

# **ANALISIS KINERJA SWITCH TELEPON OTOMATIS**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S1 pada  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Sultan Agung



**OLEH :**

**NAMA : ULWAN HAKIM**

**NIM : 06.210.1118T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2011**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ ANALISIS KINERJA SWITCH TELEPON OTOMATIS ” disusun oleh :

Nama : Ulwan Hakim

Nim : 062101118T

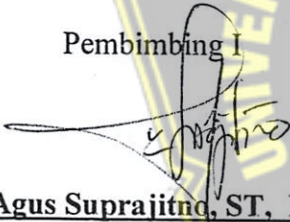
Jurusan : Tenik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 10 Agustus 2011

Pembimbing I



( Agus Suprajitno, ST, MT )

Pembimbing II



( Ir. H. Sukarno Budi U., MT )

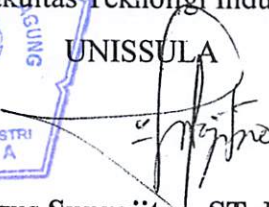


Mengetahui

Ka. Progdi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

UNISSULA



( Agus Suprajitno, ST, MT )

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir Dengan judul “ANALISIS KINERJA SWITCH TELEPON OTOMATIS” ini dipertahankan didepan penguji sidang tugas akhir pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 12 Agustus 2011

Tim penguji

Tanda Tangan

Ir. Ida Wihastuti, MT



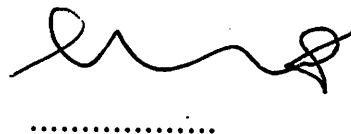
Ketua

M. Khosy'in, ST, MT



Penguji I

Ir. M. Haddin, MT



Penguji II

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ✓ “ *Sesungguhnya Allah tidak melihat kepada bentuk rupamu, keturunanmu, dan juga tidak kepada hartamu, tetapi Allah melihat kepada hati dan amalmu .”* ( HR. Al-Thabrani )
- ✓ “ *Sebaik – baik manusia adalah mereka yang paling bermanfaat bagi manusia lain di sekitarnya .”* ( Al-Hadits )
- ✓ “ *Sesungguhnya hidup ini adalah perjuangan bukan sebuah pilihan “*
- ✓ “ *Memang baik menjadi orang penting, tetapi jauh lebih penting menjadi orang baik “*
- ✓ *Janganlah kau membanggakan dirimu sendiri, sebab apa saja yang kau kerjakan tidak lain hanyalah kehendak Sang Pencinta*
- ✓ *Perbanyaklah kau beristighfar kepada Allah SWT , sebab hanya Allah lah yang memberikan ampunan kepada hamba-Nya.*

*Goresan tinta ini kupersembahkan kepada :*

*Istriku dan anak-anakku tercinta*

*Adik – adikku tersayang*

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah rabbil'alamin.* Segala puji bagi Allah, Tuhan yang menghidupkan dan mematikan. Dialah yang memberi petunjuk kepada orang – orang yang dikehendaki-Nya dan menyesatkan orang – orang yang mengingkari kebenaran. Dialah yang telah mengutus Muhammad *shallallahu 'alaihi wa sallam*, hamba-Nya yang terpilih dan paling utama, untuk membawa petunjuk kepada manusia. Karenanya, kepada hamba-Nya ini, marilah kita gerakkan lidah dan hati kita untuk bershalawat atasnya. *Allahumma shalli 'alaa Muhammad wa' alaa aali Muhammad. Amma ba'du.*

Penulis merasa sangat bersyukur bisa mendapatkan rezeki dari Allah berupa kesempatan dan kemampuan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Kinerja Switch Telepon Otomatis** “. Laporan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.

Rasa terima kasih yang sebesar – besarnya perlu penulis haturkan kepada :

1. Bapak Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dan juga dosen pembimbing II
2. Bapak Agus Suprajitno, ST., MT selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dan juga selaku Dosen pembimbing I
3. Ayah dan Bunda tercinta yang senantiasa memberi nasehat, kasih sayang dan Doa.

4. Istri dan anak-anakku yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
5. Kakak – adikku tersayang yang senantiasa memberikan keceriaan.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Demikianlah. Semoga Allah memberi kemanfaatan atas Laporan Tugas Akhir ini bagi penulis, bagi yang membaca, serta bagi seluruh kaum muslimin seluruhnya.

Semoga apa yang lurus dalam laporan ini akan diangkat oleh Allah sehingga kebenarannya akan memancar kuat dan apa yang khilaf dalam laporan ini akan diampunkan-Nya. *Allahumma amin*

Semarang, Agustus 2011

Penulis

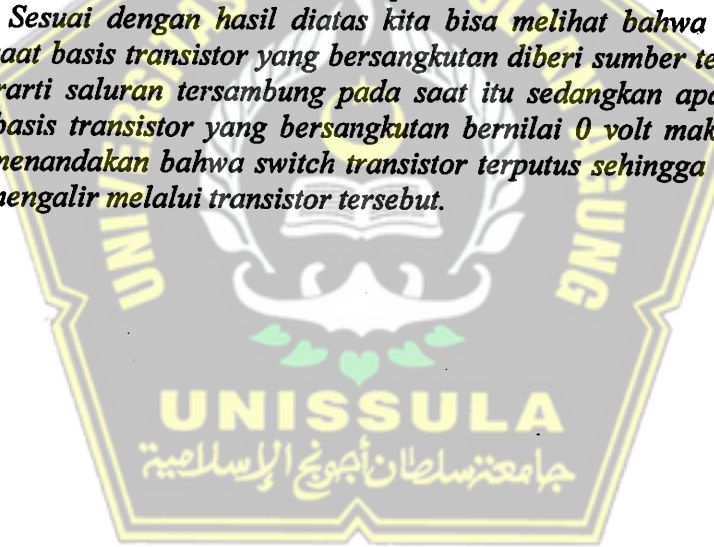


## ABSTRAK

*Keluaran komparator berdigit menandakan saluran dalam keadaan on hook atau off hook berdasarkan sinyal yang dihasilkannya. Munculnya sinyal dengung akan menaikkan tegangan jembatan dan mengakibatkan keluaran komparator beranjak ke High State. Apabila on hook maka keluaran akan tertahan Low state dengan suatu penguatan tegangan.*

*Keluaran dari pemicu dihubungkan ke transistor switch telepon untuk memutuskan hubungan antara saluran telepon satu dengan telepon yang lain dan menyambungkan telepon yang off hook pertama kali. Jika telepon satu off hook terlebih dahulu daripada telepon yang lainnya maka telepon yang lainnya akan dilepas dari saluran telepon secara otomatis.*

*Sesuai dengan hasil diatas kita bisa melihat bahwa LED menyala pada saat basis transistor yang bersangkutan diberi sumber tegangan 5 volt. Ini berarti saluran tersambung pada saat itu sedangkan apabila tegangan pada basis transistor yang bersangkutan bernilai 0 volt maka LED padam yang menandakan bahwa switch transistor terputus sehingga tidak ada arus yang mengalir melalui transistor tersebut.*





## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAKSI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Tugas Akhir .....	2
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika Penulisan Laporan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Detektor.....	6
2.1.1. Detektor Saluran Telepon .....	7
2.2. Sinyal DTMF.....	7
2.3. Penguat Operasional.....	8
2.3.1. Penguat Membalik ( Inverting Amplifier ) .....	10
2.3.2. Penguat Tak Membalik ( Non – Inverting Amplifier ).....	12
2.4. Komponen Elektronika .....	14
2.4.1. Resistor .....	15
2.4.2. Kapasitor .....	18
2.4.3. Dioda.....	25
2.4.4. Transistor Bipolar .....	27
2.4.5. Pengaruh Suhu pada Transistor .....	31



2.4.6.	Model Hybrida Transistor.....	32
2.4.7.	Transistor Sebagai Sakelar.....	34
2.4.8.	Ragam Pengoperasian Transistor.....	35
2.4.9.	Operasi Transistor Sebagai Sakelar Elektronik .....	37
<b>BAB III ANALISA MELALUI PERHITUNGAN .....</b>		<b>45</b>
3.1.	Perhitungan Umum .....	45
3.1.1.	Susunan Diagram Blok dan Cara Kerja .....	46
3.1.2.	Diagram Blok Switch Telepon.....	46
3.1.3.	Analisa Cara Kerja Switch Telepon Otomatis .....	46
3.2.	Analisa Bagian – Bagian Alat .....	47
3.2.1.	Analisa Rangkaian Penyearah Tegangan Saluran.....	47
3.2.2.	Analisa Perhitungan Penyearah Tegangan Saluran .....	49
3.2.3.	Analisa Rangkaian Pemicu .....	50
3.2.4.	Analisa Perhitungan Rangkaian Pemicu.....	51
3.2.5.	Analisa Rangkaian Switch Saluran.....	52
3.2.6.	Analisa Cara Kerja Switch Saluran.....	53
<b>BAB IV PENGUKURAN ALAT.....</b>		<b>54</b>
Pengukuran Pada Bagian – Bagian Sistem .....		55
4.1.	Pengukuran Penyearah Tegangan Saluran .....	55
4.2.	Pengujian Rangkaian Pemicu .....	56
4.3.	Pengujian Rangkaian Switch Saluran.....	58
4.4.	Analisa Hasil Pengujian switch saluran.....	61
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>62</b>
5.1.	Kesimpulan.....	62
5.2.	Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>64</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Simbol Penguat Operasi .....	7
Gambar 2.2	: Rangkaian Setara OP-Amp .....	8
Gambar 2.3	: Rangkaian Penguat Membalik.....	9
Gambar 2.4	: Rangkaian Penguat Tak Membalik .....	10
Gambar 2.5	: Konstruksi Rangkaian Penyangga .....	12
Gambar 2.6	: Simbol Resistor .....	14
Gambar 2.7	: Hubungan Tegangan arus dan resistansi .....	16
Gambar 2.8	: Representasi skematis sebuah kapasitor .....	17
Gambar 2.9	: Simbol Kapasitor .....	21
Gambar 2.10	: Bentuk gelombang yang dihasilkan suatu kapasitor .....	22
Gambar 2.11	: Kurva karakteristik dioda .....	23
Gambar 2.12	: Simbol dioda semikonduktor .....	25
Gambar 2.13	: Simbol Transistor .....	25
Gambar 2.14	: Transistor PNP .....	26
Gambar 2.15	: Suatu transistor dalam konfigurasi emitter sekutu .....	27
Gambar 2.16	: Karakteristik masukan emitter sekutu pada transistor .....	27
Gambar 2.17	: Karakteristik keluaran emitter yang khas pada transistor ...	28
Gambar 2.18	: Model sinyal kecil hybrid .....	31
Gambar 2.19	: Transistor sebagai elektronik .....	32
Gambar 2.20	: Ragam kerja transistor .....	34
Gambar 2.21	: Operasi kerja transistor dan karakteristik operasinya .....	36
Gambar 2.22	: Operasi transistor sbagai saklar .....	38
Gambar 2.23	: Kondisi pensaklaran transistor terhadap pembebanan induktif .....	40
Gambar 3.1	: Blok diagram switch telpon otomatis .....	44
Gambar 3.2	: Rangkaian penyearah tegangan saluran .....	46

