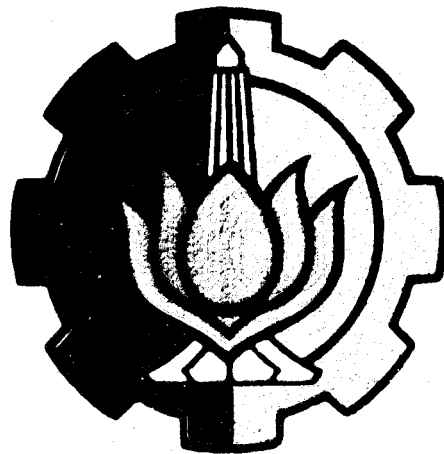


3100096007315

PELEMAH VOLUME OTOMATIS<sup>H</sup>  
DENGAN PENGUATAN TERKENDALI TEGANGAN<sup>3186 1TA</sup>

TUGAS AKHIR



RSE  
621.395  
Rah  
P-1  
1994

OLEH:

MOHAMMAD BASUKI RAHMAT

NRP. 2912240043

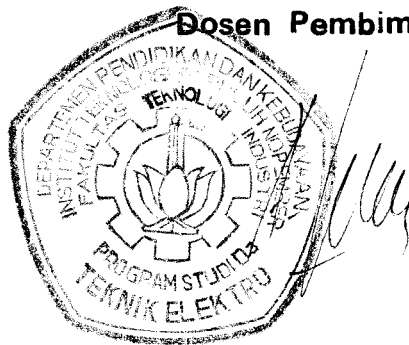
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
S U R A B A Y A  
1994

**PELEMAH VOLUME OTOMATIS  
DENGAN PENGUATAN TERKENDALI TEGANGAN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Menyelesaikan Studi  
Program Diploma III  
Pada  
Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing,**



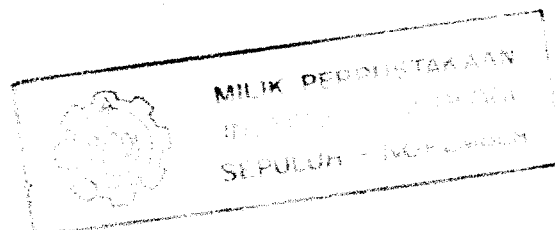
**(Ir. ACHMAD MAULUDIYANTO)**

**SURABAYA  
AGUSTUS, 1994**

## ABSTRAK

---

Didalam kehidupan sehari-hari kita tidak lepas dengan kegiatan kesenian. Kesenian itu sendiri bermacam-macam. Ada yang suka dengan seni tari, seni musik dan sebagainya. Termasuk juga seni drama/peran. Dalam seni drama kita mungkin berkeinginan mementaskan suatu drama yang diiringi dengan musik instrumental. Setiap kali pemeran berbicara, alunan musik harus diturunkan agar dialog terdengar jelas. Hal ini akan sangat melelahkan bagi operator. Oleh karena itu penggunaan alat ini dapat dijadikan sebagai pelemah/penurun volume otomatis, sehingga kerja operator dapat dimanfaatkan untuk yang lainnya. Alat inipun dapat juga digunakan apabila kita berkeinginan merekam dengan diiringi komentar disela-sela lagu atau pada broadcasting.



## KATA PENGANTAR

---

ALHAMDULILLAHIROBBILALAMIN.

Dengan berakhirnya tugas akhir ini, kami panjatkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami, sehingga tugas akhir kami yang berjudul :

“ PELEMAH VOLUME OTOMATIS DENGAN PENGUATAN  
TERKENDALI TEGANGAN ”

dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan guna menyelesaikan study pada Diploma III Program Study Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan beban kredit 4 sks.

Harapan kami, semoga penyusunan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Saran dan kritik yang membangun sangat kami hargai demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, juli 1994

Penyusun

## UCAPAN TERIMA KASIH

---

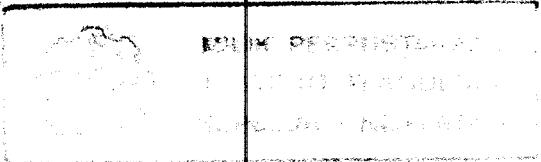
---

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih atas segala bimbingan, dorongan, nasehat dan bantuannya selama kami menyelesaikan tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. H.M. Djoko Santoso selaku ketua Jurusan program Study DIII Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak Ir. Ahmad Mauludiyanto sebagai dosen pembimbing.
3. Bapak Ir. Teguh Yuwono sebagai dosen wali.
4. Bapak Ir. Gatot Kusrahardjo sebagai kepala pengajaran.
5. Bapak Kepala Laboratorium DIII Teknik Elektro yang telah mengizinkan penyusun menggunakan sarana laboratorium.
6. Orang tua dan saudara-saudaraku tercinta.
7. Sahabatku Anton, Dwi dan Dimar yang telah banyak membantu penyusun dalam penyelesaian tugas akhir
8. Sahabat-sahabatku dan teman-teman kampus.

9. Semua pihak yang tidak sempat kami sebut, yang telah membantu kelancaran penyusunan tugas akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan kepada kami, baik dalam segi moril maupun materiil, mendapat balasan dari Allah SWT. AMIN



## DAFTAR ISI

	HALAMAN
JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Batasan masalah .....	2
1.4. Maksud dan tujuan .....	3
1.5. Sistematika Pembahasan .....	3
BAB II. OPERATIONAL AMPLIFIER .....	5
2.1. Pendahuluan .....	5
2.2. Pengertian dasar tentang Op-Amp .....	5
2.3. Karakteristik dan parameter Op-Amp .....	7
2.3.1. Impedansi masukan amat tinggi .....	7

2.3.2. Faktor penguatan	
loop terbuka amat tinggi .....	8
2.3.3. Resistensi Output = 0 .....	8
2.3.4. Arus bias masukan .....	8
2.3.5. Arus offset masukan .....	8
2.3.6. Tegangan offset keluaran.....	9
2.3.7. Tegangan offset masukan .....	9
2.3.8. Kompensasi frekuensi.....	9
2.3.9. Tanggapan frekuensi.....	10
2.3.10. Perkalian penguatan lebar jalur ( Gain Band Width Product ) .....	10
2.3.11. Derau .....	11
2.3.12. Pembatasan Listrik.....	13
2.4. Persyaratan catu daya untuk Op-Amp.....	14
2.5. Blok diagram penguatan close loop.....	14
2.6. Rangkaian dasar Operational Amplifier....	16
2.6.1. Rangkaian penguat membalik.....	16
2.6.2. Rangkaian penguat tak membalik....	18
2.6.3. Rangkaian pengikut tegangan .....	19
2.6.4. Rangkaian penguat penjumlahan tegangan (mixer).....	20
2.6.4.1. Rangkaian penguat penjumlahan tegangan dengan penguatan .....	22
2.6.4.2. Rangkaian penguat penjumlahan tegangan yang	



diskala.....	23
2.6.5. Rangkaian penguat diferensial ....	24
BAB III. ANALISA DAN PRINSIP KERJA PERALATAN .....	27
3.1. Rangkaian catu daya .....	27
3.2. Rangkaian penguat .....	28
3.3. Rangkaian mixer .....	29
3.4. Rangkaian buffer .....	31
3.5. Rangkaian penyearah .....	34
3.6. Blok diagram rangkaian dari peralatan....	35
3.7. Cara kerja peralatan .....	37
BAB IV. PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT .....	41
4.1. Pendahuluan.....	41
4.2. Hasil pengukuran .....	42
4.2.1. Hasil pengukuran rangkaian Penguat dengan penguatan 100X.....	42
4.2.2. Hasil pengukuran rangkaian Penguat dengan penguatan 28X.....	43
4.2.3. Hasil pengukuran rangkaiian buffer .....	43
4.2.4. Hasil pengukuran rangkaiian mixer.....	44
4.2.5. Hasil pengukuran rangkaian diferensial ( rangkaian penguat selisih ) .....	45

4.2.6. Penguatan yang dihasilkan.....	46
4.3. Hasil Perhitungan	
4.3.1. Rangkaian penguat penguatan 100X.....	48
4.3.2. Rangkaian penguat penguatan 28 K...	51
4.3.3. Rangkaian Buffer .....	54
4.3.4. Rangkaian penguat penjumlah (mixer) .....	55
4.3.5. Rangkaian penguat Diferensial... ..	57
 BAB V. PENUTUP .....	 60
5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran.....	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2-1. Simbol Op-Amp .....	6
2-2. Blok Diagram Op-Amp .....	7
2-3. Penguatan Tegangan dan Tanggapan Frekuensi .....	12
2-4. Blok Diagram Penguatan Close Loop .....	15
2-5. Rangkaian Penguat Membalik .....	17
2-6. Rangkaian Penguat Tak Membalik .....	19
2-7. Rangkaian Pengikut Tegangan Tak Membalik .....	20
2-8. Rangkaian Pengikut Tegangan Membalik .....	21
2-9. Rangkaian Penguat Penjumlah Tegangan .....	21
2-10. Rangkaian Penguat Penjumlah Tegangan dengan Penguatan .....	23
2-11. Rangkaian Penguat Penjumlah Tegangan yang diskala .....	24
2-12. Rangkaian Penguat Selisih Tegangan .....	25
2-13. Gain Tegangan Mode Bersama .....	26
3-1. Rangkaian catu daya .....	27
3-2. Rangkaian Penguat .....	28
3-3. Rangkaian Mixer .....	30
3-4. Rangkaian Mixer Peralatan .....	31
3-5. Rangkaian Pengikut Tegangan .....	33
3-5a. Rangkaian Pengikut Tegangan tak Membalik .....	33
3-5b. Rangkaian pengikut Tegangan Membalik .....	33

3-6.	Rangkaian Egen dengan rangkaian pengikut tegangan tak membalik .....	33
3-7.	Rangkaian Egen dengan rangkaian pengikut tegangan membalik .....	33
3-8.	Rangkaian Penyearah .....	35
3-9.	Blok Diagram Rangkaian pelemah volume otomatis .....	36
3-10.	Blok Diagram Penempatan Peralatan .....	39
3-11.	Skema Rangkaian pelemah volume otomatis .....	40
4-1.	Grafik hubungan antara tegangan kontrol dengan penguatan .....	48
4-2.	Rangkaian penguat penguatan 100 X .....	49
4-3.	Rangkaian penguat penguatan 28 X .....	51
4-4.	Rangkaian buffer .....	54
4-5.	Rangkaian mixer .....	56
4-6.	Rangkaian penguat diferensial .....	58

## DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
4-1. Hasil pengukuran penguat tak membalik penguatan 100 X.....	42
4-2. Hasil pengukuran penguat tak membalik penguatan 28 X .....	43
4-3. Hasil pengukuran rangkaian bufer .....	44
4-4. Hasil pengukuran penguat penjumlah.....	45
4-5a. Hasil pengukuran penguat diferensial.....	46
4-5b. Hasil pengukuran penguatan .....	47
4-6. Hasil perhitungan $V_{out}$ pada rangkaian penguat penguatan 100 X.....	50
4-7. Hasil tegangan output maksimum yang dihasilkan rangkaian penguat penguatan 100 x .....	51
4-8. Hasil perhitungan $V_{out}$ pada rangkaian penguat penguatan 28 X .....	53
4-9. Hasil tegangan output maksimal yang dihasilkan rangkaian penguat penguatan 28 X .....	53
4-10. Hasil perhitungan $V_{out}$ pada rangkaian buffer ...	55
4-11. Hasil perhitungan $V_{out}$ pada rangkaian Mixer ....	57
4-12. Hasil perhitungan tegangan output rangkaian penguat diferensial .....	59

### 1.1. LATAR BELAKANG

Dewasa ini perkembangan teknologi terasa semakin lama semakin maju dengan sangat pesat, terutama dalam bidang elektronika. Dengan ditemukannya semikonduktor (seperti transistor, dioda) ternyata membawa dampak yang cukup besar dalam pembuatan dan pengembangan bermacam - macam produk berteknologi tinggi. Produk - produk tersebut tidak ditujukan hanya pada satu fokus saja misal dalam bidang industri tetapi hampir semua bidang kehidupan. Tidak terkecuali peralatan - peralatan audio. Perkembangan intelektual masyarakatpun menginginkan perubahan-perubahan. Mereka menginginkan semua peralatan manual menjadi peralatan yang serba otomatis, peralatan peralatan analog menjadi peralatan yang serba digit. Demikianlah perkembangan intelektual masyarakat juga mempengaruhi kreativitas penciptaan alat.

Dalam bidang seni drama, sering kita melihat pementasan sandiwara yang diiringi/dikuti musik instrumental. Setiap kali pemeran berdialog, maka operator menurunkan volume dari musik. Seiring dengan perkembangan zaman yang menginginkan serba digit dan otomatis, hal tersebut sudah tidak efektif dan efisien

lagi. Oleh karena itu perlu ditambahkan peralatan yang dapat menggantikan kerja operator yaitu menurunkan/melemahkan volume secara otomatis.

### 1.2. PERMASALAHAN

Untuk membuat rekaman kreatif yaitu rekaman yang disela dengan komentar disela-sela lagu, atau dalam sistem Public addressing ( sapaan umum ), pada sistem broadcasting, atau dalam pementasan sandiwara yang diiringi dengan musik instrumental, maka diperlukan suatu peralatan yang dapat menggantikan kerja operator yaitu menurunkan volume sumber (tape) secara otomatis. Karena permasalahan tersebutlah maka kami mencoba merealisasikan alat tersebut.

### 1.3. BATASAN MASALAH

Dalam penyusunan tugas akhir ini diadakan batasan masalah. Hal ini bertujuan agar masalah yang dibahas dapat difokuskan, sehingga pembahasan dalam tugas akhir ini mempunyai arah yang jelas. Batasan masalah dimaksud adalah dalam :

1. Teori-teori yang dibahas pada bab teori penunjang adalah teori yang ada hubungannya dengan alat yang dibuat.

2. Fungsi dari alat. Karena aplikasi dari alat ini bermacam-macam sebagaimana dibahas dalam permasalahan, maka dibatasi hanya pada aplikasi Public Addressing dan aplikasi untuk pementasan sandiwara.

#### 1.4. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari pembuatan serta penulisan tugas akhir dengan judul " PELEMAH VOLUME OTOMATIS DENGAN PENGUATAN TERKENDALI TEGANGAN " ini disamping untuk memenuhi kredit 4 sks sebagai syarat kelulusan di Pogram Study DIII Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya adalah :

1. Agar lebih memahami dan mengerti prinsip kerja dari peralatan.
2. Mempelajari penggunaan berbagai rangkaian op-amp dalam peralatan.
3. Agar lebih mengetahui fungsi dari peralatan.

#### 1.5. SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sistematika penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab yang berisi :



- BAB I : Merupakan bab Pendahuluan dari buku Tugas akhir, meliputi : latar belakang penulisan, permasalahan, batasan masalah, maksud dan tujuan dan sistematika pembahasan.
- BAB II : Merupakan bab yang membahas tentang Operational Amplifier yaitu : pengertian dasar Op-Amp, karakteristik dan parameter Op-Amp, serta rangkaian dasar op-amp
- BAB III : Dalam bab ini dibahas mengenai analisa dan prinsip kerja rangkaian.
- BAB IV : Merupakan bab yang membahas tentang pengujian dan pengukuran peralatan yang dibuat.
- BAB V : Merupakan bab dari Penutup.

