kalau pena 8 terbuka. Kalau

pena 1 dan 8 dijajari, maka R sekecil sampai $2\text{ k}\Omega$ dapat dipakai. Pembatasan ini perlu, sebab penguat hanyalah terkompensasi untuk penguatan ikal tertutup yang besar dari 9.

Panjaran jalanmasuk

Skema mengemukakan bahwa kedua jalanmasuk dibumikan dengan resistor $50\text{ k}\Omega$. Arus basis di transistor masukan adalah kira-kira 250 nA , jadi pada jalanmasuk ada kira-kira $12,5\text{ mV}$ kalau dibiarkan terbuka. Kalau resistansi-dalam dc dari sumber yang menggerakkan LM 386 ada lebih tinggi dari $250\text{ k}\Omega$ maka ini akan memberi iuran kecil saja kepada selisih statis (*offset*) tambahan (ca. $2,5\text{ mV}$ di jalanmasuk, 50 mV di jalkeluar). Kalau resistansi-dalam dc

Lampiran 8. (lanjutan)

IC LINIER

National Semiconductor

tersebut ada sebesar kurang dari 10 k Ω , maka kalau jalanmasuk yang takterpakai dibumikan, akan mengecilkan *offset* (ca. 2,5 mV di jalanmasuk, 50 mV di jalankeluar). Kalau harga resistansi dc berada di antara kedua harga tersebut, maka **selisih statis (*offset*)** yang berlebihan dapat ditiadakan dengan memasang sebuah re-

sistor antara jalanmasuk yang takterpakai dan bumi; besar resistor ini sama dengan besar resistansi dalam sumber isyarat. Tentu saja semua persoalan *offset* akan hilang kalau jalanmasuk dikopelkan secara kapasitas. Kalau LM 386 dipakai dengan penguatan lebih tinggi (dengan memintasi resistor 1,35 k Ω antara pena 1 dan 8)

maka perlulah jalanmasuk yang takterpakai dipintasi dengan demikian terengskalah pendegradasian penguatan dan kemungkinan kegoyahan. Hal ini dilakukan dengan kondensator 0,1 μ F atau hubungsingkat ke bumi, tergantung pada resistansi-dalam dc di jalanmasuk yang digerakkan.

Lampiran 9. Data IC regulator tipe 78xxx

National Semiconductor

IC LINIER

LM 78XX

Regulator Tegangan Positif dengan 3-terminal
(3-terminal Positive Voltage Regulator)

Penjelasan Umum

Seri LM 78XX adalah regulator dengan tiga terminal. Dapat diperoleh dengan berbagai tegangan tetap, jadi demikian dapat digunakan dalam jelajahan penerapan yang lebar. Salah satu penerapan adalah peregulasian lokal tanpa terlibat dalam persoalan-persoalan yang menyangkut peregulasian titik tunggal.

Tegangan-tegangan yang diperoleh dari padanya memungkinkan regulator untuk dipakai dalam sistem-sistem logika, instrumentasi, HiFi, dan kelengkapan elektronik zatpadat lain. Meskipun semula dirancang sebagai regulator tegangan tetap, namun akan dapat juga diperoleh tegangan-tegangan dan arus-arus yang dapat distel-stel dengan tambahan komponen ekstern.

LM 78XXC

Seri LM 78XXC dapat diperoleh dalam kemasan TO-3 aluminium, yang boleh mengeluarkan arus lebih dari 1,0 A asalkan dilengkapi pembenam panas (*heat sink*) yang berpadanan. Disertai pula pembatas arus guna membatasi arus keluaran puncak pada harga yang aman. Juga dilengkapi pengamanan bagi daerah aman untuk transistor akhir, guna membatasi borosan (disipasi) daya intern. Kalau borosan daya intern menjadi terlampau tinggi bagi benaman panas yang dikenakan, maka rangkaian penindas termik mengambil-alih dan mencegah IC menjadi terlampau panas.

Sudah cukup diusahakan agar regulator seri LM 78XXC mudah dipakai, dan meminimkan komponen-komponen tambahan ekstern. Tidaklah perlu memintas (*bypass*) jalankeluar, meskipun ini akan memperbaiki tanggapan kilasan (*transient response*).

Pemintasan jalankeluar diperlukan hanya kalau regulator berada jauh dari kondensator tapis pencatu daya.

Sifat-sifat

- Arus keluaran melebihi 1 A
- Pengamanan pembebanan lebih termik secara intern
- Tidak diperlukan komponen ekstern tambahan
- Ada pengamanan daerah aman untuk transistor keluaran
- Pembatas arus hubung-singkat intern
- Dapat diperoleh dalam kemasan TO-3 aluminium

Karakteristik Elektrik

Type	U_{out} (V)	78XXC	I_{out} (A)		U_{in} (V)	
			78LXX	78MXX	min.	max.
7805	5	1	0,1	0,5	7,5	20
7806	6	1	0,1	0,5	8,6	21
7808	8	1	0,1	0,5	10,6	23
7810	10	1	0,1	0,5	12,7	25
7812	12	1	0,1	0,5	14,8	27
7815	15	1	0,1	0,5	18	30
7818	18	1	0,1	0,5	21	33
7824	24	1	0,1	0,5	27,3	38

National hanya tipe-tipe 5 V, 12 V dan 15 V.