Gambar 3.3	: Rangkaian pemacu .....	49
Gambar 3.4	: Skema rangkaian switch saluran .....	50
Gambar 4.1	: Rangkaian pengujian sensor arus Loop .....	53
Gambar 4.2	: Pengujian rangkaian pemacu .....	54
Gambar 4.3	: Rangkaian penguji switch saluran telpon .....	57



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Kombinasi sinyal frekuensi DTMF ..	6
Tabel 2.2	: Nilai angka gelang-gelang berwarna pada resistor arang ..	14
Tabel 2.3	: Daya kerja resistor karbon ..	15
Tabel 2.2	: Kode warna pada kapasitor film.....	20
Tabel 4.1	: Data hasil pengujian penyearah tegangan saluran ..	54
Tabel 4.2	: Data hasil pengujian rangkaian pemicu ..	55
Tabel 4.3	: Perbandingan selisih Vbb pengukuran terhadap Vbb perhitungan.....	56
Tabel 4.4	: Data hasil pengujian switch saluran ..	58



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi dibidang komunikasi semakin maju dengan banyak dikeluarkannya model – model telepon rumah maupun telepon selluler yang baru. Walaupun demikian telepon kabel atau istilahnya telepon rumah masih banyak yang menggunakannya untuk sarana komunikasi. Maka masyarakat akan menggunakan alat pencabang telepon otomatis sekedar untuk memenuhi kemudahan akan sarana komunikasi telepon di dalam rumah.

Alat pencabang telepon otomatis atau switch telepon otomatis adalah alat yang berfungsi sebagai pambagi sekaligus penyekat pembicaraan telepon. Alat ini dapat digunakan untuk mengkombinasikan pemasangan dua buah pesawat telepon atau lebih sekaligus melindungi pembicaraan antara salah satu percabangan telepon lainnya ditempat terpisah.

Switch telepon otomatis ini dijual bebas dipasaran dan merupakan alat yang disisipkan pada saluran telepon dan sebagai daya arus searah yang terdapat pada saluran, sehingga daya yang diteruskan ke pesawat telepon cabang menjadi sedikit berkurang.

Untuk menganalisis besaran kerugian daya maupun distorsi yang menjadi pada saluran, maka perlu dilakukan dengan cara menganalisis kinerja switch telepon otomatis tersebut dengan menggunakan analisa rangkaian transistor dan rangkaian listrik dengan struktur rangkaian elektrik dari telepon tersebut.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Masalah dalam tugas akhir ini di rumuskan sebagai berikut : menganalisa rangkaian transistor dalam dari penyisipan switch telepon otomatis dalam saluran telepon.

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Dalam tugas akhir ini masalah dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

1. teknik analisa yang digunakan adalah teknik analisa rangkaian listrik DC dan rangkaian transistor untuk mempelajari kinerja dari switch telepon otomatis yang banyak dijual dipasaran
2. membandingkan keuntungan dari kerugian antara penggunaan switch telepon otomatis dengan alat percabangan telepon biasa

## **1.4. Tujuan Tugas Akhir**

Ada dua macam manfaat yang diperoleh melalui tugas akhir ini :

- a. Manfaat bagi civitas Akademik UNISSULA
  - Memperkenalkan penggunaan rangkaian listrik DC analisa rangkaian transistor dalam mempelajari kinerja switch telepon otomatis dan mengamati pengaruh penyisipan kedalam saluran telepon.
  - Menerapkan pengetahuan dibidang teknik elektro dalam tugas sekaligus memberi beban / refrensi bagi penelitian pada tahapan selanjutnya.
- b. Manfaat bagi masyarakat luas
  - Membantu menemukan hasil analisa yang dapat digunakan sebagai bahan rujukan bagi masyarakat luas untuk dapat memiliki antara penggunaan menggunakan switch telepon sebagai alat percabangan telepon atau tidak.



- Agar masyarakat dapat membandingkan keuntungan dan kerugian penggunaan switch telepon otomatis (elektronika) maupun percabangan saluran biasa (non – elektronik)

### 1.5. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Studi Literatur : mencari dan mengumpulkan informasi tentang perancangan perangkat keras serta mengklasifikasikannya sehingga dapat digunakan sebagai referensi yang meyakinkan, relevan dan mendukung
2. Metode pengukuran : yaitu mengukur arus dan tegangan pada berbagai kondisi saluran terhadap switch telepon otomatis untuk memperoleh data hasil penelitian
3. Metode analisa : membandingkan data hasil pengukuran dengan data hasil pengujian serta mengukur selisih perbedaannya

### 1.6. Sistematika Penulisan Laporan

Dalam rangka mewujudkan dan menyajikan format laporan yang mudah dipahami runtutan yang jelas, maka laporan penelitian (TUGAS AKHIR) ini dibuat dengan struktur penyajian sebagai berikut :

- BAB I** : merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, tujuan penelitian dan pembatasan masalah
- BAB II** : berisi teori dasar yang menunjang pelaksanaan Tugas Akhir serta pengkajian prinsip kerja transistor, dioda semikonduktor serta manfaat komponen tersebut dalam kehidupan sehari-hari serta karakteristik saluran telepon.
- BAB III** : berisi proses analisa rangkaian switch telepon otomatis dan pengujian rangkaian switch telepon otomatis memberi input dan melihat outputnya, serta catatan hasil – hasilnya.



- BAB IV** : membuat analisis numerik yang membandingkan pengukuran dengan hasil – hasil pengujian switch telepon otomatis
- BAB V** : berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh selama melakukan penelitian (TA)



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Detektor

Secara teoritis, detektor tidak dapat disamakan dengan transduser. Transduser adalah komponen sedangkan detektor merupakan kombinasi dari beberapa transduser untuk membentuk fungsi baru yang lebih kompleks. Detektor berupa rangkaian elektronika komponen, yaitu rangkaian yang terdiri dari beberapa transduser elektronik kombinasi transduser elektronik dan mekanis.

Detektor elektronik terdiri dari sejumlah komponen yang secara bersama – sama digunakan untuk mengolah sinyal hasil pendeteksian tersebut. Detektor pada umumnya menggunakan sensor sebagai salah satu komponen pendukung yang memiliki fungsi sangat vital. Yaitu untuk memperoleh sinyal yang dibutuhkan dalam pengendalian.

Sebuah detektor umumnya dapat dibagi dalam tiga elemen penyusun utama, yaitu : peralatan masukan, pengkondisi sinyal ( signal conditioning ) atau peralatan pengolah, dan peralatan keluaran ( output ). Peralatan masukan menerima sinyal yang akan diukur dan menghasilkan sebuah sinyal elektrik yang sebanding dengan peralatan pengkondisi sinyal. Disini sinyal tersebut diperkuat, ditapis atau jika tidak dimodifikasi menjadi sebuah format yang cocok bagi peralatan keluaran bias berupa sebuah alat petunjuk sederhana, sebuah CRO atau sebuah kartu pencatat untuk peragaan visual. Dia juga bias berupa sebuah alat pencatat pita magnetic untuk menyimpan data masukan sementara atau permanen. Jenis sistem bergantung pada apa yang akan diukur dan bagaimana hasil pengukuran tersebut disajikan.

### 2.1.1. Detektor Saluran Telepon

Detektor saluran telepon adalah detektor yang digunakan untuk mengetahui status saluran telepon pada sisi pelanggan, yaitu apakah saluran On hook atau Off hook berarti gagang telepon diletakan dan tegangan pada saluran mencapai sekitar 48 volts. Sedangkan off hook berarti gagang telepon diangkat dan tegangan pada saluran turun menjadi 9 volt.

Secara praktis, detektor telepon mendeteksi perubahan pada tegangan saluran tersebut, yaitu mengetahui kapan tegangan mencapai 48 volt dan kapan mencapai 9 volt. Keluaran detektor saluran telepon dapat digunakan sebagai sinyal indikator untuk melakukan penyambung maupun memutuskannya.

### 2.2. Sinyal DTMF

DTMF singkat dari *Dual Tone Multiple Frequency*, yaitu nada ganda frekuensi jamak. DTMF adalah sinyal yang terdiri dari dua nada yang dikombinasikan dalam berbagai frekuensi dan digunakan secara luas sebagai pembangkit sinyal panggil dari pesawat telepon ke sentral telepon.

Infrastruktur atau komponen DTMF terdiri dari *DTMF encoder*, yang berfungsi sebagai pembangkit sinyal DTMF dan digunakan pada sisi pemanggil. DTMF encoder berfungsi untuk mengkodekan tombol – tombol telepon dalam matriks berukuran 3 x 4 menjadi sinyal – sinyal nada ganda frekuensi jamak.

Sedangkan yang satunya adalah *DTMF decoder*, yang fungsinya adalah menterjemahkan kode – kode DTMF menjadi kombinasi logika keluaran dan kombinasi alamat sambungan telepon yang mengenali nomor – nomor penyambung.