## BAB II

### OPERATIONAL AMPLIFIER (OP-AMP)

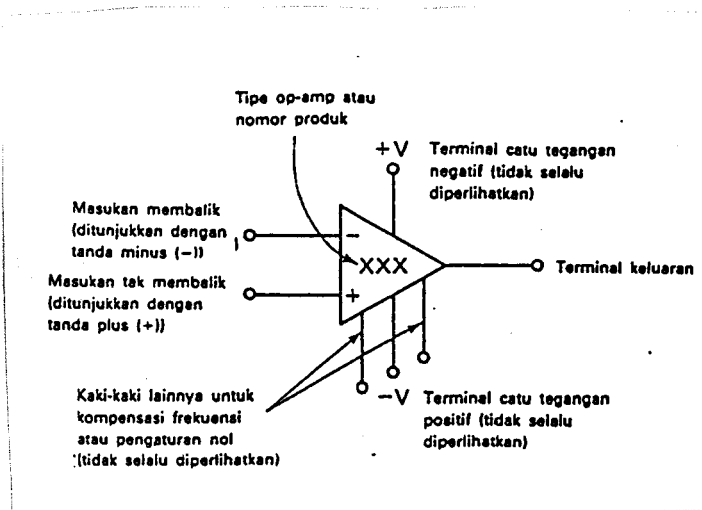
---

#### 2.1. PENDAHULUAN

OP-AMP adalah penguat stabil yang dipakai dalam operasi linier maupun non linier, dan merupakan rangkaian elektronik yang dirancang dan dikemas secara khusus sehingga dengan menambahkan komponen luar sedikit saja dapat dipakai untuk berbagai keperluan. Kombinasi rangkaian dapat dibentuk dari komponen-komponen pasif dan aktif yang berguna untuk memberikan feedback yang menentukan gain dan sebagainya.

#### 2.2. PENGERTIAN DASAR TENTANG OPERATIONAL AMPLIFIER

Dalam perkembangan elektronika dasar modern, suatu penguat differensial mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan penguat biasa. Penguat differensial memberikan fasilitas 2 input terhadap satu output. Salah satu penerapan umum dari penguat differensial adalah op-amp (operational amplifier). Simbol op-amp standard diperlihatkan pada gambar 2.1. Pada gambar 2.2 diperlihatkan blok dasar op-amp, yang mana kedua inputnya merupakan input rangkaian penguat differensial. Kemudian output differensial diberikan pada penguat

Gambar 2.1 <sup>1)</sup>.

## Simbol OP-AMP standard

linier untuk memperbesar gain dan level nol output tegangan dc.

Dari penguat linier ini akan diperbesar oleh rangkaian pengubah level, yang terakhir adalah rangkaian penguat output yang biasanya dibentuk dalam konfigurasi komplementer atau push pull amplifier.

Terminal input positif (+) disebut non-inverting karena sinyal pada output sefase dengan inputnya. Terminal input negatif (-) disebut inverting karena sinyal output berbeda fase  $180^\circ$  dengan sinyal terminal inputnya.

Tegangan output didefinisikan sebagai

<sup>1)</sup> Fredrick W. Hughes, "Panduan Op-Amp", PT. Elek Media Komputindo, Jakarta, hal. 3

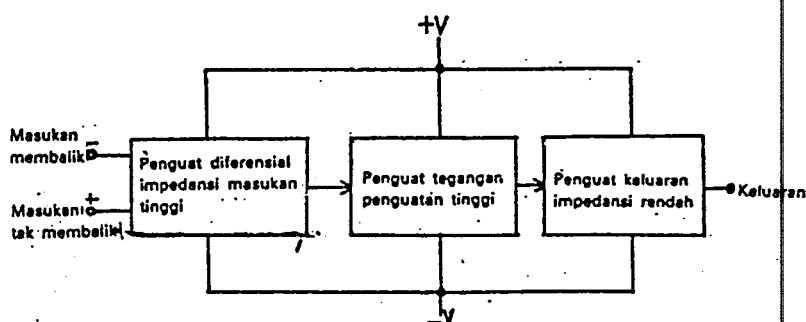
$$V_p = A ( V_p - V_n ) \dots\dots\dots(2-1)$$

dimana :

A = adalah gain open loop operational amplifier

$V_p$  = adalah tegangan terminal input (+)

$V_n$  = adalah tegangan terminal input (-)



Gambar 2.2.<sup>3)</sup>

### Blok Diagram OP-AMP

## 2.3. KARAKTERISTIK DAN PARAMETER OP-AMP

Karakteristik op-amp yang terpenting diantaranya adalah :

### 2.3.1. Impedansi masukan amat tinggi, $R_i = \infty$

Karena arus input  $I_i = V_i/R_i$ , maka jika  $R_i$  tak terhingga hal ini akan menyebabkan arus input = nol. Jadi pada

<sup>2)</sup> Noel Norris, "Aplikasi Listrik dan Elektronika", PT. Elek Media Komputindo, Jakarta, hal 100

<sup>3)</sup> Hughes., Op.Cit., hal. 2

rangkaian input sama sekali tidak ada arus yang masuk. Dengan demikian inputnya tidak akan menarik daya dari tingkat sebelumnya (yang diperlukan hanya perubahan tegangan).

### 2.3.2. Faktor penguatan lup terbuka amat tinggi ( tak berhingga ), $ACL = \infty$

Karena ada penggunaan - penggunaan tegangan output berhingga, dan  $V_o = A.E_i$  sedangkan jika  $ACL$  tak terhingga, maka perubahan sedikit saja pada inputnya akan menghasilkan perubahan yang sangat besar pada outputnya.

### 2.3.3. Resistansi output = 0

Dengan resistansi output sama dengan nol, maka tegangan output tidak akan berubah jika pada outputnya dibebani.

### 2.3.4. Arus bias masukan

Secara teoritis impedansi masukan adalah tak terhingga, sehingga seharusnya tidak ada arus masukan, tetapi kenyataannya ada sedikit arus masukan. Harga rata-rata kedua arus ini dikenal sebagai arus bias masukan. Arus ini dapat menggoyahkan kestabilan op-amp, sehingga mempengaruhi keluaran.

### 2.3.5. Arus offset masukan

Pada kedua arus masukan seharusnya sama sehingga tegangan

keluaran nol. Tetapi hal ini adalah tidak mungkin oleh karena itu perlu ditambahkan arus offset masukan untuk menjaga supaya keluaran tetap nol.

#### 2.3.6. Tegangan offset keluaran

Tegangan ini disebabkan oleh arus bias masukan. Apabila tegangan kedua masukan sama besar, tegangan keluaran op-amp akan nol volt. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan teknik penolan offset.

#### 2.3.7. Tegangan offset masukan

Op-amp ideal mempunyai tegangan keluaran nol, apabila tegangan kedua masukan nol. Akan tetapi, karena ada sedikit ketidakseimbangan dalam rangkaian akan mengakibatkan munculnya tegangan keluaran. Dengan memberikan sedikit tegangan offset pada sebuah masukan maka tegangan keluaran dapat dinolkan kembali.

#### 2.3.8. Kompensasi Frekuensi

Karena penguatan op-amp yang tinggi dan adanya pergeseran fasa antar internal, maka pada frekuensi tinggi tertentu sebagian sinyal keluaran akan diumpankan kembali kedalam masukan, sehingga terjadi isolasi. Biasanya untuk mencegah osilasi ini ditambahkan kapasitor kompensasi pada op-amp. Caranya adalah dengan menurunkan penguatan op-amp ketika frekuensi dinaikkan.

### 2.3.9. Tanggapan Frekuensi

Penguatan op-amp turun terhadap kenaikan frekuensi. Penguatan yang diberikan pabrik biasanya dinyatakan pada nol Hertz atau dc. Gambar 2.3 menunjukkan kurva penguatan tegangan terhadap tanggapan frekuensi. Dalam modus lup terbuka, penguatan turun amat cepat sejalan dengan peningkatan frekuensi. Bila frekuensi naik 10 kali maka penguatan turun menjadi 0,1 kalinya. Titik breakover terjadi pada 70,7% penguatan maksimum. Lazimnya lebar jalur dinyatakan pada titik dimana penguatan turun 70,7% dari skala maksimumnya. Karena itu, lebar jalur lup terbuka sekitar 10 Hz. Untungnya op-amp biasanya memerlukan umpan balik yang sifatnya degeneratif dalam rangkaian-rangkaian penguat. Umpan balik inilah yang memperlebar lebar jalur rangkaian. Untuk penguatan lup tertutup sebesar 100, lebar jalur meningkat sampai mendekati 10kHz. Bila penguatan diturunkan menjadi 10, maka lebar jalur akan melebar menjadi 100 kHz. Titik penguatan satu terjadi pada 1 MHz, titik ini disebut frekuensi penguatan satu.

### 2.3.10. Perkalian Penguatan Lebar Jalur (GBP)

Perkalian penguatan lebar jalur atau gain-bandwidth product sama saja dengan frekuensi penguatan satu. Sifat ini tidak hanya memberitahukan akan frekuensi atas yang bermanfaat, tetapi juga memungkinkan untuk menentukan

lebar jalur (lebar jalur frekuensi) pada suatu nilai penguatan yang diketahui. Pada gambar 2.3, diperlihatkan bahwa hasil kali antara penguatan dan lebar jalur dari suatu rangkaian tertentu, adalah frekuensi penguatan satu.

$$GBP = \text{penguatan} \times \text{lebar jalur} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$= \text{frekuensi penguatan satu}$$

$$= 100 \times 10 \text{ kHz} = 100000 \text{ Hz (1 MHz) atau}$$

$$GBP = 10 \times 100 \text{ kHz} = 100000 \text{ Hz (1 MHz)}$$

Untuk mengetahui batas atas frekuensi atau lebar jalur suatu rangkaian dengan penguatan sebesar 100 kali, dapat dicari dengan membagi frekuensi penguatan satu dengan penguatannya.

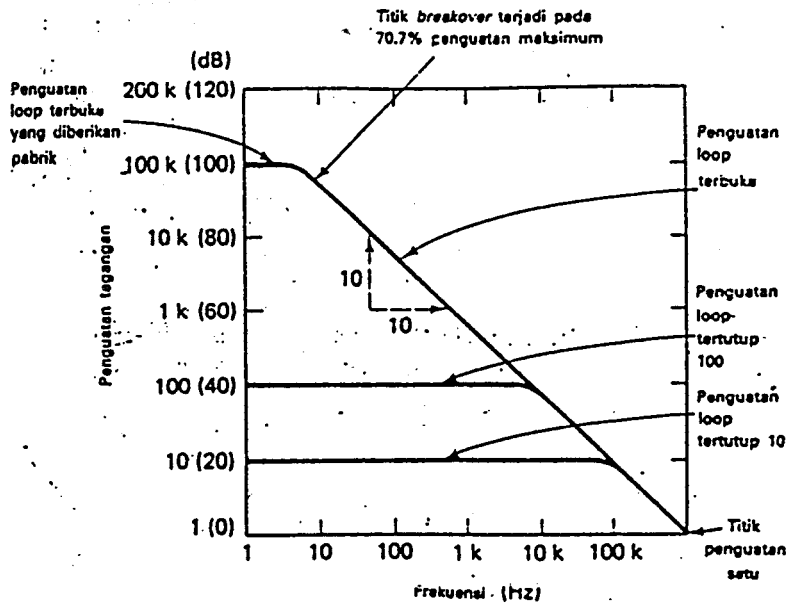
$$\text{Lebar jalur} = \frac{\text{frekuensi penguatan satu}}{\text{penguatan}} \dots\dots\dots(2-3)$$

$$BW = \frac{10000000}{100} = 10 \text{ kHz}$$

### 2.3.11. Derau

Sebagaimana rangkaian elektronika lainnya, op-amp juga peka terhadap derau. Derau luar dijangkitkan oleh piranti listrik atau berasal dari derau bawaan komponen-komponen elektronik (resistor, kapasitor, dan sebagainya) yang beroperasi dalam daerah frekuensi dari 0,01 Hz sampai





Gambar 2.3.<sup>4)</sup>

Penguatan tegangan dan tanggapan frekuensi.

beberapa MHz . Derau luar dapat ditindas dengan cara merangkai rangkaian dengan benar. Derau internal op-amp ditimbulkan oleh komponen-komponen internal, arus bias, dan juga drift. Derau-derau ini ikut diperkuat oleh op-amp, sebagaimana halnya dengan tegangan offset dan tegangan sinyal. Penguatan derau dinyatakan dalam :

$$\text{Penguatan derau} = 1 + \frac{R_f}{R_{in}} \quad \dots\dots\dots(2-4)$$

Derau internal dapat diperkecil dengan menggunakan resistor masukan seri dan resistor umpan balik sekecil

<sup>4)</sup> Hughes., Op. Cit., hal. 12  
<sup>5)</sup> Ibid., hal. 14

mungkin yang masih memenuhi persyaratan rangkaian. Permintaan resistor umpan balik dengan sebuah kapasitor kecil ( $\approx 3$  pF) juga akan menurunkan penguatan derau pada frekuensi-frekuensi tinggi.

### 2.3.12. Pembatasan Listrik

Seperti juga piranti solid-state yang lain, op-amp memiliki kendala-kendalalistrik yang tidak boleh dilanggar, agar bekerja dengan baik dan tidak terjadi kerusakan. Kendala ini disebut dengan tarif maksimum absolut.

#### 1. Catu daya ( $\pm V$ ).

Tegangan maksimum yang masih aman yang boleh dikenakan pada piranti, termasuk catu positif dan negatif.

#### 2. Disipasi Daya.

Besarnya panas yang masih aman yang dapat dilepaskan oleh piranti untuk suatu pengoperasian yang kontinyu dalam selang waktu yang diberikan.

#### 3. Tegangan maksimum differensial.

Tegangan masukan dalam batas-batas aman yang boleh diberikan diantara kedua masukan tanpa menimbulkan arus lebih.

#### 4. Tegangan masukan.

Tegangan maksimum yang masih dapat diberikan diantara terminal-terminal masukan dan bumi. Besarnya tegangan masukan ini tidak boleh melampaui tegangan catu (

umumnya 15 V ).

5. Lama hubung singkat keluaran .

Selang waktu op-amp dapat bertahan terhadap hubungsingkat langsung dari terminal keluaran ke bumi atau ke terminal catu lainnya.

6. Kisar temperatur pengoperasian .

Batas-batas temperatur penyimpanan yang masih aman, umumnya  $-65^{\circ}$  -  $150^{\circ}$ C.

7. Temperatur kaki.

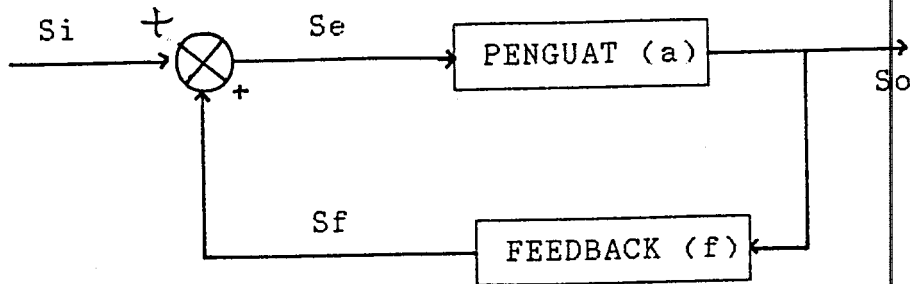
Temperatur dimana piranti dapat bertahan dalam selang waktu tertentu ketika proses penyolderan kaki-kaki terminal sedang berlangsung. Tarif ini biasanya  $300^{\circ}$  C untuk selang waktu 10 - 60 detik.

#### 2.4. PERSYARATAN CATU DAYA UNTUK OP-AMP

Op-amp pada umumnya memerlukan catu daya rangkap ( $\pm$ ), agar op-amp dapat bekerja dengan benar. Pemakaian tipe catu daya tersebut memungkinkan keluaran op-amp berayun positif atau negatif terhadap bumi.