Lampiran 9. (lanjutan)

IC LINIER

National Semiconductor

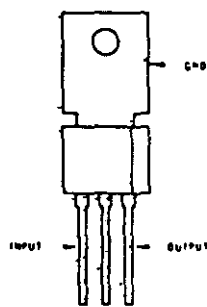
LM 78LXX

LM 78LXX dapat diperoleh dalam kemasan logam 3-kawat TO-39(H) dan kemasan plastik TO-92 (Z). Kalau dilengkapi benaman panas yang memadai, regulator dapat mengeluarkan arus 100 mA. Disertai pembatas arus guna membatasi arus keluaran puncak pada harga yang aman. Pengamanan daerah aman bagi transistor akhir keluaran juga disertakan guna membatasi borosan daya. Kalau borosan daya intern menjadi terlampaui tinggi bagi benaman panas yang disertakan, maka rangkaian penindas termik intern mengambil-alih dan mencegah IC menjadi terlampaui panas.

Sifat-sifat

- Toleransi tegangan-tegangan keluaran adalah $\pm 5\%$ (LM 78LXXAC) dan $\pm 10\%$ (LM 78LXXC)
- Arus keluaran 100 mA
- Pengamanan pembebanan lebih termik secara intern
- Pengamanan daerah aman bagi transistor akhir
- Pembatas arus hubung-singkat intern
- Dapat diperoleh dalam kemasan TO-92 plastik dan TO-39 logam

Kemasan plastik



Tampak depan

Kemasan kaleng logam

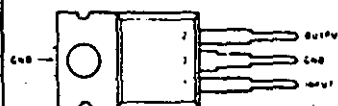
TO-3 (K)
Aluminium



Tampak bawah

Kemasan plastik

TO-220 (T)



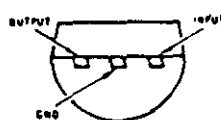
Tampak atas

Kemasan kaleng logam



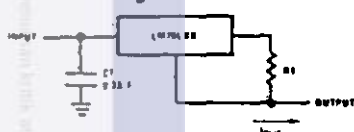
Tampak bawah

Kemasan plastik



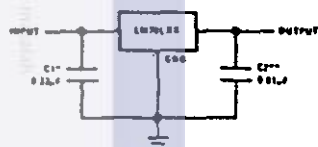
Tampak bawah

Regulator arus



$V_{out} = I_{out} R_1 + V_{ref}$
atas perubahan beban dan saluran

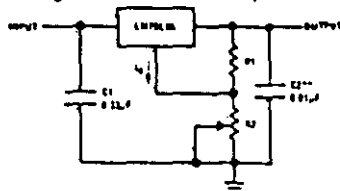
Regulator keluaran tetap



* Diperlukan bila regulator berada jauh dari kondensator tapis pencatu daya

** Lihat Catatan 3 dalam tabel karakteristik elektrik

Regulator keluaran dapat distel



$V_{out} = V_{ref} (1 + R_2/R_1) + I_{out} R_2$
Regulasi: $\Delta V_{out} = I_{out} \Delta R_2$

Lampiran 9. (lanjutan)

National Semiconductor

IC LINIER

LM 78MXX

Seri LM 78MXX dapat diperoleh dalam kemasan TO-202 plastik. Kemasan ini membolehkan peranti untuk mengeluarkan arus melebihi 0,5 A apabila dilengkapi benaman panas yang memadai. Disertai pembatas arus guna membatasi arus keluaran puncak pada harga yang aman. Pengamanan daerah aman bagi transistor akhir diberikan pula, guna membatasi borosan daya intern.

Kalau borosan daya intern menjadi terlampau besar bagi benaman panas yang

dikenakan, maka rangkaian penindas termik mengam-bilalih guna mencegah IC menjadi terlampau panas. Sudah sangat diusahakan untuk memudahkan pemakaian seri LM 78MXX, dan meminimkan penggunaan komponen-komponen ekstern tambahan. Tidakkah perlu memintasi jalankeluar, meskipun ini akan memperbaiki tanggapan kilasan. Pemintasan jalanmasuk diperlukan hanya kalau regulator berada jauh dari kondensator tapis pencatu daya.

Sifat-sifat

- Arus keluaran melebihi 0,5 A
- Pengamanan intern terhadap pembebanan lebih termik
- Tidak memerlukan tambahan komponen ekstern
- Pengamanan daerah aman bagi transistor keluaran
- Pembatas arus hubung-singkat intern
- Dapat diperoleh dalam kemasan TO-202 plastik
- Ada rangkaian-rangkaian khusus untuk menganjak (*start*), meskipun keluaran tertarik ke tegangan negatif (pencatu \pm)