Encoder DTMF disebut Pembangkit DTMF adalah merupakan pembangkit sinyal yang merupakan kombinasi dua fruekuensi yang dipilih dari kelompok frekuensi atas dan kelompok frekuensi bawah. Adapun kombinasinada DTMF adalah sebagai berikut

Tabel 2.1 Kombinasi sinyal frekuensi DTMF

Hz	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

DTMF dibangkitkan oleh sebuah IC pembangkit DTMF atau *encoder DTMF* sebagai sinyal pemanggil nomor telepon pada sentral telepon otomat. Dengan adanya sinyal DTMF encoder dan DTMF decoder yang dipadukan, maka dapat dibangun sebuah sistem pemanggil dan penerjemah kode pemanggil nomor telepon yang mudah. Hal ini menimbulkan diluncurkannya produk telepon – telepon otomatis saat ini.

### 2.3. Penguat Operasional

Op – Amp atau penguat operasional adalah suatu penguat DC dengan kemampuan penguat yang cukup tinggi dan dapat digunakan mulai dari frekuensi 0 Hz sampai dengan beberapa Mhz. dengan menambah resistor – resistor eksternal maka akan diperoleh suatu penguatan yang dikehendaki dari rangkaian Op – Amp tersebut.

Penguat ini disusun dari sebuah penguat deferensial pada tingkat depan dan sebuah penguat komplementer pada tingkat akhirnya. Pada suhu kamar disipasi dayanya sekitar 1 watt. Kebanyakan penguat operasional ( op – amp ) mempunyai bagian – bagian tambahan yang diperlukan untuk menambah peningkatan daya, guna memperoleh penguatan yang dikehendaki. Pada saat ini hampir semua jenis operasional menjadi pilihan para perancang di dalam mendesain rangkaian.

Sebagai penguat ideal, Op – Amp ideal juga mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Mempunyai karakteristik penguatan tegangan yang sangat tinggi, pada operasi ikal terbuka ( *open loop* )
- Impedansi masukan (  $Z_{in}$  ) yang sangat tinggi, tidak terhingga (  $Z_{in} = \infty$  )
- Impedansi keluaran (  $Z_{out}$  ) yang sangat rendah, idealnya sama dengan nol (  $Z_{out} = 0$  )
- Jika masukan nol, maka keluaran juga akan sama dengan nol
- Lebar bidang penguatan ( *Gain Bandwidth Power Product* ) besar sekali, secara ideal adalah tidak terhingga.

Namun demikian, secara praktis, semua komponen yang pernah dibuat manusia tetaplah memiliki kebatasan dan jauh dari ideal, sehingga untuk mencapai keadaan ideal tersebut manusia menciptakan banyak op – amp dengan klasifikasi yang beraneka ragam sesuai dengan maksud dan tujuan pemakaiannya.

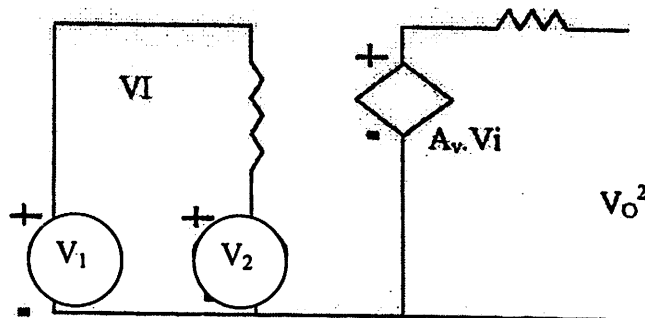
Simbol penguat operasi diperlihatkan pada gambar 1 ini :



Gambar 2.1 Simbol Penguat Operasi

Kedua masukan op- amp berupa non inverting dengan masukan positif dan masukan inverting dengan masukan negatif. Selain itu dilengkapi dengan sebuah keluaran dan tegangan catu 0 sampai 30 volt.

Dalam simbol tersebut  $V_1$  adalah inverting input ( masukan membalik ) dan  $V_2$  adalah non – inverting input ( masukan tak membalik ).  $V_{out}$  adalah keluaran Op – Amp. Berikut ditunjukkan rangkaian setara operaional dari op – amp :



Gambar 2.2 Rangkaian Setara Op-Amp

Penggunaan penguat operasional ini secara mendasar konstruksi penguat membalik dan penguat tak membalik.

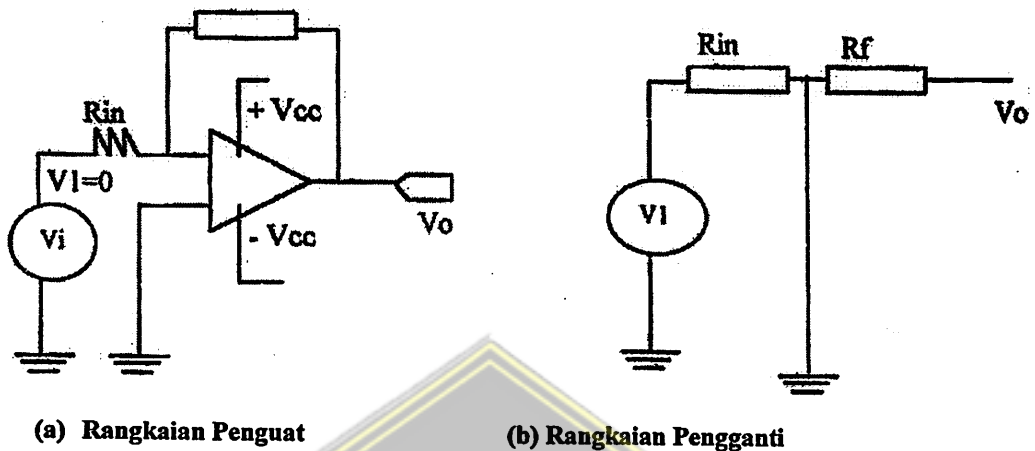
### 2.3.1. Penguat Membalik ( Inverting Amplifier )

Sebagai penguat membalik, Op – Amp menerima arus atau tegangan kecil pada masukannya dan membangkitkan arus atau tegangan yang lebih besar pada keluarannya. Penguat Op – amp memiliki penguatan ( gain ) yang relative linier, keluarannya dikendalikan sebagai fungsi dari masukan.

Penguat Op – Amp dikendalikan oleh suatu jaringan resistif luar dalam modus loop tertutup. Penyusunan loop tertutup demikian disebut umpan balik negatif ( *degreneratif* ). Tegangan dengan fasa yang berlawanan pada keluaran dibalikkan kembali pada masukan membalik, sehingga cenderung melawan tegangan masukan dan tetap mempertahankan masukan Op - amp hingga mendekati 0 volt. Umpan balik tidak begitu saja menghilangkan tegangan masukan untuk menghasilkan tegangan 0 volt, karena hal itu berarti, menghilangkan umpan balik itu sendiri. Jadi perubahan keluaran tidak akan mencolok pada keluaran akan tetapi akan tetap terjadi perubahan tegangan.

Operasi rangkaian membalik dilakukan dengan menggunakan masukan membalik seperti input sinyal. Umpan balik disini tujuannya untuk membatasi penguatan op – amp.





(a) Rangkaian Penguat

(b) Rangkaian Pengganti

Gambar 2.3 Rangkaian Penguat Membalik (inverting amplifier)

Dari gambar 2.3 dapat kita analisa bahwa karakteristik op – amp secara ideal impedansi masukannya sangat tinggi, maka akibatnya tidak ada arus yang masuk ke terminal input. Semua arus hanya akan melalui  $R_{in}$  dan  $R_f$  seperti nampak pada gambar 2.3

Kriteria selanjutnya, reproduksi penguatan yang ditimbulkan op – amp secara ideal tak terhingga, ini berarti bati penguatan tegangan ( $A_v$ ) nilainya besar sekali, walaupun secara operasional tegangan catunya sudah dibatasi. Tegangan pada tingkat keluaran didefinisikan sebagai :

$$V_{out} = -A_v \cdot V_{in} \quad (2.1)$$

Dari keadaan tersebut, titik A ( pada gambar 2.4 ) diasumsikan memiliki tegangan nol sehingga rangkaian akan menghasilkan nilai – nilai berikut :

$$\text{— .....(2.1)}$$

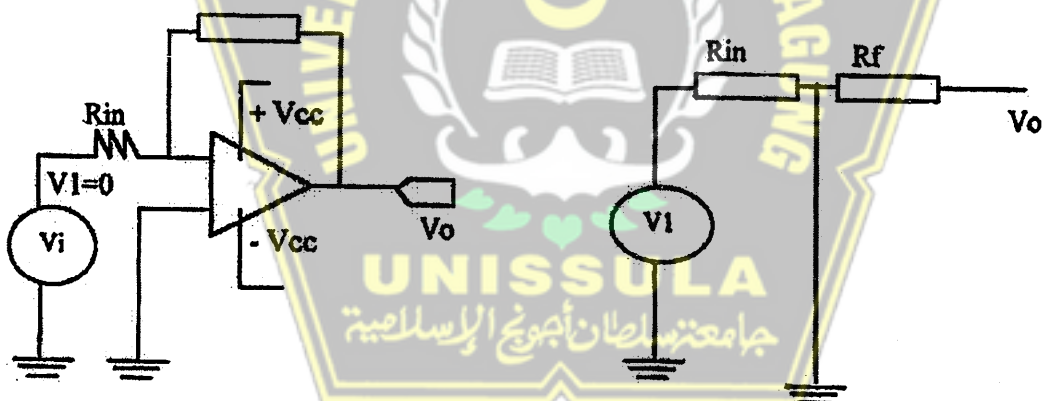


$$A_v = \frac{R_2}{R_1} \dots\dots(2.2)$$

$$A_v = \frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots(2.3)$$

### 2.3.2. Penguat Tak Membalik (*Non – Inverting Amplifier*)

Op – Amp dapat dipakai sebagai penguat tak membalik, yaitu dengan memberikan tegangan masukan kepada masukan tak membalik dan memberikan suatu nilai tegangan pada masukan membalik. Mekanismenya adalah bahwa apabila tegangan masukan diberikan pada masukan tak membalik ( $V_+$ ) misalnya  $V_2$  dengan kondisi sinyal pada masukan membalik ( $V_-$ ) di groundkan, maka sinyal keluaran tidak terbalik fasanya.