#### 2.5. BLOK DIAGRAM PENGUATAN CLOSE LOOP

Pada gambar 2.4 diperlihatkan diagram system penguatan close loop yang terdiri dari penguat system dan feedback. Si adalah sinyal-sinyal input dan so adalah sinyal output. Jala-jala feedback menghasilkan sinyal feedback

Gambar 2.4.<sup>6)</sup>

Blok diagram system penguatan close loop

yang dikembalikan keinput. Perbedaan sinyal input dan feedback menghasilkan sinyal-sinyal error  $S_e$ , dari block diagram tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$$S_o = a \cdot S_e \dots\dots\dots (2-5)^{7)}$$

dimana  $a$  adalah transfer fungsi dari penguatan. Diasumsikan jala-jala feedback tidak amembebani penguat, maka diperoleh

$$S_f = f \cdot S_o \dots\dots\dots (2-6)$$

dimana  $f$  adalah transfer fungsi dari feedback. Dan sinyal errornya adalah :

$$S_e = S_i + S_f \dots\dots\dots (2-7)$$

<sup>6)</sup> Norris, Op. Cit., hal. 105

<sup>7)</sup> Ibid., hal. 107

dengan mensubstitusikan persamaan 2-6 dan 2-7 ke dalam persamaan 2-5, maka diperoleh hubungan output dan input :

$$\frac{S_o}{S_i} = \pm \frac{a}{1 + af} \quad \text{atau} \dots\dots\dots(2-8)$$

$$\frac{S_o}{S_i} = \pm \frac{1}{(1/a) + f} \quad \dots\dots\dots(2-9)$$

dimana tanda ( $\pm$ ) menunjukkan apakah positif feedback atau negatif feedback. Apabila penguatan  $a$  sangat besar, maka faktor  $(1/a)$  dapat diabaikan sehingga persamaan menjadi :

$$\frac{S_o}{S_i} = \pm \frac{1}{f} \quad \dots\dots\dots(2-10)$$

sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa penguatan close loop apabila penguatan sangat besar maka perbandingan output dari input hanya dipengaruhi jala-jala rangkaian feedback.

## 2.6. RANGKAIAN DASAR OP-AMP

### 2.6.1. Rangkaian Penguat Membalik

Cara untuk memperbesar suatu sinyal dengan memasukkan sinyal ke input inverting dan input non inverting ditanahkan dinamakan mode inverting (membalik). Sinyal output pada cara ini fasa atau polaritasnya berlawanan dengan input, artinya bila tegangan input

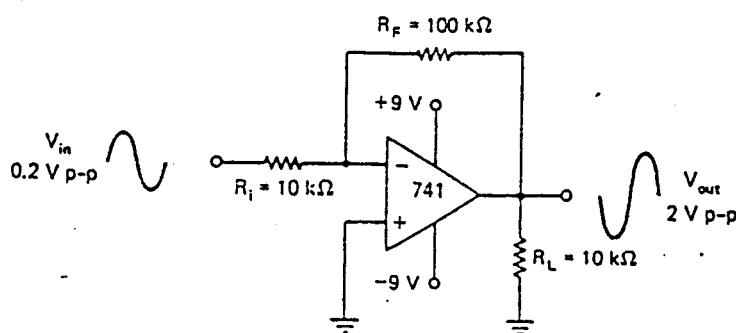
semakin positif maka tegangan outputnya semakin negatif. Biasanya pada input diberi tanda(-) pada lambangnya untuk menyingkat inverting. Rangkaian penguat membalik dapat dilihat pada gambar 2.5. Persamaan faktor penguatan untuk rangkaian ini adalah :

$$A_v = - R_f/R_{in} \quad \text{.....(2-11)}$$

tanda negatif berarti polaritasnya terbalik atau berlawanan fasa. Penguatan tegangan rangkaian ditentukan menurut :

$$A_v = V_{out}/V_{in} \quad \text{.....(2-12)}$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= -(A_v \cdot V_{in}) \text{ atau} \\ &= -(R_f/R_{in}) \cdot V_{in} \quad \text{.....(2-13)} \end{aligned}$$



Gambar 2.5.<sup>9)</sup>

Rangkaian penguat membalik

<sup>8)</sup> Hughes, Op. Cit., hal. 40  
<sup>9)</sup> Ibid., hal. 40

### 2.6.2. Rangkaian Penguat Tak Membalik

Cara untuk memperbesar suatu sinyal dengan memasukkan sinyal ke input non inverting, dan input inverting ditanahkan (netralkan) dinamakan mode non inverting (tak membalik). Sinyal output pada cara ini fasa atau polaritasnya akan sama dengan sinyal input, artinya jika tegangan input semakin positif maka tegangan output juga semakin positif. Biasanya pada input diberi tanda (+) pada lambangnya untuk mempersingkat istilah non inverting. Rangkaian penguat tak membalik dapat dilihat pada gambar 2.6. Penguatan tahapan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A_v = V_{out}/V_{in} \dots\dots\dots(2-14)$$

$$V_{in} = R_{in} / ( R_f + R_{in} ) \times V_{out} \dots\dots\dots(2-15)$$

$$\frac{V_{in}}{V_{out}} = \frac{R_{in}}{R_f + R_{in}} \dots\dots\dots(2-16)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_f + R_{in}}{R_{in}} = \frac{R_f}{R_{in}} + \frac{R_{in}}{R_{in}} \dots\dots\dots(2-17)$$

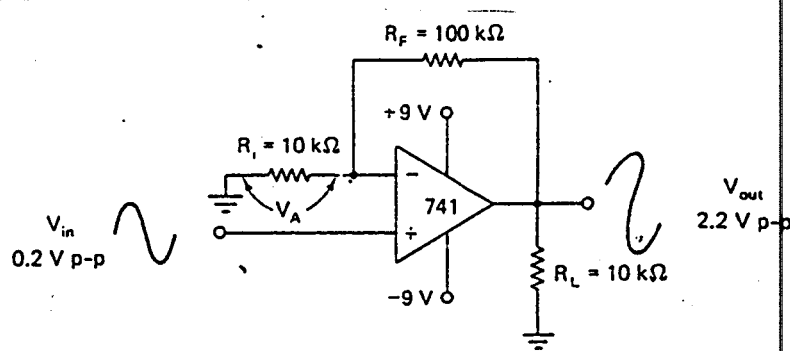
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_f}{R_{in}} + 1 \dots\dots\dots(2-18)$$

karena penguatan tahapan ( $A_v$ ) =  $V_{out}/V_{in}$ , maka :

$$A_v = (R_f/R_{in}) + 1 \dots\dots\dots(2-19)$$

dan tegangan keluaran dapat dihitung yaitu :

$$V_{out} = ((R_f/R_{in}) + 1) \times V_{in} \dots\dots\dots(2-20)$$



Gambar 2.6 <sup>10)</sup>.

Rangkaian penguat tak membalik

### 2.6.3. Rangkaian Pengikut Tegangan

Rangkaian pengikut tegangan didefinisikan sebagai rangkaian dengan penguatan satu atau kurang dengan keluaran mengikuti masukan. Rangkaian ini dapat dibuat seperti rangkaian penguat tak membalik dengan resistor umpan baliknya dibuat tak hingga, maka  $V_{out} = V_{in}$  yang berarti bahwa tegangan output sama dengan tegangan input. Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 2.7.

Penguatan dari rangkaian diberikan rumus sebagai berikut

$$A_v = (R_f/R_{in}) + 1 \dots\dots\dots(2-21)$$

<sup>10)</sup> Ibid., hal. 46

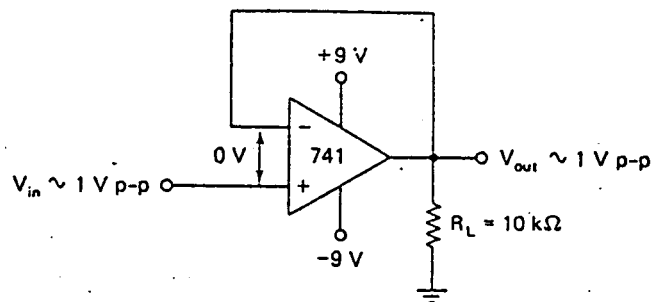
<sup>11)</sup> Ibid., hal. 48



$$A_v = (0/R_{in}) + 1$$

$$= 0 + 1 = 1$$

Rangkaian pengikut tegangan dapat juga dirangkai sama seperti rangkaian penguat membalik, tetapi dengan membuat resistor umpan balik sama dengan resistor input ( $R_f=R_{in}$ ). Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar 2.8.



12).

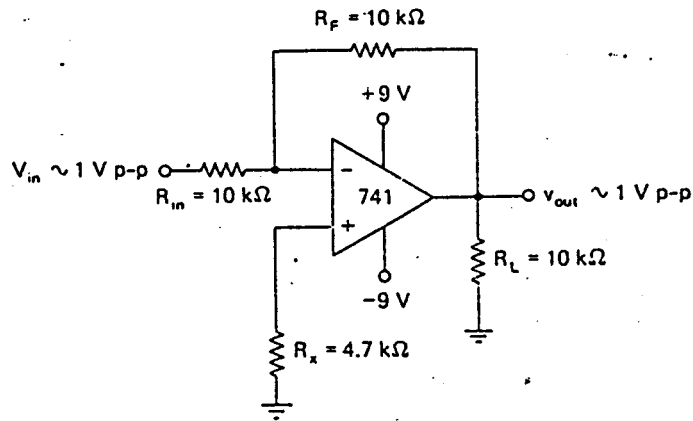
Gambar 2.7

Rangkaian pengikut tegangan tak membalik

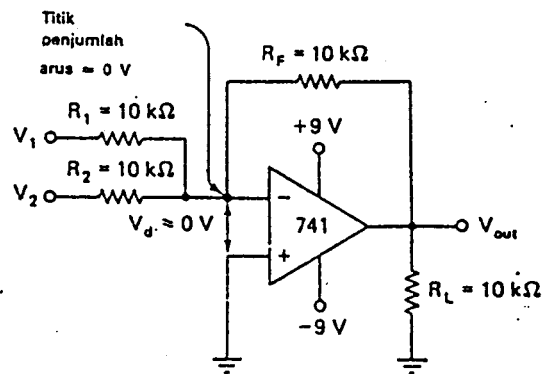
#### 2.6.4. Rangkaian Penguat Penjumlah Tegangan

Rangkaian penguat penjumlah tegangan diperlihatkan pada gambar 2.9.

<sup>12)</sup> Ibid., hal. 48

Gambar 2.8 <sup>13)</sup>.

Rangkaian pengikut tegangan membalik

Gambar 2.9 <sup>14)</sup>.

Rangkaian penguat penjumlah tegangan

<sup>13)</sup> Ibid., hal. 48

<sup>14)</sup> Ibid., hal. 50

Tegangan keluaran dibalikkan dan nilainya sama dengan penjumlahan aljabar dari masing-masing perkalian tegangan masukan dengan hasil bagi resisitor masukan dengan resistor umpan balik yang bersesuaian .

15).

$$V_{out} = - (R_f/R_1) \times V_1 + (R_f/R_2) \times V_2 \dots\dots\dots(2-19)$$

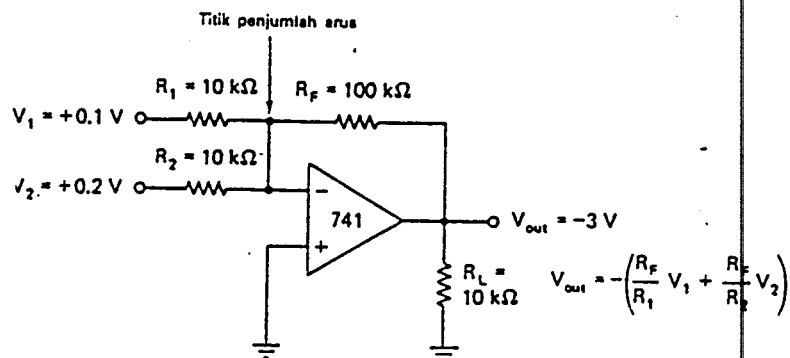
Bila  $R_f = R_1 = R_2$ , maka,

$$V_{out} = - ( V_1 + V_2 ) \dots\dots\dots(2-20)$$

#### 2.6.4.1. Rangkaian penjumlah tegangan dengan penguatan

Yang dimaksud dengan rangkaian penguat penjumlah tegangan dengan penguatan adalah penguat penjumlah dengan penguatan lebih dari satu. Ini didapatkan apabila  $R_f >$  dari  $R_{input}$ . Penguatan setiap masukan dihitung kemudian dijumlahkan. Gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.10

<sup>15)</sup> Ibid., hal. 51



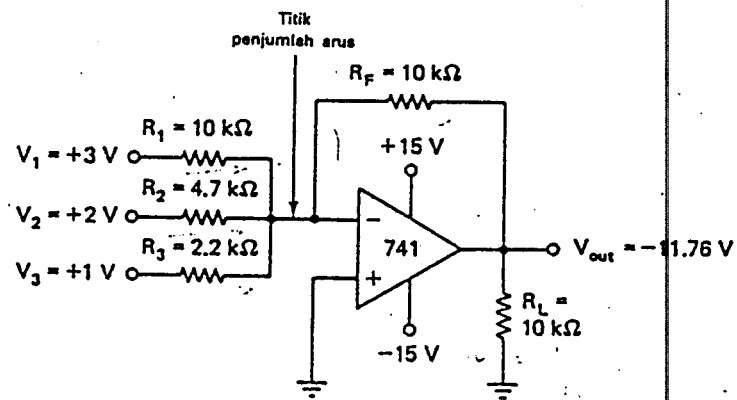
16).

Gambar 2.10

Rangkaian penguat penjumlah dengan penguatan

#### 2.6.4.2. Rangkaian penguat penjumlah tegangan yang diskala

Rangkaian penguat penjumlah yang diskala tidak berbeda dengan penguat penjumlah dengan penguatan hanya Rinputnya besarnya tidak sama. Besar masing-masing Rinput, dapat diberikan nilai berkelipatan 2 atau sesuai dengan keinginan.

Gambar 2.11 <sup>17)</sup>.

Rangkaian penjumlah yang disakla

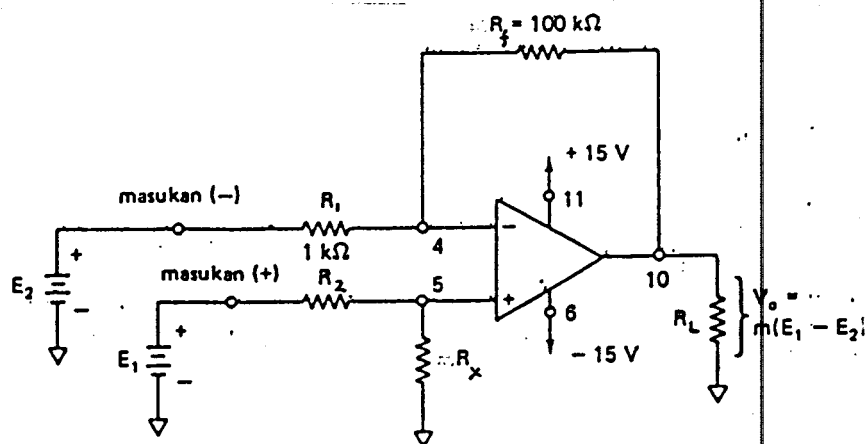
### 2.6.5. Rangkaian Penguat Diferensial

Penguat selisih tegangan serupa dengan rangkaian pembanding tegangan, dimana kedua masukan op-amp dipakai untuk merasakan tegangan dimana rangkaian ini menggunakan modus loop tertutup, sehingga tegangan keluaran dapat diperkirakan dan dikendalikan besarnya. Tegangan output dari rangkaian penguat selisih tegangan merupakan kebalikan selisih tegangan diantara kedua masukan op-amp dan nilainya dapat dihitung dengan rumus :

<sup>17)</sup> Ibid., hal. 54

$$V_{out} = - \frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 + \left( \frac{R_x}{R_2 + R_x} \right) \left( \frac{R_1 + R_f}{R_1} \right) \cdot V_2 \quad \dots (2-21) \quad 18).$$

Gambar rangkaian penguat selisih tegangan ( penguat differensial ) dapat dilihat pada gambar 2.12. Sebenarnya dalam rangkaian pembanding, polaritas tegangan akan positif jika tegangan pada masukan membalik lebih negatif dari pada tegangan pada masukan tak membalik, demikian pula sebaliknya. Tegangan output dari penguat differensial ini harus menjadi nol jika besar tegangan pada kedua input op-amp sama besar.

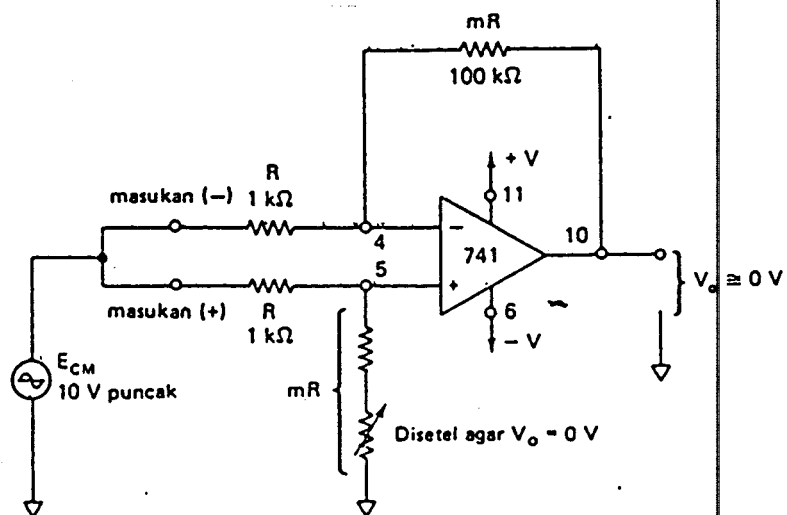


Gambar 2.12. <sup>19)</sup>

### Penguat selisih tegangan

<sup>18)</sup> Robert s couglin & fredrick s Driscoll, "Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu", Erlangga, hal. 56

<sup>19)</sup> Ibid., hal. 162



20).

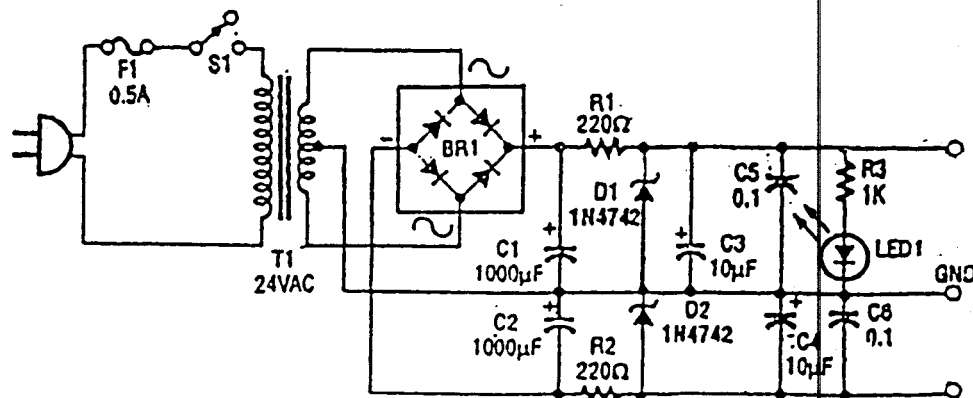
Gambar 2.13

Gain tegangan mode bersama

<sup>20)</sup> Ibid. , hal. 163

### 3.1. RANGKAIAN CATU DAYA

Bagian yang tidak kalah pentingnya adalah rangkaian catu daya, dimana suatu peralatan elektronik tidak akan bekerja tanpa adanya catu daya. Pada rangkaian yang dibuat kali ini diperlukan suatu rangkaian catu daya bipolar (simetris) dengan tegangan output -15 volt, + 15 volt, dan ground. Rangkaian catu daya bipolar (simetris). Rangkaian catu daya yang digunakan pada rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. dimana rangkaian ini menggunakan stabiliser berupa dioda zener 15 volt.



Gambar 3.1

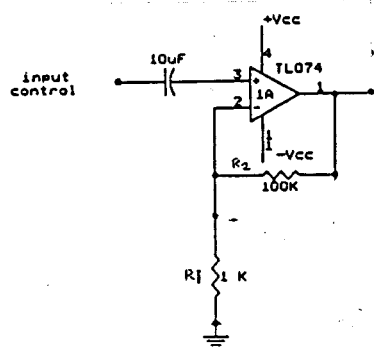
Rangkaian catu daya



### 3.2. RANGKAIAN PENGUAT

Salah satu dari fungsi elektronika dasar adalah penguatan. Pada prinsipnya penguatan adalah mengubah suatu sinyal yang mempunyai amplitudo relatif kecil menjadi sinyal dengan amplitudo yang lebih besar. Penguat disini adalah menguatkan isyarat - isyarat bunyi yang berasal dari mikrofon, maupun dari rangkaian - rangkaian transistor yang menghasilkan getaran-getaran listrik (sinyal). Isyarat - isyarat yang dimasukkan/diumpangkan ke penguat disebut sinyal input, sedangkan sinyal yang dikeluarkan oleh penguat, disebut sinyal output. Rangkaian penguat banyak ragamnya, dapat dipilih salah satu diantara rangkaian penguat yang ada. Pada rangkaian ini dipilih rangkaian yang menggunakan op-amp dalam hal ini dipilih IC TL 074 (dimana terdiri dari 4 op-amp). Rangkaian penguat dapat dilihat pada gambar 3.2. Rangkaian ini mempunyai penguatan sebesar 40 db (100x).

Hal ini dapat diketahui dengan rumus penguat tak membalik



Gambar 3.2

Rangkaian penguat

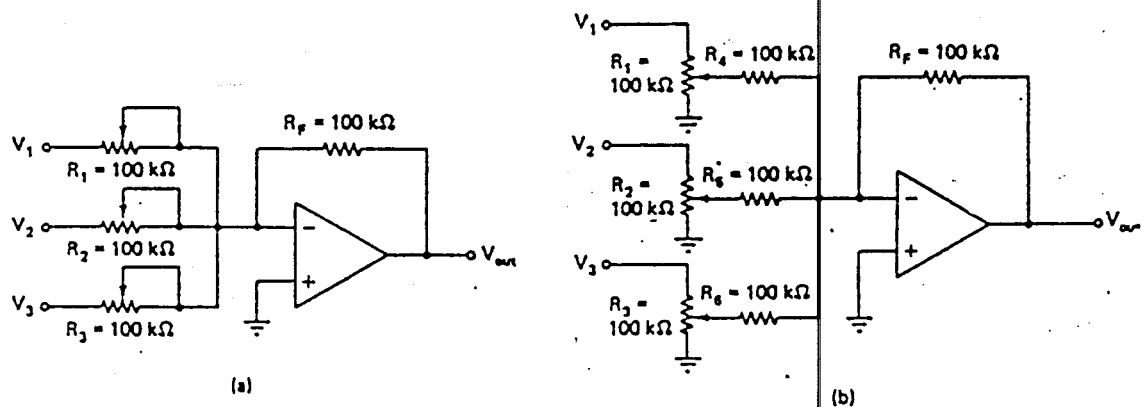
$$\begin{aligned}
 A &= -\frac{R_2}{R_1} + 1 \\
 &= -\frac{100\text{K}}{1\text{K}} + 1 \\
 &= 101 \text{ kali}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gain (dB)} &= 20 \log A \\
 &= 20 \log 101 \\
 &= 20 \times 2,0043 \\
 &= 40,086 \\
 &\approx 40 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran dari rangkaian penguat ini dapat dilihat pada bab selanjutnya.

### 3.3. RANGKAIAN MIXER ( PENCAMPUR )

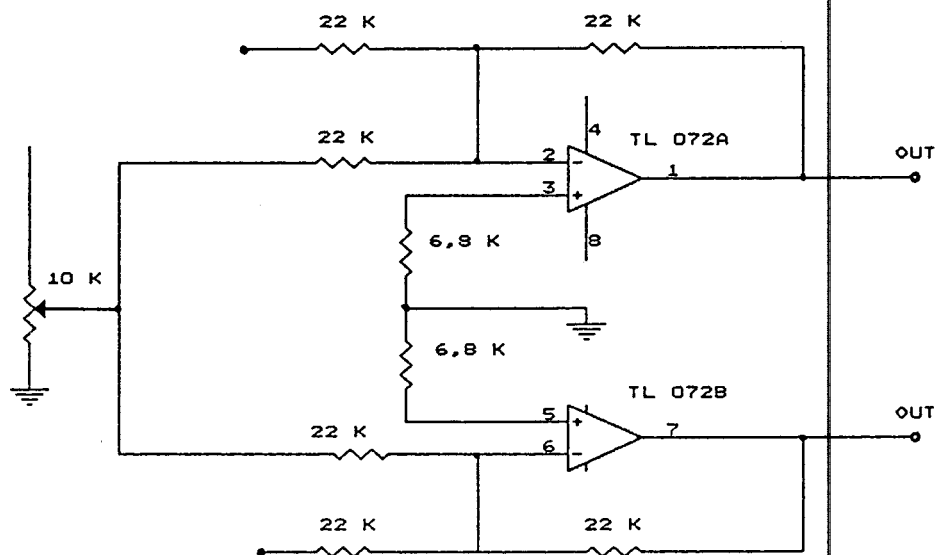
Rangkaian mixer/pencampur audio pada dasarnya sama seperti penguat penjumlah sebagai dijelaskan dalam teori penunjang. Rangkaian mixer ada beberapa macam diantaranya terlihat dalam gambar 3.3.



Gambar 3.3

Rangkaian Mixer

Setiap resistor masukan dibuat variable. Dengan cara ini penguatan dapat dibuat variable untuk setiap masukan dengan cara yang sama dalam penguat penjumlah yang diskala. Kelemahannya adalah resistansi masukan op-amp ikut berubah-ubah sehingga efisiensi rangkaian terganggu (gambar 3.3a). Hal ini berbeda dengan rangkaian pada gambar 3.3b. Potensiometer berfungsi sebagai pengatur volume masukan yang bebas. Dalam rangkaian ini, penguatan untuk setiap masukan konstan dan potensiometer mengatur tegangan untuk setiap masukan. Dengan pertimbangan tersebut maka pada rangkaian pelemah volume otomatis ini digunakan rangkaian mixer, sebagaimana tampak pada gambar 3.4.



Gambar 3.4

Rangkaian mixer peralatan

Input 1 berasal dari rangkaian penguat ataupun dari amplifier luar. Dengan P1 kita bisa mengatur berapa besar volume masukan yang diinginkan. Dan input 2 berasal dari IC TCA 730 dimana merupakan output suara yang penguatannya telah dikontrol oleh tegangan ( VCA ). Input 1 kemudian dijumlahkan dengan input 2 karena kita menginginkan output kedua-duanya.

#### 3.4. RANGKAIAN BUFFER

Rangkaian buffer (penyangga elektronik) adalah suatu rangkaian yang mengambil isyarat dari peranti keluaran yang peka dengan impedansi tinggi lalu mengirimkannya ke beban yang relatif berat

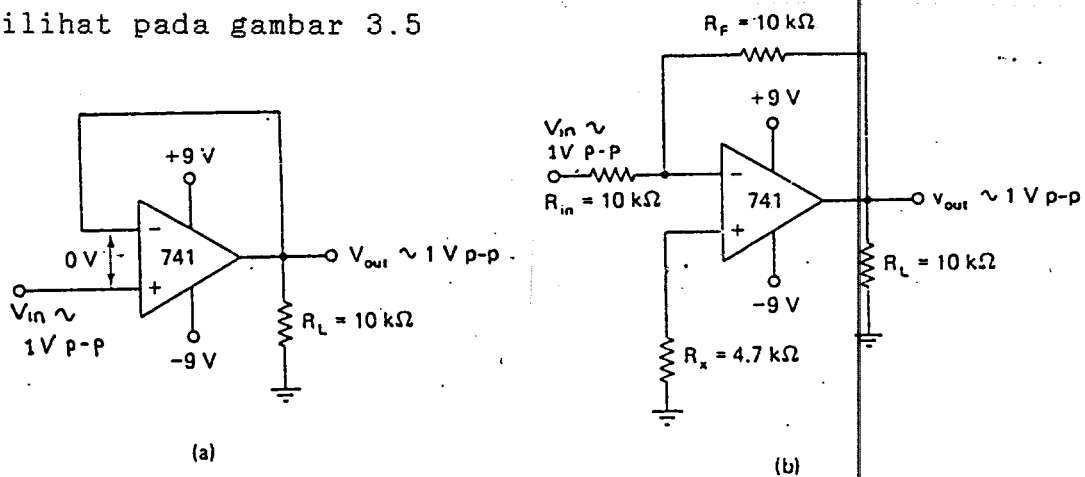
Rangkaian buffer dirangkai sama dengan rangkaian pengikut tegangan. Rangkaian pengikut tegangan didefinisikan sebagai rangkaian dengan penguatan satu atau kurang dengan keluaran mengikuti masukan. Rangkaian Pengikut tegangan diperlihatkan pada gambar 3.5.