(a) Rangkaian Penguat

(b) Rangkaian Pengganti

Gambar 2.4 Rangkaian Penguat Tak Membalik (non-inverting amplifier)

Dalam konfigurasi rangkaian ini merupakan umpan balik yang digunakan untuk mengatur penguatan diberikan pada masukan membalik, tetapi tegangan masukan ( $V_{in}$ ) diberikan pada masukan tak membalik. Tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) akan sefasa dengan tegangan masukan.

Pada rangkaian tersebut, resistor – resistor  $R_f$  dan  $R_i$  membentuk jaringan pembagi resistif untuk memberikan tegangan umpan balik yang diberikan pada masukan membalik cenderung menyamai dengan masukan tak membalik, maka :

$$I = E_i / R_i$$

Karena arus ( $I$ ) mengalir melalui  $R_f$  sehingga penurunan tegangan pada  $R_f$  ( $V_{rf}$ ) dapat ditentukan :

$$V_{rf} = I \cdot R_f = (R_f / R_i) E_i \quad (2.3)$$

Tegangan keluaran ( $V_0$ ) diperoleh dengan jalan menjatuhkan tegangan pada  $R_i$  ( $E_i$ ) dan jatuh tegangan pada  $R_f$  ( $V_{rf}$ )

$$V_0 = E_i + (R_f / R_i) E_i \text{ atau} \\ V_0 = (1 + R_f / R_i) E_i \quad (2.4)$$

Sehingga penguatan menjadi :

$$A_{cl} = V_0 / E_i = 1 + (R_f / R_i) \quad (2.5)$$

Sedangkan penguatan op – amp dapat dianalisa sebagai berikut :

$$A_v = \frac{V_o}{V_2} \dots\dots (2.6)$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_A} \dots\dots (2.7)$$

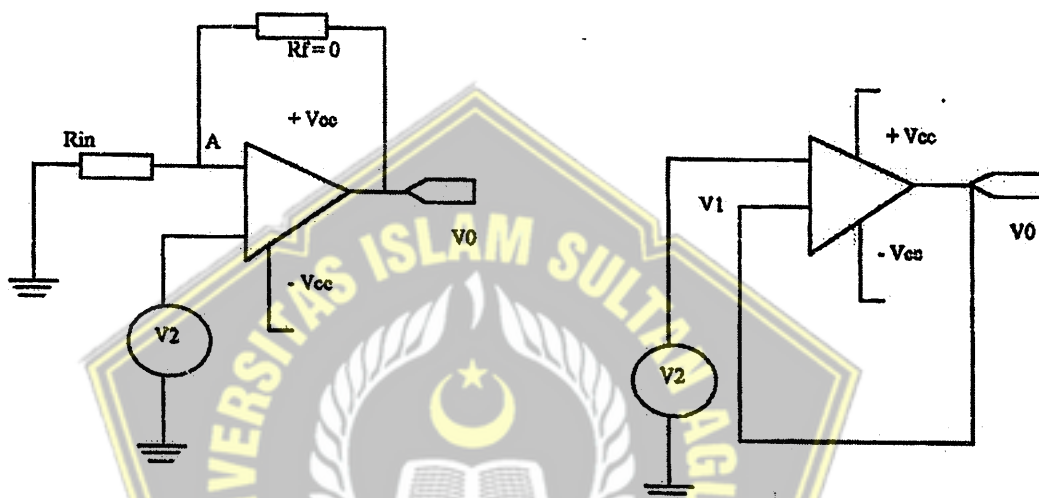
$$A_v = \frac{(R_1 + R_m)}{R_m} \dots\dots (2.8)$$

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_m} \quad (2.9)$$

Dari analisa persamaan diatas nampak bahwa hasil dari konstruksi penguat tak membalik selalu lebih besar dari satu dan keluaran yang dihasilkan tidak berlawanan fasa terhadap fasa sinyal masukannya.

Modifikasi dari rangkaian penguat tak membalik ini dapat dimanfaatkan sebagai penguat penyangga (buffer), jika secara ekstrim dianggap  $R_{in} = \infty$  dan  $R_f = 0$ .

Konstruksi rangkaian penyangga beserta rangkaian lazimnya adalah sebagai berikut :



(a) Rangkaian penguat

(b) Penggambaran rangkaian lazim penyangga

Gambar 2.5 Konstruksi rangkaian penyangga (voltage follower)

Kesimpulannya adalah bahwa dengan perkaitan lain bila diberikan umpan balik 100% maka keluaran akan mengikuti masukannya. Tegangan masukan membalik selalu menyamai masukan tegangan tak membalik, jadi selisih tegangan diantara kedua masukannya kira – kira selalu nol.

## 2.4. Komponen Elektronika

Komponen elektronika merupakan elemen fundamental dalam pengembangan suatu sistem elektronik yang lebih kompleks fungsinya. Setiap jenis komponen memiliki sifat dan karakteristik sendiri – sendiri sesuai dengan fungsi yang akan dijalankannya.

Secara garis besar dalam teknologi elektronika komponen – komponen pembangunan rangkaian dapat dikategorikan menjadi dua kelompok menurut segi operasi teknisnya. Dua kategori tersebut adalah komponen pasif dan komponen aktif.

Komponen pasif adalah merupakan komponen yang dikategorikan tidak mampu mengadakan penguatan, jadi dengan asumsi teknis jika pada suatu rangkaian elektronika menetapkan penggunaan komponen ini pasti akan mengalami suatu redaman ( *inserterion loos* ), sebagai contoh penggunaan filter – filter seperti cross over. Pada aplikasi terapannya jenis – jenis dari komponen ini adalah resistor, indikator dan kapasitor.

Sedangkan komponen aktif adalah komponen yang mampu mengadakan penguatan, sehingga secara aplikasi penerapan penggunaan komponen ini akan lebih luas terapannya. Sebagai contoh adalah komponen dasar transistor. Transistor merupakan suatu komponen yang dapat dikategorikan komponen aktif. Hampir semua rangkaian elektronika menggunakan komponen jenis ini. Walaupun teknologi dari generasi ke generasi berevolusi menjadi teknologi terintegrasi tetapi rangkaian dasar pembentuknya berasal dari resistor. Probabilitas pemakaian resistor lebih sering dipergunakan pada rekayasa suatu rangkaian elektronika. Secara konstruktif resistor dapat dikategorikan ke dalam penguat arus.

#### 2.4.1. Resistor

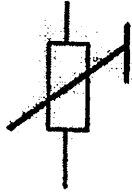
Resistor merupakan komponen pasif yang banyak digunakan dalam rangkaian elektronika. Terbuat dari bahan karbon atau lilitan kawat (wire-wound), nilainya dapat dibuat tetap maupu variable. Satuan resistor adalah Ohm ( $\Omega$ ), fungsi resistor yaitu untuk :

- a. Menghambat aliran arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan rangkaian
- b. Menurunkan dan membagi tegangan

Berikut adalah gambar simbol resistor:



Resistor Tetap



Resistor Trimer



Potensiometer

Gambar 2.6 Simbol Resistor

Dibawah ini adalah nilai resistansi resistor tersebut :

Tabel 2.2 Nilai angka gelang – gelang berwarna pada resistor Arang

WARNA	GELANG KESATU	GELANG KEDUA	GELANG KETIGA	TOLERANSI (%)
Hitam	0	0	1	
Cokelat	1	1	10	1%
Merah	2	2	$10^2$	2%
Orange	3	3	$10^3$	
Kuning	4	4	$10^4$	
Hijau	5	5	$10^5$	
Biru	6	6	$10^6$	
Ungu/violet	7	7	$10^7$	
Abu-abu	8	8	$10^8$	
Putih	9	9	$10^9$	
Emas			$10^{-1}$	5%
Perak			$10^{-2}$	10%
Tanpa warna				20%

Beberapa resistor yang dipasang secara paralel memiliki tegangan yang besar dan kapasitas yang menjadi lebih kecil daripada nilai resistor terkecil dalam rangkaian tersebut dirumuskan sbb :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \dots \dots (2.10)$$

Resistor yang dihubungkan seri resistensinya menjadi besar, arusnya tetap sedangkan tegangannya terbagi pada resistor – resistor serinya. Dan hal ini dirumuskan sebagai berikut :

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots \dots \dots (2.11)$$

Masing – masing resistor memiliki daya  $\frac{1}{4}$  watt  $\frac{1}{2}$  watt dan 1 watt. masalah utama dalam resistor adalah derau. Derau pada resistor semakin besar bila suhunya naik atau resistor tersebut sudah usang. Nilai resistor dapat juga bergeser dari nilai sebelumnya karena sudah usang.

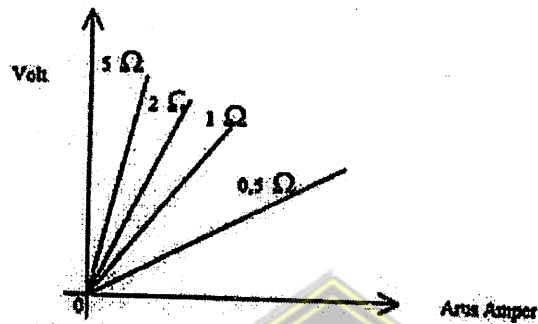
Berikut adalah table daya kerja resistor karbon :

Tabel 2.3 Daya kerja resistor karbon

Daya Kerja (watt)	Tegangan maksimum yang disarankan	
	DC kontinyu atau AC arus	Pulsa DC atau AC rms (volt)
0,1	125	200
0,125	150	250
0,25	200	400
0,5	350	650
1,0	500	800
2,0	700	1000

Sedangkan diagram berikut menunjukkan hubungan antara tegangan, arus dan resistensi suatu resistor arang :





Gambar 2.7 Hubungan Tegangan arus dan resistansi

Nilai tegangan, arus dan resistansi dihubungkan dengan hukum  $\Omega$  (ohm) yang dirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots (2.12)$$

Hukum tersebut berlaku untuk arus AC maupun DC.