Dalam rangkaian ini, untuk rangkaian buffernya digunakan pengikut tegangan tak membalik (gambar 3.5a). Pertimbangan dalam memilih rangkaian tersebut adalah karena tahanan masukannya yang tinggi. Karena itu arus yang dialirkan dari sumber isyarat dapat diabaikan. Misalkan (gambar 3.6), sumber isyarat mempunyai suatu tegangan hubungan terbuka atau tegangan pembangkit, Egen yang besarnya 1 volt. Resistansi dalam pembangkitnya

adalah 90 kilo ohm. Karena terminal masukan op-amp itu mengalirkan arus yang dapat diabaikan, penurunan tegangan melalui Rint adalah 0 volt. Tegangan terminal E1 dari sumber isyaratnya menjadi tegangan masukan ke penguat dan menyamai Egen , sehingga :

$$V_o = E_1 = E_{gen}$$

Kalau dibandingkan dengan rangkaian buffer yang lain, yaitu pengikut tegangan membalik ternyata rangkaian buffer dengan konfigurasi pengikut tegangan tak membalik lebih baik. Karena tegangan keluaran akan sama dengan tegangan input. Gambar dari rangkaian mixer ini dapat dilihat pada gambar 3.5

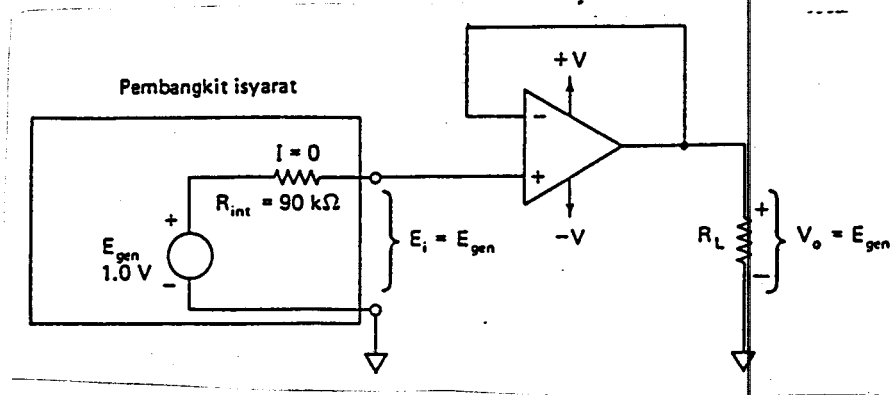


Gambar 3.5

Rangkaian pengikut tegangan

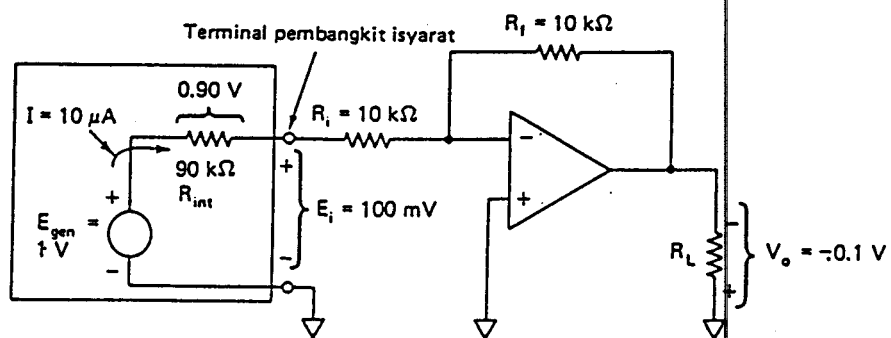
(a). Pengikut tegangan tak membalik

(b). Pengikut tegangan membalik



Gambar 3.6

Gambar rangkaian Egen1 dengan rangkaian  
Pengikut tegangan tak membalik



Gambar 3.7

Gambar rangkaian Egen dengan rangkaian  
pengikut tegangan membalik

Tahanan masukan kesebuah penguat membalik adalah  $R_i$ . Ini menyebabkan tegangan pembangkit Egen terbagi diantara  $R_{int}$  dan  $R_i$ . Dengan menggunakan hukum pembagian tegangan untuk mencari tegangan terminal pembangkit  $E_i$  didapat :

$$E_i = \frac{R_i}{R_{int} + R_i} \times E_{gen} = \frac{10}{10 + 90} \times 1$$

$$= 0,1 \text{ V}$$

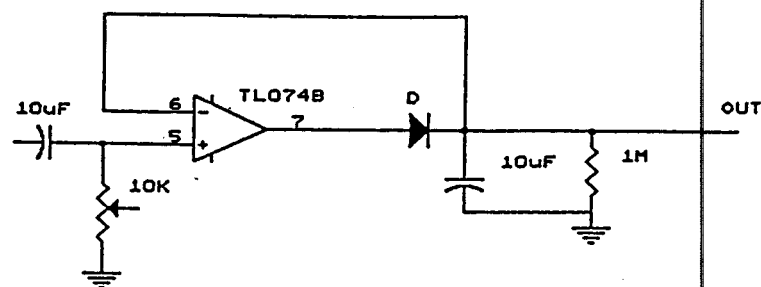
Jadi adalah 0,1 ini yang menjadi tegangan masukan ke penguat membalik tersebut. Jika penguat pembalik itu mempunyai gain hanya sebesar 1 saja. Tegangan  $V_o$  adalah - 0,1 V

### 3.5. RANGKAIAN PENYEARAH

Rangkaian penyearah diperlihatkan pada gambar 3.8. Gambar tersebut adalah penyearah setengah gelombang. Jika sinyal input menuju positif, output menuju positif dan menggerakkan dioda.

Jadi rangkaian bekerja sebagai pengikut tegangan, dan setengah periode positif muncul pada resistor beban. Dipihak lain, jika input menjadi negatif, output dari penguat menjadi negatif dan mematikan dioda. Karena dioda terbuka, tidak ada tegangan yang muncul pada resistor beban. Inilah sebabnya output akhir hampir merupakan

sinyal setengah gelombang yang sempurna.



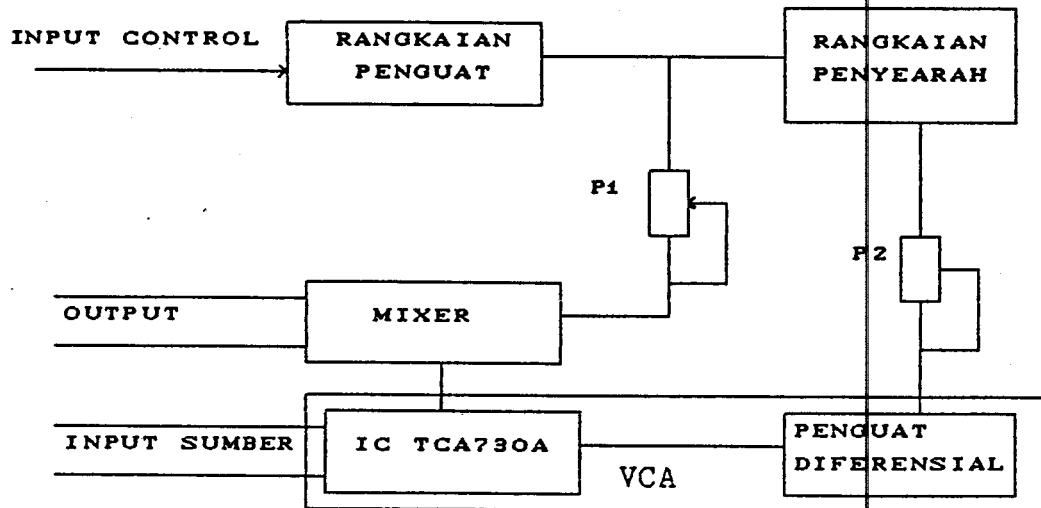
Gambar 3.8

Rangkaian penyearah

### 3.6. BLOK DIAGRAM RANGKAIAN DARI PERALATAN

Untuk memudahkan dalam memahami dan mempelajari peralatan ini, maka blok diagram di bawah akan dapat membantu dalam memahami prinsip kerja peralatan. Blok dari diagram penempatan alat dapat dilihat pada gambar 4.9.





Gambar 3.9

Blok diagram rangkaian Pelemah Volume Otomatis

Peralatan ini terdiri dari rangkaian dasar yaitu :

1. Penguat.

Rangkaian penguat ini berfungsi untuk menguatkan (memperbesar amplitudo dan daya) sinyal input yang berasal dari mikrofon. Apabila input berasal dari penguat luar dimana outputnya sudah memenuhi syarat maka rangkaian penguat ini bisa dilewati.

2. Rangkaian penyearah.

Rangkaian penyearah ini berfungsi sebagai penyearah bagi tegangan yang dihasilkan rangkaian penguat. Dimana output dari rangkaian berupa audio yang merupakan tegangan AC, maka perlu disearahkan dulu. Tegangan inilah yang akan dibandingkan dengan tegangan dari referensi oleh penguat differensial. Output dari

rangkaian penguat differensial ini yang menjadi input bagi IC TCA 730.

### 3. Rangkaian Mixer.

Rangkaian Mixer berfungsi untuk mencampurkan suara dari input control dan yang berasal dari input sumber.

### 4. Rangkaian buffer.

Rangkaian ini digunakan agar output sesuai dengan input. Karena dikhawatirkan terdapat drop pada rangkaian sehingga akan menurunkan output.

### 5. Amplifier tercontrol tegangan.

Penguat ini yang mengatur pelemahan dari input sumber. Amplifier ini penguatannya negatif artinya apabila tegangan yang masuk naik, maka penguatannya akan menurun. Tegangan ini hasil penyearahan input control (suara yang masuk).

## 3.7. CARA KERJA PERALATAN

Sebagaimana telah dijelaskan tentang prinsip kerja peralatan secara perblok, maka untuk lebih jelasnya disini akan diuraikan prinsip kerja peralatan secara global.

Cara kerja :

Sinyal input, dimana berasal dari suara orang (disebut input control) dikuatkan oleh penguat. Disini sinyal input sumber dipecah menjadi 2 :

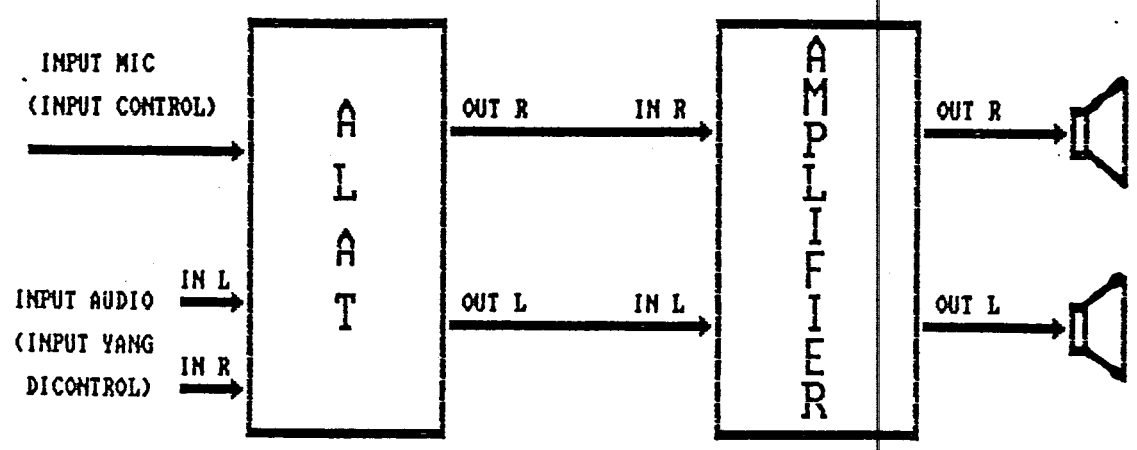
1. Sinyal keluaran yang sudah dikuatkan ini

langsung dihubungkan ke rangkaian mixer. Pemberian potensiometer dibagian ini, digunakan untuk menentukan seberapa besar volume suara input control yang diinginkan bersama dengan suara input sumber.

2. Sinyal keluaran ini digunakan untuk mengatur penguatan amplifier. Sinyal keluaran rangkaian penguat kemudian disearahkan oleh rangkaian penyearah. Tegangan hasil penyearahan ini dikuatkan lagi oleh penguat kemudian tegangan hasilnya dibandingkan dengan tegangan referensi oleh penguat differensial kemudian output dari penguat ini dijadikan referensi oleh IC TCA 730 untuk mengatur penguatan.

Input source (sinyal masukan) dimasukkan ke kaki IC TCA. Sinyal sumber ini, oleh IC TCA yang bertindak sebagai VCA, diolah dan outputnya sesuai dengan penguatan dalam IC. Apabila penguatan menurun, maka keluarannya akan turun volumenya, demikian juga sebaliknya. Output dari IC ini, kemudian digabungkan dengan sinyal keluaran dari penguat awal ( sebagaimana dijelaskan pada point 1).

Skema rangkaian dari pelemah volume otomatis dapat dilihat pada halaman berikut.



Gambar 3.10  
Blok diagram penempatan peralatan  
pelemah volume otomatis

BAB IV

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT

---

#### 4.1. PENDAHULUAN

Pengukuran peralatan ini bertujuan untuk mengetahui secara pasti keberhasilan peralatan tersebut. Dengan ini dapat dibandingkan antara teori dasar yang berhubungan dengan peralatan dan hasil pengukuran peralatan.

Pengukuran pada peralatan ini dimaksud untuk :

1. Mengetahui bekerja atau tidak peralatan yang dibuat.
2. Mengetahui sempurna atau tidak peralatan yang dibuat.
3. Membandingkan hasil perhitungan dari teori dasar dengan hasil pengukuran .
4. Mengetahui seberapa jauh hasil dari peralatan.

Pengukuran dilakukan pada masing-masing rangkaian yang didasarkan pada perhitungan / perencanaan setiap blok rangkaian. Adapun rangkaian-rangkaian yang dilakukan pengukuran yaitu : Rangkaian penguat tak membalik, rangkaian pencampur audio (penjumlah), rangkaian buffer, rangkaian penguat differensial. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah :

- a. Power supply DC simetris  $\pm 15$  volt
- b. Multimeter

c. Function generator

d. Oscilloscope

#### 4.2. HASIL PENGUKURAN

##### 4.2.1. Rangkaian penguat dengan penguatan 100 X

Pengukuran penguat dengan penguatan 100 X dilakukan dengan memberikan input tegangan dc pada input tak membalik. Hasil pengukuran dapat dilihat dalam tabel 4-1.

Tabel 4-1

Hasil pengukuran  
penguat tak membalik penguatan 100X

Vinput (V)	Voutput (V)
+0,1	+10,2
+ 2	+13,1
+ 3	+13,2
+ 4	+13,1
+ 5	+13,3

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa dengan tegangan 0,1 V ternyata tegangan outputnya adalah 10,2V. Tetapi untuk tegangan 2V,3V, 4V, ternyata tegangan output yang terukur tidak 200 V, 300 V, 400 V tetapi 13 V. Ini

disebabkan tegangan output tidak mungkin melebihi tegangan catu daya; tegangan output maksimum adalah 90 % tegangan catu daya.

#### 4.2.2. Rangkaian penguat dengan penguatan 28 X

Pengukuran penguat dilakukan dengan memberikan tegangan input dc. Adapun hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 4-2.

Tabel 4-2

Hasil pengukuran

Penguat tak membalik penguatan 28 X

Vinput (V)	Voutput (V)
+0,1	+2,71
+ 2	+13,2
+ 3	+13,1
+ 4	+13,1
+ 5	+13,3

#### 4.2.3. Rangkaian buffer

Pengukuran rangkaian buffer atau penguat satu dilakukan dengan cara memberikan input tegangan dc pada

input tak membalik. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4-3.

Tabel 4-3  
Hasil pengukuran rangkaian buffer

Vinput (V)	Voutput (V)
+ 2	+ 2,1
+ 3	+ 3,2
+ 4	+ 4,1
+ 5	+ 5,3
+ 6	+ 6,2

Dari data hasil pengukuran tersebut diatas dapat dilihat bahwa rangkaian buffer (penyangga) pada dasarnya sama dengan rangkaian penguat penguatan satu.

#### 4.2.4. Rangkaian Mixer

Pengukuran penguat penjumlah ( mixer ) tegangan ini dilakukan dengan memberikan input tegangan dc pada kedua buah inputnya ( V1 dan V2 ). Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 4-4.



Tabel 4-4

Hasil pengukuran penguat penjumlah

Vinput (V)		Voutput (V)
V1	V2	V out
+2	-2	0,0
+2	-1	- 1,3
+2	0	- 2,1
+2	+1	- 3,2
-2	-2	+ 4,1
-2	-1	+ 3,1
-2	0	+ 2,2
-2	+1	+ 1,1
-2	+2	0,0

Tegangan output memiliki polaritas terbalik dengan hasil penjumlahan, hal ini menandakan bahwa tegangan output berlawanan fasa dengan tegangan inputnya..

#### 4.2.5. Rangkaian penguat differensial

Pengukuran penguat diferensial (penguat selisih tegangan) ini, dilakukan dengan memberikan input tegangan dc pada kedua masukan op-ampnya yaitu masukan (-), V1 dan masukan (+), V2. Akan tetapi tegangan V2 dibuat

konstan yaitu 10,2. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4-5a.