#### 2.4.2. Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen yang paling penting dalam elektronika karena memiliki sifat – sifat penyekat arus DC, menghantarkan arus AC dan menyimpan muatan listrik serta meredam harmonisa frekuensi tinggi. Pada dasarnya kapasitor merupakan dua plat konduktor sejajar dan dipisahkan oleh bahan dielektrika.

Salah satu sifat elektrika adalah menyimpan muatan listrik untuk jangka waktu tertentu dan ia berfungsi menyimpan energi dalam bentuk medan listrik. Arus yang mengalir dalam kapasitor sebanding dengan diferensial dari tegangan yang melalui elektroda – elektroda kapasitor tersebut.

$$i = C \frac{dv}{dt} \dots\dots (2.13)$$



Dengan memecahkan persamaan tersebut untuk tegangan maka diperoleh :

$$V = \frac{1}{c} \int i \cdot dl \dots\dots (2.14)$$

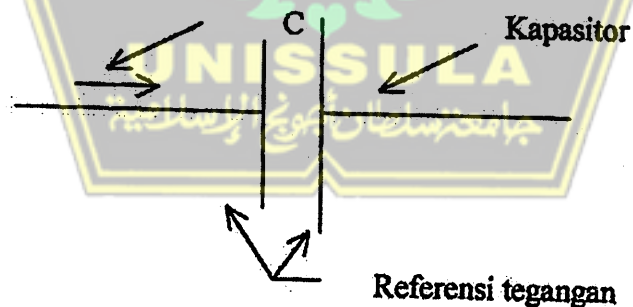
Dan dengan mensubstitusikan persamaan sebelumnya diperoleh :

$$V = \frac{1}{c} \dots\dots (2.15)$$

Dan diperoleh persamaan berikut :

$$q = C \cdot V \dots\dots (2.16)$$

Dalam persamaan tersebut konstanta C merupakan bilangan yang menyatakan kesebandingan muatan dengan tegangan yang ditimbulkan. Konstanta ini akhirnya dikenal sebagai kapasitansi dengan satuan Farad, dengan muatan dalam coulomb dan tegangan dalam volt. Diagram skematis dari suatu kapasitor adalah sebagai berikut :



Gambar 2.8 Representasi skematis sebuah kapasitor

Dalam gambar 2.8 diatas, persamaan ditunjukkan sebagai penurunan tegangan atas arus. Dimana muatan mengalir dari tempat yang berpotensi lebih tinggi menuju ke tempat yang berpotensi lebih rendah. Efek kapasitif dianggap sebagai efek yang melawan perubahan arus.

Besarnya daya yang tersimpan dalam sebuah kapasitor dirumuskan sebagai berikut :

$$W = CV \frac{dv}{dt} \text{ watt} \dots\dots (2.17)$$

Sedangkan tenaga yang tersimpan dalam bentuk medan listrik kapasitor adalah sbb :

$$W = \int P \cdot dt = \int CV \frac{dv}{dt} = \int \frac{CV^2}{2} \dots\dots (2.18)$$

Tenaga yang tersimpan dalam kapasitor dikembalikan kepada rangkaian waktu tegangan direduksi ke nol, misalnya dengan menggunakan suatu resistensi atau bahkan kawat hubung singkat. Kawat hubung singkat ini akan menyebabkan daya di disipasikan ke lingkungan dalam bentuk percikan bunga api listrik.

Dalam Tugas Akhir yang dibuat, kapasitor akan menangani tegangan bolak – balik atau searah, maka jenis kapasitor yang digunakan adalah jenis tanda kutub (yaitu jenis keramik) dan kapasitor polar jenis elektrolit (Elco), karena tidak memerlukan arus catuan DC didalamnya. Kapasitor disini terutama berfungsi sebagai perata arus dan sebagai pengatur durasi waktu konduksi transistor daya.

Secara umum, kapasitor antar lain berfungsi untuk :

1. menetapkan nilai frekuensi tertentu pada suatu osilator
2. sebagai filter pada sirkuit atau arus rata, kapasitor menahan arus rat dan meneruskan arus bolak-balik
3. untuk mengkopel antar tingkat pada rangkaian – rangkaian
4. bersama dengan indikator digunakan untuk menyalakan frekuensi radio

Menurut bahan dielektriumnya kapasitor dibagi menjadi :

1. Kapasitor keramik. Kapasitor ini tidak memiliki polaritas pada kaki – kakinya. Bentuknya bulat dan tipis, segi empat dengan

warna merah bata, hijau, coklat muda dan sebagainya. Kapasitor ini memiliki kapasitas dari beberapa  $\mu\text{F}$  hingga beberapa  $\text{K}\mu\text{F}$  dengan tegangan kerja antara 25 volt hingga 50 volt

2. Kapasitor Polyster : pada dasarnya sama dengan kapasitor keramik , termasuk cara perhitungan nilainya.
3. Kapasitor Kertas atau Fadder. Nilai kapasitor kertas adalah sebagai berikut :
  - Kapasitas antara 200  $\mu\text{F}$  sampai 500  $\mu\text{F}$  : untuk gelombang MW (190m – 500m)
  - Kapasitas 1000  $\mu\text{F}$  – 220  $\mu\text{F}$  : untuk gelombang SW (40m – 130m)
  - Kapasitas 2700  $\mu\text{F}$  – 6800  $\mu\text{F}$  : untuk gelombang SW2/SW3/SW4 (13m-49)

Catatan : kapasitor polar memerlukan catuan DC agar bahan dielektriknya dapat berfungsi sebagai penyekat diantara dua plat kapasitor dan memiliki kemampuan menyimpan sebagai muatan. Sedangkan kapasitor non polar tidak memerlukan catuan untuk mengaktifkan dielektriknya. Pemberian tegangan catu tidak akan mengubah nilai kapasitansi yang telah tertera dibadan kapasitor tersebut.

4. Kapasitor film, kapasitor ini memiliki nilai yang langsung tertera pada badannya dengan memakai kode warna seperti ditunjukkan dalam table sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kode Warna pada kapasitor film

WARNA	Gelang Kesatu	Gelang Kedua	Faktor Pengali	Tegangan Kerja
Hitam	0	1	20%	

Cokelat	1	10		100 V
Merah	2	$10^2$		250 V
Orange	3	$10^3$		
Kuning	4	$10^4$		400V
Hijau	5	$10^5$		
Biru	6			630 V
Ungu/Violet	7			
Abu-abu	8			
Putih	9		100%	

5. Kapasitor Elektrolit : Kapasitor Elektrolit (ELCO) ini memiliki polaritas positif dan negative dan memiliki kapasitas mulai dari 0,47 MDF sampai ribuan MFD. Selain itu kapasitor elektrolit, ada jenis kapasitor lain yang memiliki polaritas, yaitu kapasitor tantalum.
6. Kapasitor Variabel (Varco) dan kapasitor trimmer. Kapasitor variable berinti udara digunakan untuk memih frekuensi radio. Kapasitor trimmer dipasang paralel dengan kapasitor variable berfungsi untuk mengoreksi kesalahan dalam pemilihan frekuensi. Kapasitor variable yang terbuat dari logam memiliki kapasitas sekitar  $350 \mu\text{F} - 500 \mu\text{F}$  dengan dielektrik berupa udara.

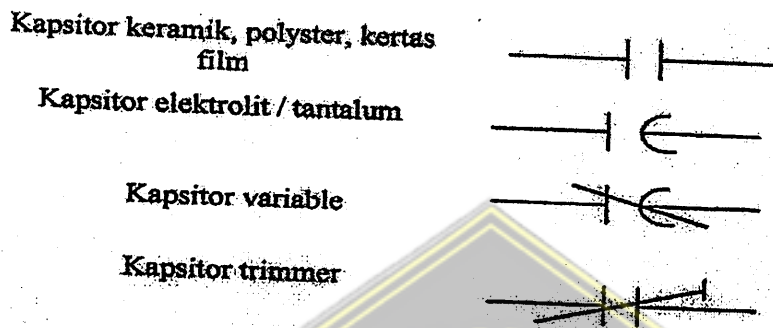
Kapasitor yang dipasang seri memiliki tegangan yang besar dan kapasitas yang menjadi kecil dirumuskan sbb :

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \dots \dots (2.19)$$

Kapasitor yang paralel kapasitasnya menjadi besar tetapi tegangannya tetap, yaitu :

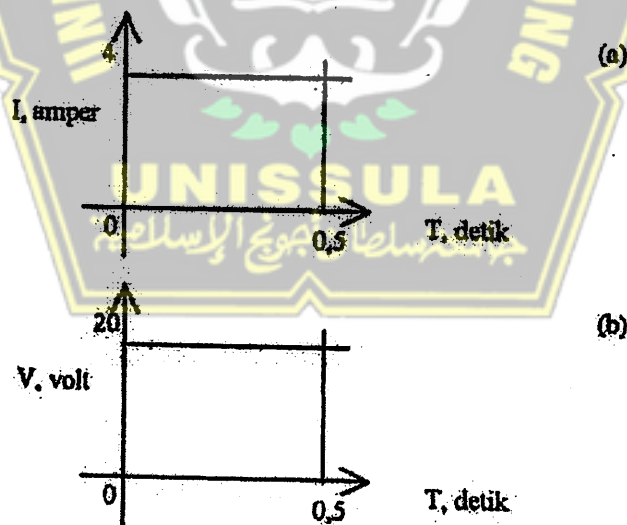
$$C_{total} = C_1 + C_2 + \dots \dots \dots (2.20)$$

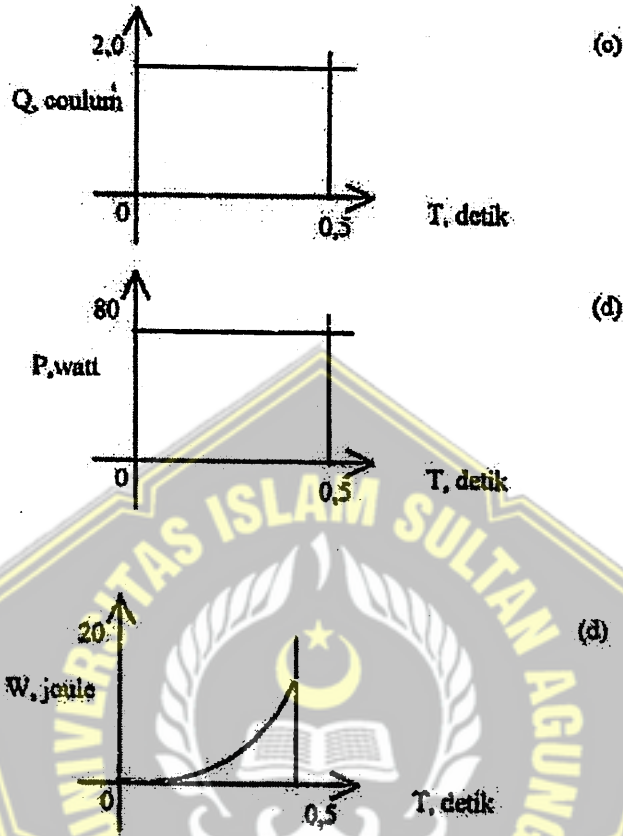
Berikut adalah simbol – simbol kapasitor berdasarkan fungsi dan dielektriknya :



Gambar 2.9 Simbol kapasitor

Sedangkan bentuk gelombang yang dihasilkan kapasitor adalah sebagai berikut :





Gambar 2.10 Bentuk gelombang yang dihasilkan suatu kapasitor

W adalah luas daerah dibawah kurva daya untuk lamanya kurva arus. Sehubungan dengan hal itu, maka luas yang didefinisikan oleh kurva daya (W) akan bertambah secara logaritmik diantara 0 dan 0,5 detik. Di luar  $t = 0,5$  detik. P adalah nol dan tidak terjadi lagi kontribusi selanjutnya pada luasan kurva tersebut. Hal ini menyebabkan W dalam gambar (e) tersebut tetap konstan dengan nilai yang sama dengan luas segitiganya dalam gambar (d).

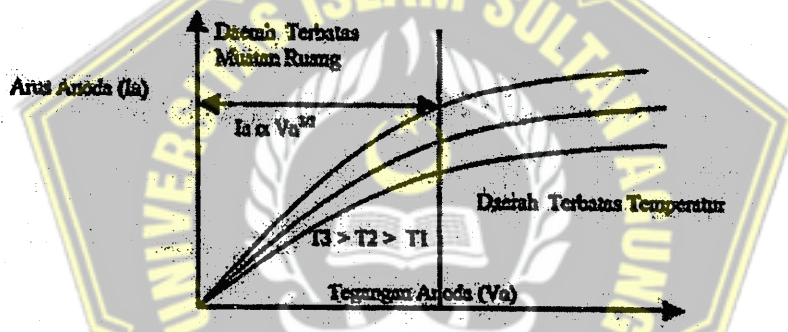
Kapasitor memiliki reaktansi kapasitif (XC) yang besarnya bergantung pada frekuensi yang dirumuskan sebagai berikut :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \dots\dots(2.21)$$



### 2.4.3. Dioda

Dioda merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai penyearah. Terbuat dari bahan semikonduktor yaitu Silikon atau Germanium. Dioda dari bahan germanium digunakan untuk daya – daya yang kecil, sedangkan dioda dari silikon digunakan untuk daya – daya yang besar. Dioda hanya bisa mengalirkan arus listrik dalam satu arah saja yaitu dari Anoda ke Katoda. Kurva karakteristik dioda digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.11 Kurva karakteristik dioda

Dioda dapat digunakan sebagai penyearah dan sebagai penyetap tegangan sebesar 0,7 pada kedua ujung terminalnya dan pada saat diberi tegangan arah maju (yaitu dari Anoda ke Katoda).

Menurut kurva pada gambar 2.11, perpindahan daerah terbatas muatan ruang ke daerah terbatas temperatur tidak begitu tajam, tetapi terjadi dalam daerah sempit tegangan anoda. Harga tegangan filament yang rendah terjadi pada harga tegangan anoda yang lebih rendah.

Resistensi dioda terjadi jika dioda bekerja pada perbandingan tegangan anoda ke arus yang dihasilkan dinamakan resistansi maju (*forward resistance*) dari dioda tersebut. Harga  $R_f$  berada pada nilai antara 100 sampai 1000  $\Omega$  (ohm). Karena pada tegangan negative, dioda tidak bekerja, maka resistansi

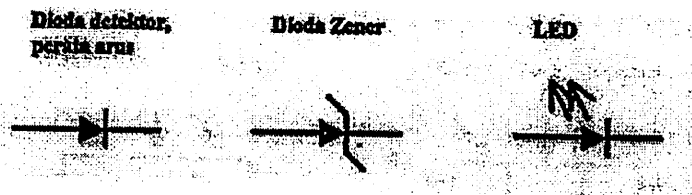


pada saat itu dinamakan resistensi balik. Kapasitas dioda dapat dibentuk disebabkan dioda yang terdiri dari dua elektroda logam, katoda dan anoda yang dipisahkan oleh hampa, besarnya kapasitas ini adalah antara 5 hingga 10  $\mu\text{F}$ .

Dioda yang ideal adalah dioda yang memiliki resistensi maju sama dengan nol dan resistensi balik yang tidak terhingga besarnya. Karakteristik ideal tidak tergantung pada temperatur filament dan kapasitasnya diabaikan.

Ditinjau dari konstruksinya, dioda dibedakan menjadi dua jenis, yaitu dioda pertemuan (junction dioda), yaitu dioda yang memiliki kemampuan kerja cukup besar dapat mencapai 100 ampere dengan nilai hambatan balik beberapa mega  $\Omega$  (ohm). Jenis kedua adalah titik kontak (point contact dioda), dioda ini memiliki hambatan maju yang kurang dari 1 mega  $\Omega$  (ohm). Ditinjau dari penggunaannya, dioda dibagi menjadi :

1. dioda detektor (*Germanium Dioda*) digunakan untuk mendeteksi sinyal kecil.
2. dioda perata arus (*silicon dioda*), digunakan untuk meratakan arus. Berukuran antara 0,25 A-1A; tegangan maksimum dioda sebesar sekitar 25 V hingga 50 V.
3. dioda zener, digunakan untuk stabilisasi tegangan pada pencatu daya. Ukuran dioda ini sekitar 4,3 V -12 V, dengan kemampuan daya 0,5 sampai 1 watt.
4. LED (*light emitting dioda*), adalah dioda yang dapat mengeluarkan cahaya apabila diberi tegangan maju, digunakan sebagai lampu kontrol dan variasi nada, tegangan kerja LED adalah sekitar 1,4 V hingga 3 V dan mengambil arus maju 30 mA sampai 100 mA.



Gambar 2.12 Simbol dioda semikonduktor

#### 2.4.4. Transistor Bipolar

Transistor bipolar merupakan komponen aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor yang digunakan untuk perataan arus, menahan sebagian arus, menguatkan arus serta untuk membangkitkan frekuensi rendah maupun frekuensi tinggi. Transistor memiliki 3 elektroda yang masing – masing diberi nama Emitter, Basis, dan Collector.

Transistor ada dua macam, yaitu tipe NPN (sambungan antar semikonduktor jenis positif – negative dan positif) serta tipe PNP (sambungan antara semi konduktor jenis negative – positif – dan negative).

Sedangkan secara struktural, maka konstruksi transistor persambungan semikonduktor dapat dianggap merupakan persambungan dari dua buah dioda, dimana katoda kedua dioda atau anoda kedua dioda tersebut disatukan untuk membentuk sambungan yang terkoneksi ke Basis Transistor seperti digambarkan sebagai berikut :



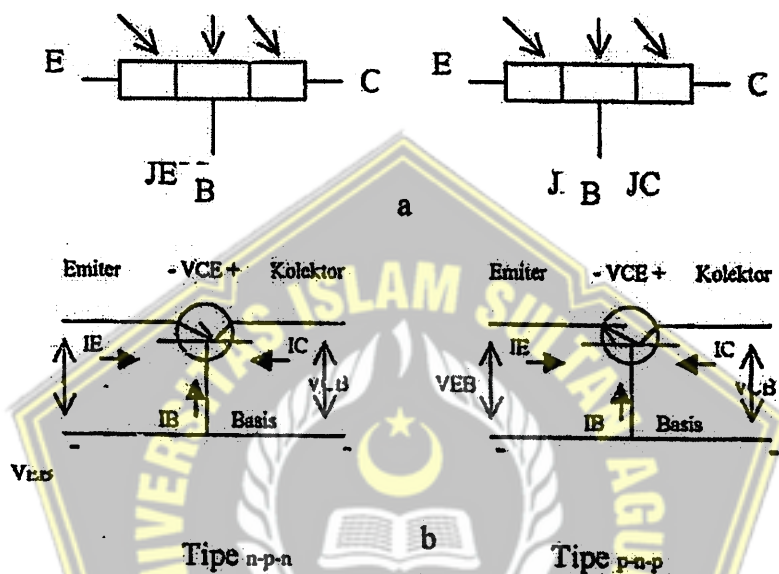
(a) Transistor PNP

(b) Transistor NPN

Gambar 2.13 Simbol Transistor

Sedangkan struktural, maka konstruksi transistor persambungan semikonduktor dapat dianggap merupakan persambungan dari dua buah

dioda, dimana katoda kedua dioda atau anoda kedua dioda tersebut disatukan untuk membentuk sambungan yang terkoneksi ke Basis Transistor seperti digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.14 (a) Transistor PNP, persambungan emiter adalah JE; kolektor adalah JC  
(b) Representasi dari kedua tipe transistor tersebut

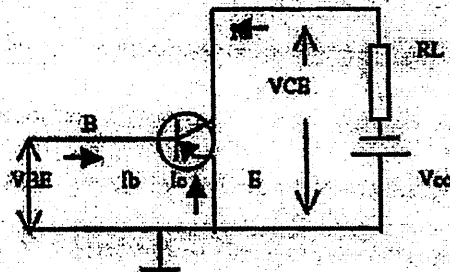
Kebanyakan rangkaian transistor yang merupakan terminal sekutu antara masukan dengan keluaran adalah Emiten dan Basis.