Tabel 4-5a

Hasil Pengukuran rangkaian penguat diferensial

Vin1 (volt) (masukan (-) penguat diferensial	Vin2 (konstan) 10,2 V	Vout (volt) (kekaki 13 IC TCA 730)
0	10,2	5,54
1	10,2	4,53
2	10,2	3,55
3	10,2	2,54
4	10,2	1,53
5	10,2	0,53

Dari data tersebut dapat diketahui ternyata hasilnya mendekati dengan harga yang didapat dengan teori (rumus). Dengan Vin yang semakin besar ternyata Vout akan semakin kecil. Vout berbanding terbalik dengan Vin. Dengan Vout yang semakin kecil maka penguatan kecil, sehingga mengakibatkan volume musik (input sumber melemah).

#### 4.2.6. Penguatan yang dihasilkan

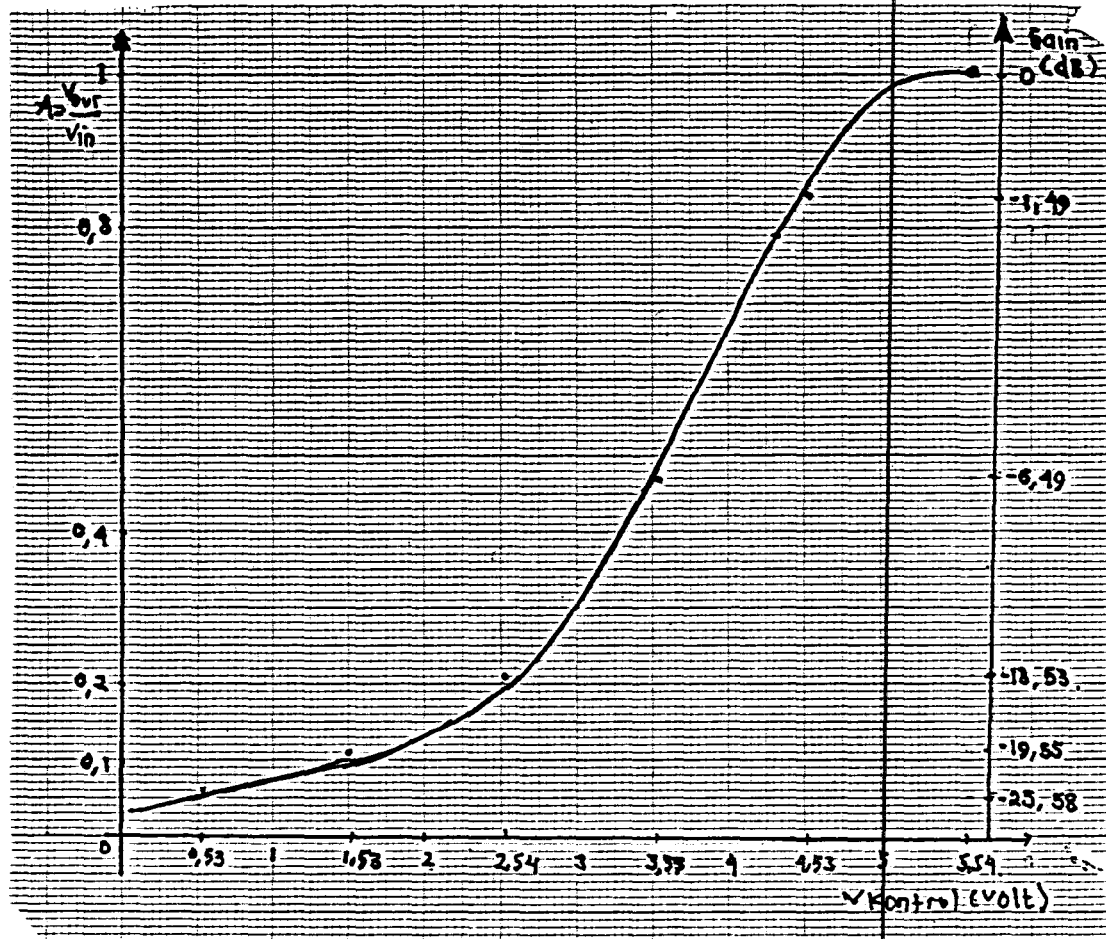
Pengukuran penguatan dilakukan dengan cara

memberikan tegangan pada input sumber (input yang dikontrol) dan mengatur tegangan kontrol (tegangan dari penguat diferensial) sehingga diketahui tegangan output. Penguatan dapat dicari dengan perbandingan antara tegangan output dengan dengan tegangan input. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4-5b.

Tabel 4-5b  
Hasil pengukuran penguatan

Teg.Kontrol V <sub>rca 730</sub> (volt)	Teg.Input V <sub>in</sub> (Volt)	Vout (V <sub>dif</sub> ) (Volt)	Acl	20 log Acl ( dB )
5,54	1,14	1,14	1	0
4,53	1,14	0,96	0,84	-1,49
3,55	1,14	0,54	0,47	-6,49
2,54	1,14	0,24	0,21	-13,53
1,53	1,14	0,12	0,11	-19,55
0,53	1,14	0,06	0,05	-25,58

Grafik hubungan antara tegangan kontrol dengan dengan penguatan diperlihatkan pada gambar 4.1. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa penguatan berbanding terbalik dengan penguatan yang dihasilkan. Untuk tegangan kontrol antara 0,53 volt sampai 3,55 kenaikan penguatan lambat. Untuk tegangan diatas 3,54 volt penguatan naik dengan drastis sekali.



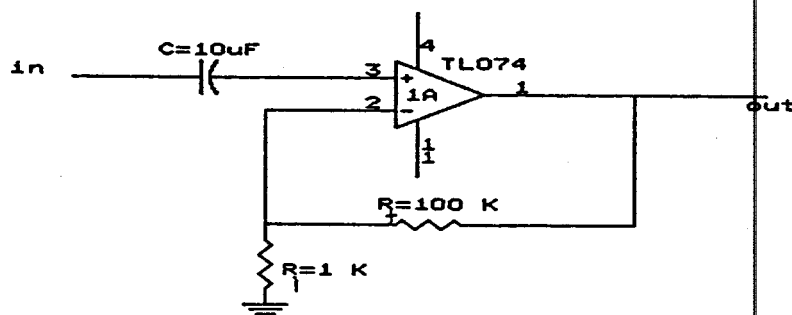
Gambar 4.1

Grafik hubungan antara tegangan kontrol  
dengan penguatan

### 4.3. HASIL PERHITUNGAN

#### 4.3.1. Rangkaian penguat penguatan 100X

Rangkaian ini dibentuk oleh komponen resistor dan op-amp dengan skema sebagai berikut :



Gambar 4.2

Rangkaian penguat penguatan 100X

dimana  $R_f = 100 \text{ K}$  $R_i = 1 \text{ K}$ 

Tegangan output dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{-R_f}{R_i} + 1 \\
 &= \frac{-100}{1} + 1 \\
 &= 101 \text{ X}
 \end{aligned}$$

A = Gain (penguatan)

$$\begin{aligned}
 \text{Gain (dB)} &= 20 \cdot \log A \\
 &= 20 \cdot \log 101 \\
 &= 20 \cdot 2,0043
 \end{aligned}$$

$$= 40,0043$$

$$\approx 40 \text{ dB}$$

Tegangan output ( $V_{out}$ ) yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4-6.

Tabel 4-6

Hasil perhitungan  $V_{out}$  pada rangkaian penguat penguatan 100X

$V_{in}$	$V_{out}$
+0,1V	+ 10 V
+ 2 V	+200 V
+ 3 V	+300 V
+ 4 V	+400 V
+ 5 V	+500 V

Hasil perhitungan tersebut adalah tidak mungkin karena secara praktek tegangan output maksimal adalah 90% dari tegangan catu daya. Dimana didalam rangkaian ini tegangan catu daya yang digunakan adalah sebesar 14,5 volt. Jadi tegangan output maksimal yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4-7.

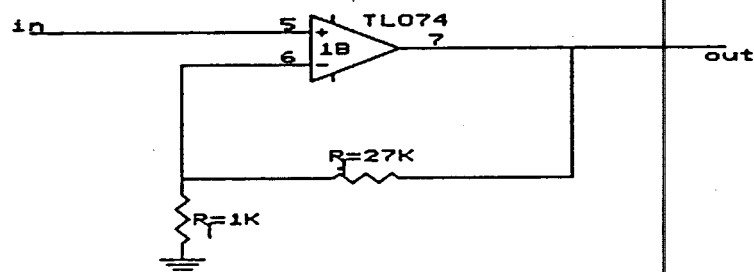
Tabel 4-7

Hasil tegangan output maksimal yang dihasilkan rangkaian penguat penguatan 100X

Vin	Vout
+0,1V	+ 10 V
+ 2 V	+13,05V
+ 3 V	+13,05V
+ 4 V	+13,05V
+ 5 V	+13,05V

#### 4.3.2. Rangkaian penguat penguatan 28X

Rangkaian ini dibentuk oleh komponen resistor dan op-amp dengan skema sebagai berikut :



Gambar 4.3

Rangkaian penguat penguatan 28 X

dimana  $R_f = 27 \text{ K}$

$R_i = 1 \text{ K}$

Tegangan output dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

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

$$A = \frac{R_f}{R_i} + 1$$

$$= \frac{27}{1} + 1$$

$$= 28 \text{ X}$$

$A = \text{Gain (penguatan)}$

$$\text{Gain (dB)} = 20 \cdot \log A$$

$$= 20 \cdot \log 28$$

$$= 20 \cdot 1,447$$

$$= 28,94$$

$$\approx 29 \text{ dB}$$

Tegangan output ( $V_{out}$ ) yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4-8.



Tabel 4-8

Hasil perhitungan  $V_{out}$  pada rangkaian penguat  
penguatan 28 X

Vin	Vout
+0,1V	+2,8 V
+ 2 V	+ 56 V
+ 3 V	+ 84 V
+ 4 V	+112 V
+ 5 V	+140 V

Hasil perhitungan tersebut adalah tidak mungkin karena secara praktek tegangan output maksimal adalah 90% dari tegangan catu daya. Dimana didalam rangkaian ini tegangan catu daya yang digunakan adalah sebesar 14,5 volt. Jadi tegangan output maksimal yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4-9.

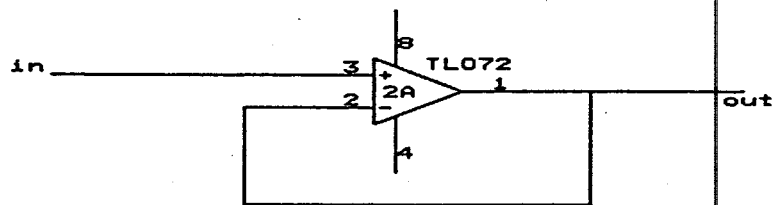
Tabel 4-9

Hasil tegangan output maksimal yang dihasilkan  
rangkaiian penguat penguatan 28X

Vin	Vout
+0,1V	+2,8 V
+ 2 V	+13,05V
+ 3 V	+13,05V
+ 4 V	+13,05V
+ 5 V	+13,05V

#### 4.3.3. Rangkaian bufer

Rangkaian buffer yang digunakan pada rangkaian ini adalah rangkaian pengikut tegangan. Gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 4.4. Rangkaian ini dipilih karena mempunyai impedansi masukan yang amat tinggi dan impedansi keluaran yang rendah. Dimana resistor umpan baliknya dibuat 0.



Gambar 4.4  
Rangkaian Buffer

dimana  $R_f = 0 \text{ K}$

Tegangan output dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

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

$$A = \frac{-R_f}{R_i} + 1$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0}{R_i} + 1 \\ &= 0 + 1 \\ &= 1 \times \end{aligned}$$

A = Gain (penguatan)

$$\begin{aligned} \text{Gain (dB)} &= 20 \cdot \log A \\ &= 20 \cdot \log 1 \\ &= 20 \cdot 0 \\ &= 0 \text{ dB} \end{aligned}$$

Tegangan output (Vout) dapat dilihat pada tabel 4-10.

Tabel 4-10

Hasil perhitungan Vout pada rangkaian buffer

Vin	Vout
+ 1 V	+ 1 V
+ 2 V	+ 2 V
+ 3 V	+ 3 V
+ 4 V	+ 4 V
+ 5 V	+ 5 V

#### 4.3.4. Rangkaian penguat penjumlah (mixer)

Rangkaian penguat penjumlah yang digunakan adalah tanpa penguatan (penguatan satu). Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5. Pada gambar tersebut setiap resistor diberi nilai sama ( $R_1 = R_2 = R_f = 22\text{ K}$ )

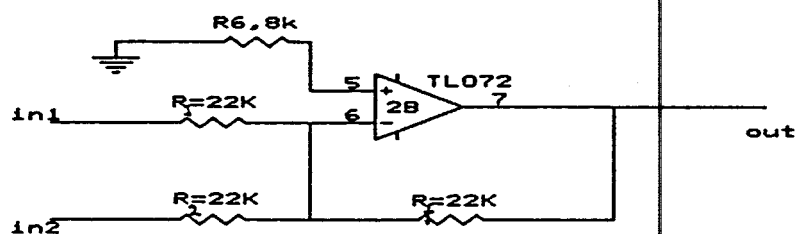
Untuk menghitung tegangan output dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{out} = - \frac{R_f}{R_1} \times V_1 + - \frac{R_f}{R_2} \times V_2$$

Karena  $R_f = R_1 = R_2 = 22\text{ K}$ , maka :

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

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4-11.



Gambar 4.5  
Rangkaian mixer

Tabel 4-11

Hasil perhitungan  $V_{out}$  rangkaian mixer

Vin1	Vin2	Vout
+ 1 V	- 1 V	0 V
+ 1 V	+ 1 V	-2 V
- 1 V	- 1 V	+2 V
- 2 V	+ 2 V	0 V
+ 2 V	+ 2 V	-4 V
- 2 V	- 2 V	+4 V
+ 3 V	- 3 V	0 V
+ 3 V	- 1 V	-2 V
+ 1 V	- 3 V	+2 V
+ 2 V	- 3 V	+1 V
- 2 V	+ 3 V	-1 V

#### 4.3.5. Rangkaian penguat differensial

Rangkaian penguat diferensial ( rangkaian penguat selisih tegangan ) dibentuk oleh resistor dan op-amp. Pada skema rangkaian digunakan rangkaian penguat diferensial sebagaimana terlihat pada gambar 4.6.

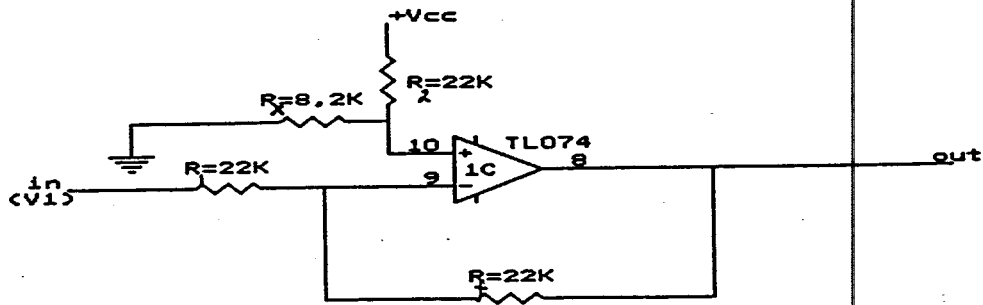
Dimana resistor yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R1 = 22 \text{ K}$$

$$R2 = 22 \text{ K}$$

$$R_f = 22 \text{ K}$$

$$R_x = 8,2 \text{ K}$$



Gambar 4.6

## Rangkaian penguat diferensial

dimana resistor yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R1 = 22 \text{ K}$$

$$R2 = 22 \text{ K}$$

$$Rf = 22 \text{ K}$$

$$Rx = 8,2 \text{ K}$$

Untuk tegangan ( $V2$ ) dibuat konstan karena sebagai tegangan referensi, yaitu sebesar  $V2 = 10,2$  volt.

Tegangan output dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} V_{out} &= - \frac{R_f}{R_1} \times V_1 + \frac{R_f + R_1}{R_1} \cdot \frac{R_x}{R_x + R_2} \cdot V_2 \\ &= - \frac{22 \text{ K}}{22 \text{ K}} \cdot V_1 + \frac{44 \text{ K}}{22 \text{ K}} \cdot \frac{8,2 \text{ K}}{30,2 \text{ K}} \cdot V_2 \\ &= - V_1 + 2 \cdot 0,2715 \cdot 10,2 \\ &= - V_1 + 5,539 \end{aligned}$$

Hasil tegangan output ( $V_{out}$ ) selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4-12.

Tabel 4-12.

Hasil perhitungan tegangan output rangkaian  
penguat diferensial

V1 (V)	V2 (V)	Vout (V)
0	10,2	5,539
1	10,2	4,539
2	10,2	3,539
3	10,2	2,539
4	10,2	1,539
5	10,2	1,539

---

### 5.1. KESIMPULAN

Setelah mengadakan pengujian dan pengukuran pada peralatan ini dapat diketahui hasilnya dan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Antara perhitungan yang dilakukan secara teori dengan hasil pengukuran masih ada perbedaan. Perbedaan yang dihasilkan berkisar antara 10% - 30%. Hal ini disebabkan karena harga dari komponen yang dipergunakan itu mempunyai nilai toleransi, sehingga nilai yang ditunjukkan pada tiap-tiap komponen itu tidak persis tepat harganya.
2. Perbedaan antara teori dengan hasil prakteknya juga dapat disebabkan dari ketepatan daripada instrumentasi pengukuran itu sendiri, sebab peralatan - peralatan pengukuran tersebut ketepatannya tidak selalu sempurna, juga dapat disebabkan oleh ketelitian pengamatan yang dalam hal ini dipengaruhi oleh faktor manusianya sendiri.
3. Alat yang dibuat berfungsi sebagaimana yang diharapkan yaitu melemahkan volume musik (input yang dikontrol). Penguatan yang dihasilkan dari peralatan ini mendekati



- misal dari unit echo, karaoke penguat micropon, maka sebaiknya input sumber disambungkan langsung dengan unit penyearah pada rangkaian melalui jack yang telah tersedia.
2. Penggunaan penguat mic yang baik sangat dianjurkan untuk mendapatkan hasil yang baik. Pengaturan penguatan mic harus diperhatikan agar output tidak mendengung.
  3. Apabila keinginan membuat peralatan yang serupa, supaya menggunakan komponen yang lebih presisi sehingga output yang dihasilkan sesuai dengan keinginan.
  4. Untuk pengembangan, seperti pemberian input kontrol lebih dari satu dapat dilakukan yaitu dengan cara memparalelkan input kontrol tersebut.

-26 dB (pelemahan maximum), yaitu volume dari input sumber (input yang dikontrol) lemah (tidak terdengar).

4. Kualitas output yang dihasilkan untuk input sumber sangat baik, akan tetapi untuk input mic (input kontrol) kualitas suara yang dihasilkan masih kurang baik. Hal ini dapat disebabkan oleh kualitas mic yang jelek, karena penguatan mic yang berlebihan.

## 5.2 SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam penggunaan peralatan ini maka disarankan

1. Apabila input sumber ini sudah besar pengendalinya misal dari unit echo, karaoke penguat micropon, maka sebaiknya input sumber disambungkan langsung dengan unit penyearah pada rangkaian melalui jack yang telah tersedia.
2. Penggunaan penguat mic yang baik sangat dianjurkan untuk mendapatkan hasil yang baik. Pengaturan penguatan mic harus diperhatikan agar output tidak mendengung.
3. Apabila keinginan membuat peralatan yang serupa, supaya menggunakan komponen yang lebih presisi sehingga output yang dihasilkan sesuai dengan keinginan.

4. Untuk pengembangan, seperti pemberian input kontrol lebih dari satu dapat dilakukan yaitu dengan cara memparalelkan input kontrol tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

---

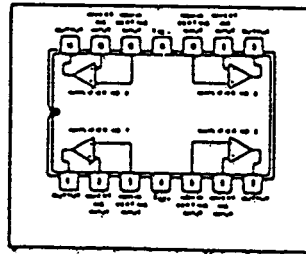
1. Griscoll, F.S. dan Coughlin, R.S., "*Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu*", Penerbit Erlangga, 1990.
2. Hughes, F.W., "*Panduan Op-Amp*", P.T. Elek Media Komputindo, Jakarta, 1989.
3. Horn, D.T., "*Teknik Merancang Rangkaian Dengan IC*", P.T Elek Media Komputindo, Jakarta, 1989.
4. Kelompok Gramedia, "*Elek no 1 paket 9* ", PT. Elek Media Komputindo, Jakarta, 1993.

TL 074, TL 084, TL 074A,  
 TL 084A, TL 074B, TL 084B  
 Penguat Operasi dengan Jalanmasuk JFET  
 (JFET-input Operational Amplifiers)

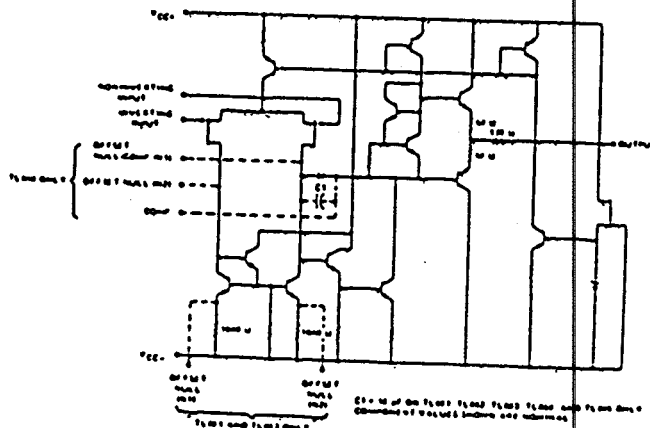
**Penjelasan TL 074**  
 Penguat operasi dengan ja-  
 lanmasuk JFET dari seri TL  
 074 sudah dirancang seba-  
 gai versi penguat seri TL 084  
 yang berdesah-rendah yang  
 disertai panjaran masukan  
 rendah dan laju lintingan  
 rendah dan laju lintingan  
 cepat. Karena cacat harmo-  
 nisa yang kecil dan juga  
 desah yang rendah, maka  
 seri TL 074 adalah cocok  
 sebagai penguat yang setia-  
 tinggi (*high-fidelity*) dan da-  
 lam penerapan penguat de-  
 pan audio. Masing-masing  
 penguat memiliki jalanma-  
 suk JFET (guna memperoleh  
 impedansi masukan tinggi)  
 yang dikopelkan kepada  
 tingkat keluaran duakutub  
 (*bipolar*); kesemuanya terin-  
 tegrasi dalam satu *chip* mo-  
 nolit.

**Penjelasan TL 084**  
 Rumpun penguat operasi  
 dengan jalanmasuk JFET

Kemasan Berlis-berdua (DIL) J atau N  
 kemasan plipih W (Tampak atas)



Skema (tutup penguat)



Tarif Maksimum mutlak pengoperasian dalam jelajahan suhu udara-bebas  
 Satuan

	TL 074C TL 084M	TL 074I TL 084I	TL 074C / TL 084C TL 074AC / TL 084AC TL 074BC / TL 084BC	UNIT
Tegangan catu, V <sub>cc</sub>	18	18	18	V
Tegangan catu, V <sub>ee</sub>	-18	-18	-18	V
Tegangan masukan diferensial	± 30	± 30	± 30	V
Tegangan masukan	± 15	± 15	± 15	V
Lama hubungsingkat keluaran	tak terbatas	tak terbatas	tak terbatas	V
Borosan total terus-menerus pada (a- tau di bawah) suhu udara-bebas 25° C	680	680	680	mW
Jelajahan suhu udara-bebas operasi	-55 ud 125	-25 ud 85	0 ud 70	°C
Jelajahan suhu simpan	-65 ud 150	-65 ud 150	-65 ud 150	°C
Jelajahan suhu timah dalam jarak 1/16 inci (1,6 mm) dari kemasan selama 60 detik	300	300	300	°C
Kemasan J atau JG		300	300	°C
Suhu timah dalam jarak 1/16 inci (1,6 mm) dari kemasan selama 10 detik		260	260	°C
Kemasan N atau P				°C

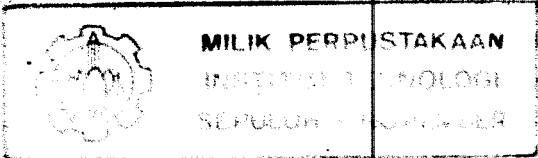
Karakteristik Elektrik,  $V_{CC} = \pm 15 V$

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>		TLO_C TLO_AC TLO_BC			UNIT
			Min.	Typ.	Max.	
V <sub>IO</sub> Input offset voltage	R <sub>G</sub> = 50 Ω, T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	3	10	mV	
		'74A, ('84A)	3	8		
		'74B, ('84B)	2	3		
	R <sub>S</sub> = 50 Ω, T <sub>A</sub> = full range	'74, ('84)	(Max. 20)	13		
		'74A, ('84A)		7.5		
		'74B, ('84B)		5		
ΔV <sub>IO</sub> Temperature coefficient of input offset voltage	R <sub>S</sub> = 50 Ω, T <sub>A</sub> = full range		10		μV/°C	
I <sub>IO</sub> Input offset current	T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	5	50(200)	pA	
		'74A, ('84A)	5	50		
		'74B, ('84B)	5	50(100)		
	T <sub>A</sub> = full range	'74, ('84)	(Max. 5)	2		
		'74A, ('84A)	(Max. 3)	2		
		'74B, ('84B)	(Max. 3)	2		
I <sub>IB</sub> Input bias current	T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	30	200(400)	pA	
		'74A, ('84A)	30	200		
		'74B, ('84B)	30	200		
	T <sub>A</sub> = full range	'74, ('84)	(Max. 10)	7		
		'74A, ('84A)		7		
		'74B, ('84B)		7		
V <sub>ICR</sub> Common-mode input voltage range	T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	±10	±11	V	
		'74A, ('84A)	±11	±12		
		'74B, ('84B)	±11	±12		
V <sub>OPP</sub> Maximum peak-to-peak output voltage swing	T <sub>A</sub> = 25°C, R <sub>L</sub> = 10 kΩ		24	27	V	
	T <sub>A</sub> = full range	R <sub>L</sub> > 10 kΩ R <sub>L</sub> > 2 kΩ	24	24		
A <sub>VO</sub> Large-signal differential voltage amplification	R <sub>L</sub> > 2 kΩ, V <sub>O</sub> = ±10 V, T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	25	200	V/mV	
		'74A, ('84A)	50	200		
		'74B, ('84B)	50	200		
		R <sub>L</sub> > 2 kΩ, V <sub>O</sub> = ±10 V, T <sub>A</sub> = full range	'74, ('84)	15		
			'74A, ('84A)	25		
			'74B, ('84B)	25		
f <sub>1</sub> Unity-gain bandwidth	T <sub>A</sub> = 25°C, R <sub>L</sub> = 10 kΩ		3		MHz	
r <sub>i</sub> Input resistance	T <sub>A</sub> = 25°C		10 <sup>11</sup>		Ω	
CMRR Common-mode rejection ratio	R <sub>S</sub> < 10 kΩ, T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	70	76	dB	
		'74A, ('84A)	80	86		
		'74B, ('84B)	80	86		
PSVR Supply voltage rejection ratio (ΔV <sub>CC</sub> /ΔV <sub>IO</sub> )	R <sub>S</sub> < 10 kΩ, T <sub>A</sub> = 25°C	'74, ('84)	70	76	dB	
		'74A, ('84A)	80	86		
		'74B, ('84B)	80	86		
I <sub>CC</sub> Supply current (per amplifier)	No load, T <sub>A</sub> = 25°C	No signal,	(84-)	2.8	mA	
				1.4 2.5		
V <sub>01</sub> /V <sub>02</sub> Channel separation	A <sub>VO</sub> = 100, T <sub>A</sub> = 25°C			120	dB	

bertipe TL 084 sudah dirancang untuk memungkinkan pilihan yang lebih luas ketimbang yang ada pada rumpun penguat-penguat operasi yang terdahulu. Masing-masing penguat operasi JFET ini menerapkan tran-

sistor JFET tegangan-tinggi dan transistor duakutub yang saling jodoh, dalam rangkaian Integrasi monolit. Peranti-peranti memiliki laju lantingan (*slew rate*) cepat, panjang masukan rendah, dan arus gelincir (*offset*)

kecil, dan pula koefisien suhu tegangan-gelincir rendah. Penepatan gelinciran (*offset adjustment*) dan kelengkapan-kelengkapan kompensasi ekstern ada pada rumpun TL 084.



MILIK PERPUSTAKAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI  
 SEPULUH MAREK 1959

**LINEAR  
 INTEGRATED  
 CIRCUITS**

**TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B,  
 TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075**  
**LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

BULLETIN NO. DL-4 1984, SEPTEMBER 1978—REVISED OCTOBER 1979

20 DEVICES COVER COMMERCIAL, INDUSTRIAL, AND MILITARY TEMPERATURE RANGES

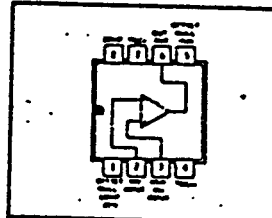
- Low Noise ...  $V_n = 18 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  Typ.
- Low Harmonic Distortion ... 0.01% Typ.
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- High Input Impedance ... JFET-Input Stage
- Internal Frequency Compensation
- Low Power Consumption
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate ... 13 V/μs Typ.

**description**

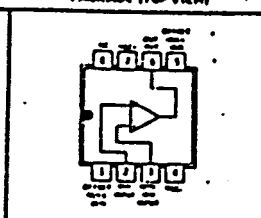
The JFET-input operational amplifiers of the TL071 series are designed as low-noise versions of the TL081 series amplifiers with low input bias and offset currents and fast slew rate. The low harmonic distortion and low noise make the TL071 series ideally suited as amplifiers for high-fidelity and audio preamplifier applications. Each amplifier features JFET-inputs (for high input impedance) coupled with bipolar output stages all integrated on a single monolithic chip.

Device types with an "M" suffix are characterized for operation over the full military temperature range of  $-65^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ , those with an "I" suffix are characterized for operation from  $-25^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ , and those with a "C" suffix are characterized for operation from  $0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$ .