Dalam konfigurasi emitten sekutu (seperti halnya dalam basis sekutu), arus masuk dan tegangan keluar diambil sebagai variable bebas tadi.

Selanjutnya dapat kita tuliskan sebagai berikut :

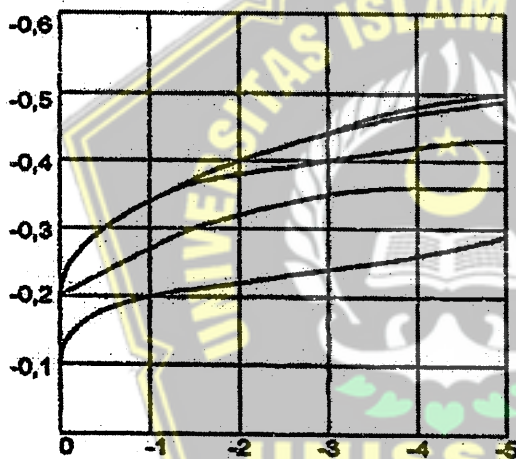
$$V_{BE} = f_1(V_{CE}, I_B) \text{ dan } I_C = f_2(V_{CE}, I_B) \dots\dots (2.23)$$

Berikut adalah konfigurasi transistor emitter sekutu :



Gambar 2.15 Suatu transistor dalam konfigurasi emiter sekutu

### Karakteristik Masukan



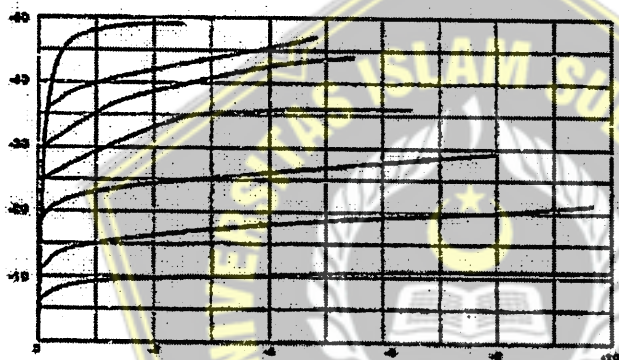
Gambar 2.16 Karakteristik masukan emiter sekutu pada transistor

Dalam gambar absis adalah arus basis  $I_B$  dan ordinatnya adalah tegangan persambungan basis ke emiten ( $V_{BE}$ ). Nampak bahwa apabila kolektor dihubung singkat dengan mitter dan emitten dibias maju, maka karakteristik masukan pada hakekatnya adalah sama dengan karakteristik dioda yang diberi pra tegangan maju.

Apabila  $V_{BE}$  menjadi nol, maka  $I_B$  menjadi nol, karena dalam keadaan ini kedua persambungan emitter dan kolektor dihubung singkat (short-circuited). Pada umumnya menaikkan  $V_{CE}$  dengan  $V_{BE}$  yang tetap akan

menyebabkan penurunan dalam lebar basis WB dan menghasilkan suatu penurunan dari arus rekombinasi basis. Pertimbangan – pertimbangan ini menerangkan bentuk dari karakteristik dari masukan diatas yang serupa dengan karakteristik masukan transistor silicon, perbedaannya adalah bahwa pada transistor silikon menjauhi nilai nol dari nilai 0,5 hingga 0,6 V dibandingkan Germanium yang antara 0,1 hingga 0,3 V.

### Karakteristik Keluaran



Gambar 2.17 Karakteristik keluaran emitter sekutu yang khas bagi transistor

Dalam daerah aktif, persambungan kolektor diberi pra tegangan balik dan persambungan emitter prategangan maju. Dalam gambar daerah aktif adalah daerah disebelah kanan dari ordinat  $V_{CE}$  yang besarnya beberapa persepuluh volt dan diatas  $I_B = 0$ . Dalam daerah ini arus keluaran transistor paling peka terhadap perubahan sinyal masukan. Apabila transistor akan digunakan sebagai penguat tanpa distorsi, berarti transistor tersebut harus dibatasi untuk bekerja dalam daerah operasi ini.

Berdasarkan hukum kirchoof arus, maka arus basis ( $I_B$ ) dan arus kolektor ( $I_C$ ) dirumuskan :

$$I_B = -(I_C + I_E) \dots\dots (2.24)$$



$$I_C = \frac{I_{C0}}{1-\alpha} + \frac{\alpha I_B}{1-\alpha} \dots\dots (2.25)$$

Apabila  $\beta$  disubstitusi dengan

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \dots\dots (2.26)$$

Maka persamaan terakhir akan berubah menjadi :

$$I_C = (1 - \beta)I_{C0} + \beta I_B \dots\dots (2.27)$$

Biasanya  $I_B \Rightarrow I_{C0}$  dan oleh karena itu maka  $I_C = \beta \cdot I_B$  dalam daerah aktif nilai biasanya terletak antara 0,09 dengan 0,995 bukan tetapan tetapi berubah terhadap arus emiten  $I_E$  dan arus kolektor  $V_{BC}$  serta temperature.

Apabila betul – betul merupakan suatu tetapan maka menuntut perasaan tersebut  $I_C =$  akan tidak bergantung pada  $V_{CE}$  dan lengkungan akan horizontal.

#### 2.4.5. Pengaruh Suhu pada Transistor

Pada suhu kamar atau sekitar  $25^{\circ}\text{C}$ , untuk transistor Germanium yang memiliki kemampuan disipasi daya mencapai beberapa mili watt,  $I_{C0}$  biasanya mencapai beberapa  $\mu\text{A}$ . Dalam kondisi serupa transistor Silikon memiliki  $I_{C0}$  dalam daerah  $\mu\text{A}$ .

Kepekaan terhadap temperature dari  $I_{C0}$  adalah sama dengan kepekaan terhadap pada arus balik jenuh  $I_0$  dari dioda p-n. khususnya untuk Ge dan Si diperoleh bahwa  $I_{C0}$  kira – kira menjadi dua kali kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$ .

Akan tetapi oleh karena harga mutlak dari  $I_{C0}$  dalam Si lebih rendah, maka transistor – transistor ini dapat digunakan hingga  $200^{\circ}\text{C}$ , sedangkan transistor Ge hanya terbatas sampai  $100^{\circ}$ .



#### 2.4.6. Model Hybrida Transistor

Untuk melihat cara menurunkan model hybrida suatu transistor, kita tinjau hubungan emitter sekutu. Variable – Variabel  $I_B, I_C, V_{BE}=V_B$  dan  $V_{CE}=V_C$  adalah representasi jumlah arus dan tegangan sesat. Karena  $V_B$  adalah fungsi tertentu  $f_1$  dari  $I_B$  dan  $V_C$  dan  $I_C$  adalah suatu fungsi pula  $f_2$  dari  $I_B$  dan  $V_C$  maka hal ini dapat dituliskan :

$$V_B = f_1(I_B, V_C) \dots\dots (2.28)$$

$$I_C = f_2(I_B, V_C) \dots\dots (2.29)$$

Dengan menjabarkan dua persamaan diatas dalam deret Taylor di sekitar titik tenang  $I_B, V_C$  dan mengabaikan suku – suku orde lebih tinggi, akhirnya diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\Delta V_B = \frac{\delta f_2}{\delta I_B} \left| V_C^{\Delta I_B + \frac{\delta f_1}{\delta V_C}} \right| I_B^{\Delta V_C} \dots\dots (2.30)$$

$$\Delta I_C = \frac{\delta f_2}{\delta I_B} \left| V_C^{\Delta I_B + \frac{\delta f_1}{\delta V_C}} \right| I_B^{\Delta V_C} \dots\dots (2.31)$$

Turunan - turunan parsial ditentukan pada tegangan kolektor atau basis yang tetrap seperti di tunjukkan oleh indeks yang tercantum pada turunan – turunan tersebut.

Besaran – besaran  $V_B, V_C, I_B, I_C$  adalah tegangan serta kuat arus yang naik secara bertahap pada basis dan kolektor. Sekarang kita dapat menuliskan persamaan terakhir diatas dalam bentuk sebagai berikut :

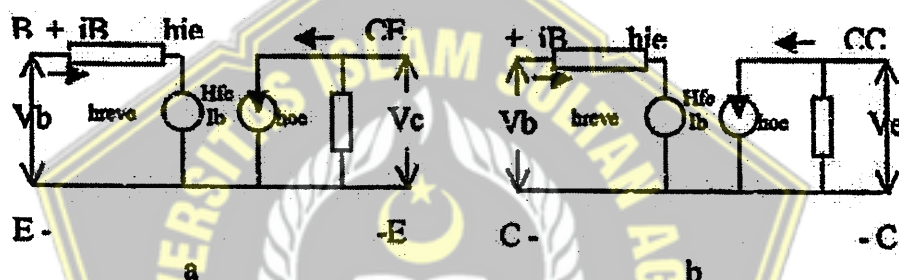
$$V_b = h_{ie} i_b + h_{re} V_c \text{ dan } I_c = h_{fe} i_b + h_{pe} V_c \dots\dots (2.32)$$

Dengan

$$H_{ie} = \frac{\delta f_2}{\delta I_B} = \frac{\delta V_B}{\delta I_B} \left| V_C^{h_{re} = \frac{\delta f_1}{\delta V_C} = \frac{\delta V_B}{\delta V_C}} \right| I_B \dots\dots (2.33)$$

$$H_{fe} = \frac{\delta f_2}{\delta I_B} = \frac{\delta f_2}{\delta I_B} \left| V_C^{h_{oe} = \frac{\delta f_1}{\delta V_C} = \frac{\delta I_e}{\delta V_C}} \right| I_B \dots\dots (2.34)$$