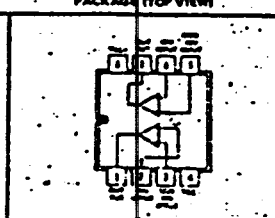
TL070, TL070A  
 J5 OR P DUAL-IN-LINE  
 PACKAGE (TOP VIEW)



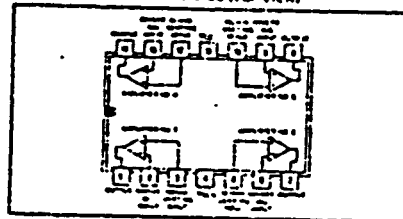
TL071, TL071A, TL071B  
 J5 OR P DUAL-IN-LINE  
 PACKAGE (TOP VIEW)



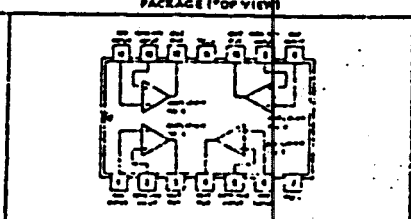
TL072, TL072A, TL072B  
 J5 OR P DUAL-IN-LINE  
 PACKAGE (TOP VIEW)



TL074, TL074A, TL074B  
 J8 OR P DUAL-IN-LINE  
 OR W PACKAGE (TOP VIEW)



TL075  
 8 EQUAL-IN-LINE  
 PACKAGE (TOP VIEW)



Copyright © 1979 by Texas Instruments Incorporated

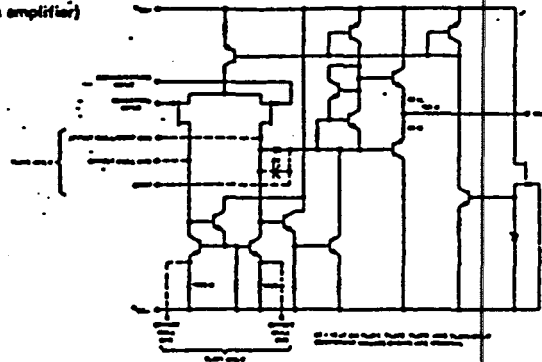
**TEXAS INSTRUMENTS**

INCORPORATED

POST OFFICE BOX 20118 • DALLAS, TEXAS 75220

**TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B,  
TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075  
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

Schematic (each amplifier)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	TL070_C	TL071_I	TL072_C TL072_AC TL072_BC	UNIT
Supply voltage, $V_{CC}$ , less Note 11	18	18	18	V
Supply voltage, $V_{EE}$ , less Note 11	-18	-18	-18	V
Differential input voltage, less Note 23	±30	±30	±30	V
Input voltage, less Notes 1 and 21	±18	±18	±18	V
Duration of output short circuit, less Note 43	Unlimited	Unlimited	Unlimited	
Continuous total dissipation at free board	600	600	600	mW
75°C free-air temperature, less Note 51				
Operating junction temperature range	-55 to 125	-25 to 85	0 to 70	°C
Storage temperature range	-65 to 150	-66 to 150	-66 to 150	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.5 mm) from case for 60 seconds	300	300	300	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.5 mm) from case for 10 seconds	350	350	350	°C

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between  $V_{CC}$  and  $V_{EE}$ .  
 2. Differential voltages are at the corresponding input terminals with respect to the inverting input terminal.  
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.  
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltage must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.  
 5. For operation above 25°C, free-air temperature, refer to Dissipation Rating Table. In the J and JN packages, TL070, TL071, TL072, TL072A, TL072B, TL072C, TL072AC, and TL072BC chips are pre-mounted.

ONE-PIN OPERATING TABLE

PACKAGE	POWER RATING	DERATING FACTOR	ABOVE $T_A$
J (Alloy Attached Chip)	600 mW	11.8 mW/°C	85°C
J (Case Attached Chip)	500 mW	8.3 mW/°C	87°C
JN (Alloy Attached Chip)	800 mW	8.4 mW/°C	86°C
JN (Case Attached Chip)	800 mW	6.8 mW/°C	47°C
N	630 mW	9.2 mW/°C	70°C
P	600 mW	8.8 mW/°C	65°C
W	600 mW	8.8 mW/°C	65°C

Also see Dissipation Rating Curve, Section 7.

DEVICE TYPE, CHIP VERSIONS, AND PACKAGES

	TL070	TL071	TL072	TL074	TL075
TL070_M	JL	JL	JL	JLW	*
TL070_I	JL, P	JL, P	JL, P	JL, N	*
TL070_C	JL, P	JL, P	JL, P	JL, N	*
TL070_AC	JL, P	JL, P	JL, P	JL, N	*
TL070_BC	*	JL, P	JL, P	JL, N	*

\* These combinations are not formed by 0% yield stock.

**TEXAS INSTRUMENTS**  
INCORPORATED  
POST OFFICE BOX 29116 • DALLAS, TEXAS 75229



**TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B,  
TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075  
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

Electrical characteristics,  $V_{CC1} = \pm 15\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	TL070, TL070A		TL071, TL071A, TL071B		TL072, TL072A, TL072B		TL074, TL074A, TL074B		UNIT	
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP		MAX
$V_{IO}$ Input offset voltage	$R_g = 50\ \Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	3	6	3	6	3	6	3	6	mV
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	3	6	3	6	3	6	3	6	
	$R_g = 50\ \Omega$ , $T_A = \text{full range}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	3	6	3	6	3	6	3	6	mV
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	3	6	3	6	3	6	3	6	
$P_{VIO}$ Temperature coefficient of input offset voltage	$R_g = 50\ \Omega$ , $T_A = \text{full range}$		10		10		10		10	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$ Input offset current I	$T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	5	50	5	50	5	50	5	50	nA
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	5	50	5	50	5	50	5	50	
	$T_A = \text{full range}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	20		10		2		2		nA
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	20		10		2		2		
$I_{IB}$ Input bias current I	$T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	30	200	30	200	30	200	30	200	nA
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	30	200	30	200	30	200	30	200	
	$T_A = \text{full range}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	50		20		2		2		nA
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	50		20		2		2		
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range	$T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	±11	±12	±11	±12	±11	±12	±11	±12	V
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	±11	±12	±11	±12	±11	±12	±11	±12	
$V_{OPP}$ Maximum peak-to-peak output voltage swing	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$ , $T_A = \text{full range}$	$R_L \geq 10\ \text{k}\Omega$	24	27	24	27	24	27	24	27	V
		$R_L \geq 2\ \text{k}\Omega$	24		24		24		24		
		$R_L \geq 2\ \text{k}\Omega$	20	24	20	24	20	24	20	24	
$A_{VO}$ Large-signal differential voltage gain	$R_L \geq 2\ \text{k}\Omega$ , $V_O = \pm 10\ \text{V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	25	200	20	200	25	200	25	200	V/mV
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	25	200	20	200	25	200	25	200	
		$R_L \geq 2\ \text{k}\Omega$ , $V_O = \pm 10\ \text{V}$ , $T_A = \text{full range}$	20		25		16		16		
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	20		25		16		16		
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		3		3		3		3	MHz	
$Z_i$ Input resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$		$10^{12}$		$10^{12}$		$10^{12}$		$10^{12}$	$\Omega$	
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_g = 10\ \text{k}\Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	80	85	80	85	80	85	80	85	dB
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	80	85	80	85	80	85	80	85	
$\mu_{SRR}$ Supply voltage rejection ratio (S.V.R.)	$R_g = 10\ \text{k}\Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	80	85	80	85	80	85	80	85	dB
		TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075	80	85	80	85	80	85	80	85	
$I_{CC}$ Supply current (per amplifier)	No load, $T_A = 25^\circ\text{C}$		14	24	14	24	14	24	14	24	mA
$V_{CL}/V_{OL}$ Channel crosstalk	$A_{VU} = 100$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$		120		120		120		120	dB	

<sup>1</sup> All test conditions are specified unless otherwise indicated. Full range for  $T_A$  is  $-55^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$  for TL070, TL071, TL072, TL074, and TL075;  $-40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  for TL070A, TL071A, TL071B, TL072A, TL072B, TL074A, and TL074B.  
<sup>2</sup> Types TL070B and TL071B are not defined by the data sheet.  
<sup>3</sup> Load and common-mode of a PGT input operational amplifier are typical junction temperature and typical peak-to-peak output current, which are temperature sensitive as shown in Figure 16. Full test range must be used and maximum junction temperature is equal to the ambient temperature at a given rate.

**TEXAS INSTRUMENTS**  
INCORPORATED  
POST OFFICE BOX 50078 • DALLAS, TEXAS 75250

**TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B,  
TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075  
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

operating characteristics,  $V_{CC1} = \pm 15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL071B			ALL OTHERS			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$A_{v1}$	Open loop at unit gain $V_i = 10\text{ mV}$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , See Figure 1	10	12		12			$V_{AV}$
$t_r$	Rise time $V_i = 20\text{ mV}$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , See Figure 1		0.1		0.1			ns
$V_{cl}$	Overshoot factor $R_g = 100\ \Omega$	$f = 1\text{ kHz}$	10		10			%
		$f = 50\text{ Hz to }10\text{ kHz}$	10		15			mV/V/kHz
$I_{cl}$	Equivalent input noise current $R_g = 100\ \Omega$ , $f = 1\text{ kHz}$		4		4			$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$
$I_{o1}$	Equivalent output noise current $R_g = 100\ \Omega$ , $f = 1\text{ kHz}$		0.01		0.01			$\mu\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$
TND	Total harmonic distortion $V_{O(\text{nom})} = 10\text{ V}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ , $f = 1\text{ kHz}$		0.01		0.01			%

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**

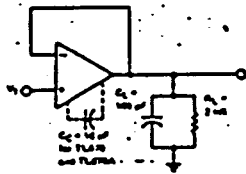


FIGURE 1—UNITY-GAIN AMPLIFIER

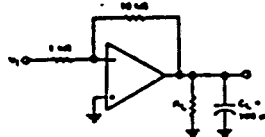


FIGURE 2—GAIN-OF-10 INVERTING AMPLIFIER

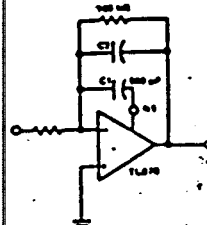


FIGURE 3—FEED-FORWARD COMPENSATION

**INPUT OFFSET VOLTAGE NULL CIRCUITS**

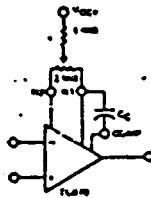


FIGURE 4

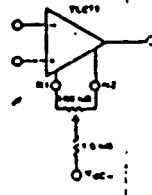


FIGURE 5

**TEXAS INSTRUMENTS**  
INCORPORATED  
POST OFFICE BOX 5018 DALLAS, TEXAS 75222

TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, T  
 TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B,  
 LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS\*

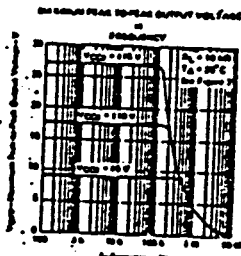


FIGURE 6

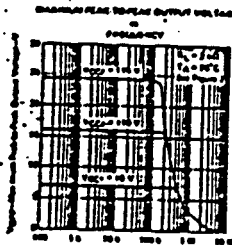


FIGURE 7

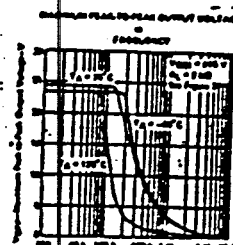


FIGURE 8

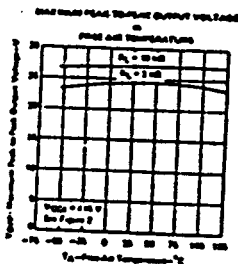


FIGURE 9

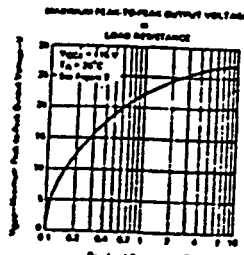


FIGURE 10

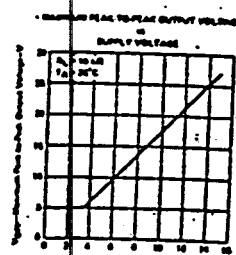


FIGURE 11

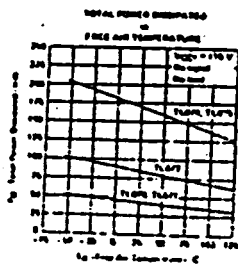


FIGURE 12

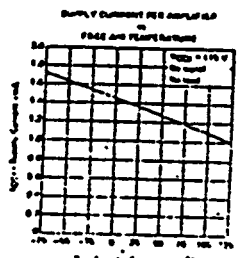


FIGURE 13

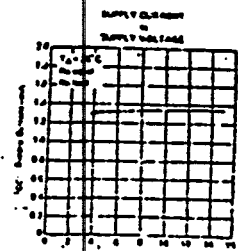


FIGURE 14

\*Data at high and low temperatures are applicable only within the operating temperature range of the devices shown. A 10% tolerance factor may be used with TL070 and TL070A.

TEXAS INSTRUMENTS  
 INCORPORATED  
 11000 TIRED BIRD BLVD • DALLAS TEXAS 75243

**TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B,  
TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075  
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

**TYPICAL CHARACTERISTICS<sup>1</sup>**

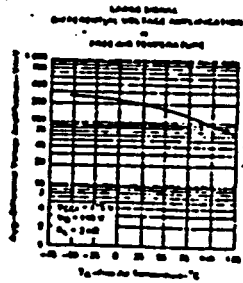


FIGURE 16

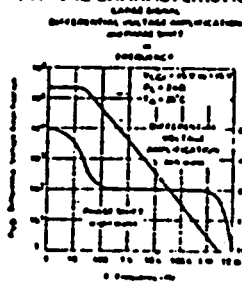


FIGURE 18

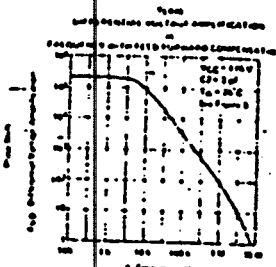


FIGURE 17

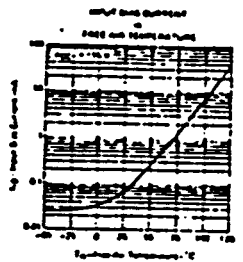


FIGURE 19

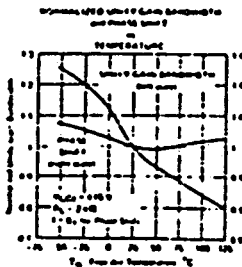


FIGURE 18

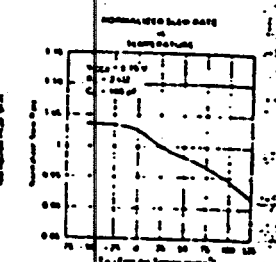


FIGURE 20

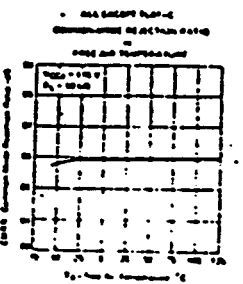


FIGURE 21

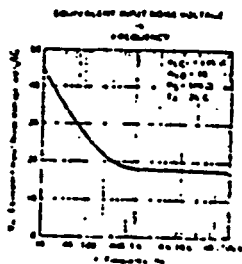


FIGURE 22

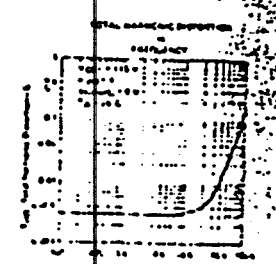


FIGURE 23

<sup>1</sup>Typical values at high and low temperatures are indicated only and are not valid over the full operating range of the various devices. A full operating range table can be found in the TL070 and TL071A.

**TEXAS INSTRUMENTS**  
INCORPORATED  
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

**TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B,  
TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075  
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

**TYPICAL CHARACTERISTICS<sup>1</sup>**

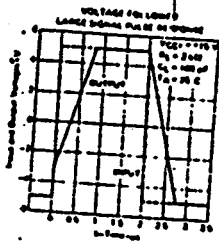


FIGURE 24

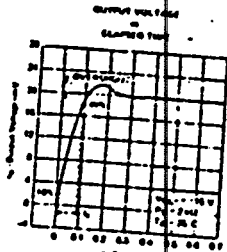


FIGURE 25

<sup>1</sup>Data at high and low temperatures are applicable only within the normal operating frequency temperature range of the various devices. A 10-μF compensation capacitor is used with TL070 and TL070A.