Dibawah ini adalah gambar rangkaian hybrida transistor



Gambar 2.18 Model sinyal kecil hybrida

(a) Emiter sekutu

(b) Kolektor sekutu

Untuk mengetahui besarnya bati arus, bati tegangan, penguat arus,  $I_o$ ,  $V_o$ , dan admitansi keluaran transistor dengan parameter hybrida dituliskan dengan rumus berikut ini :

- Bati arus

$$AI = \frac{I_2}{I_1} = -\frac{I_2}{I_1} \dots\dots (2.35)$$

- Bati tegangan

$$AV = \frac{V_2}{V_1} \dots\dots (2.36)$$

- Penguat arus

$$AIS = -\frac{I_2}{I_1} = -\frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{I_o}{I_1} = AI \cdot \frac{I_o}{I_1} \dots\dots (2.37)$$

- Admitansi keluaran

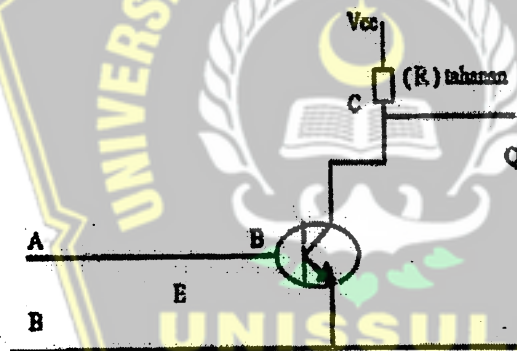
$$Y_o = \frac{I_2}{V_{21}} \text{ Dengan } V_s = 0; \text{ dan } R_1 = \approx \dots\dots (2.38)$$

$$I_o = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{RC} \dots\dots (2.39)$$

$$R_o = I_o \cdot RC \dots\dots (2.40)$$

#### 2.4.7. Transistor Sebagai Sakelar

Transistor yang difungsikan sebagai sakelar dapat dipergunakan sebagai inverter. Inverter yang menggunakan transistor yang dihubungkan dalam konfigurasi common emitter sakelar dapat dipergunakan sebagai penguat, juga dapat berfungsi sebagai pembalik fasa. Berikut adalah konfigurasi transistor sebagai sakelar



Gambar 2.19 Transistor sebagai elektronik

Dalam gambar rangkaian, logika 1 dapat dinyatakan sebagai tegangan positif, sedangkan logika 0 terhubung ke ground (  $A=0$  ). Pada keadaan ini, arus basis tidak mengalir sehingga arus kolektor pun tidak mengalir.

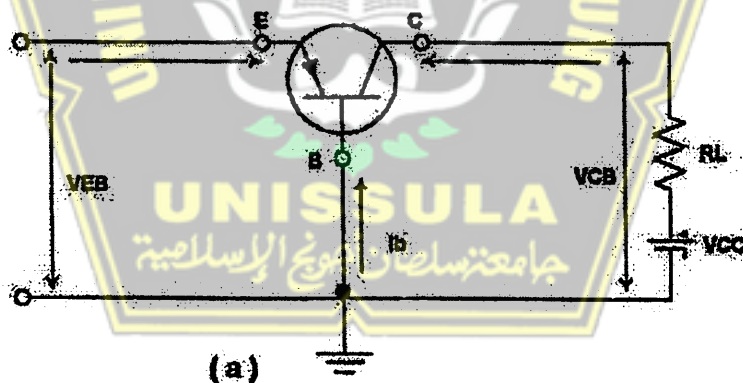
Ini berarti titik C dan Elektronik tidak terhubung sehingga tegangan pada output Q akan sama dengan tegangan + Elektronik atau (  $A=0$  ) maka  $Q = 1$ . sebaliknya jika A terhubung ke tegangan positif Elektronik (  $A = 1$  ), maka akan mengalir basis yang mengakibatkan arus kolektor akan mengalir

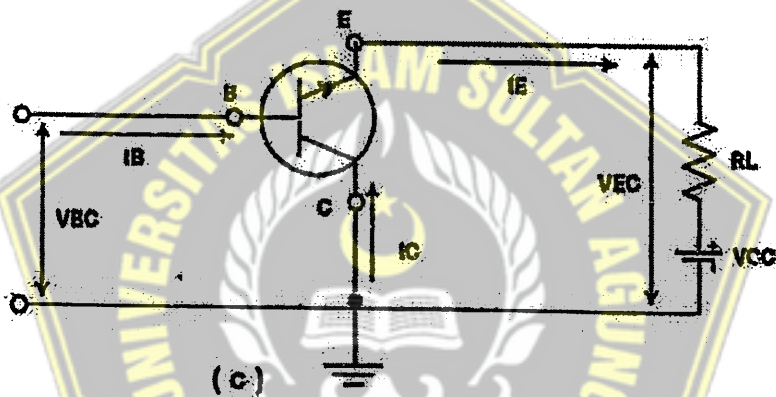
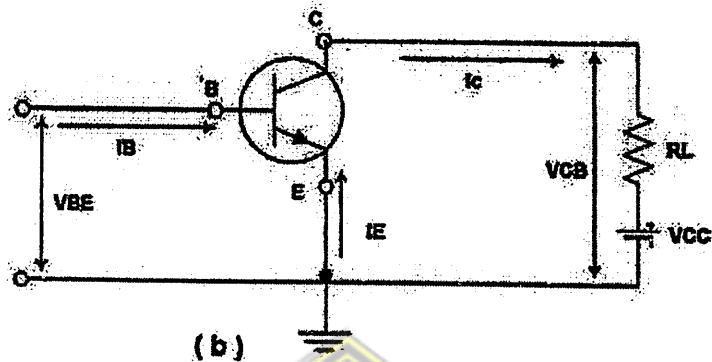
sehingga titik C dan E terhubung pendek. Oleh sebab itu, tegangan yang ada pada output Q akan kecil ( $Q=0$ ). Jadi jika  $A = 1$ , maka  $Q = 0$

#### 2.4.8. Ragam Pengoperasian Transistor

Berdasarkan macamnya ada 3 ragam pengoperasian rangkaian transistor, yaitu

1. Ragam Basis Umum ( *Common Base* ) : dalam rangkaian basis umum, elektroda basis menjadi terminal / elektroda bersama antara masukan dan keluaran rangkaian, hal ini ditunjukkan dalam gambar (a)
2. Common Emitter ( *Common Emitter* ) : dalam rangkaian kolektor umum, elektroda kolektor menjadi terminal bersama antara masukan dan keluaran rangkaian, hal ini ditunjukkan dalam gambar (b)
3. Common Collector ( *Common Collector* ) : dalam rangkaian kolektor umum, elektroda kolektor menjadi terminal bersama antara masukan dan keluaran rangkaian, hal ini ditunjukkan dalam gambar (c)





Gambar 2.20 Ragam kerja transistor

Penguatan arus DC dari transistor yang dinyatakan sebagai beta ( $\beta$ ) merupakan hubungan arus kolektor ( $I_C$ ) dengan arus basis ( $I_B$ ) menurut rumus berikut

$$\beta = \frac{I_C}{I_{Bm}} \dots\dots (2.41)$$

Perolehan arus beta ( $\beta$ ) adalah perolehan yang mungkin dicapai pada ragam CE, didefinisikan sebagai perbandingan antara arus kolektor dengan arus basis. Ragam penguat transistor dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Ragam penguat emitter umum (CE) : penguat ini dapat memberikan bati arus dan tegangan yang besar dari satu serta membangkitkan

pembalikan fasa antara masukan dan keluaran. Ragam ini cocok untuk bertingkat (kaskada)

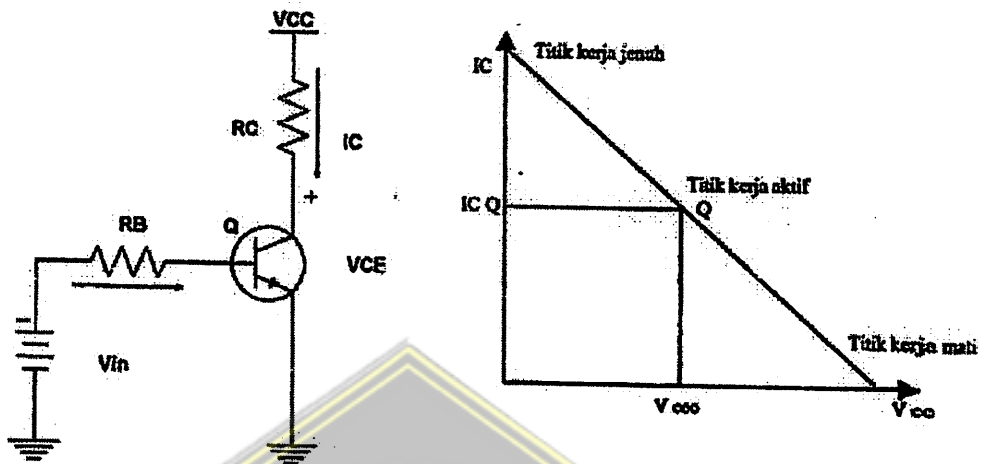
2. Ragam penguat kolektor umum (CC) : raga mini mempunyai perolehan arus yang tinggi dan kira – kira mendekati perolehan arus seperti pada ragam CE. Bati tegangan sedikit lebih kecil dari satu. Resistensi masukan lebih kecil daripada CE dan resistensi keluaran lebih rendah daripada CE. Bisa digunakan sebagai penyesuai impedansi.
3. Ragam penguat basis umum (CB) : raga mini diperoleh arus kurang dari satu dan perolehan tegangan hampir sama dengan perolehan tegangan singkat CE. Resistensi masukan lebih rendah dari tingkat CE dan CC sedangkan reistensi keluaran lebih tinggi dari pada CE dan CC, sehingga raga mini dapat digunakan sebagai penyesuaian sumber impedansi rendah dan impedansi tinggi dan sebagai penguat tegangan.

#### **2.4.9. Operasi Transistor Sebagai Sakelar Elektronik**

Transistor sebagai komponen aktif aplikasi salah satunya adalah sebagai rangkaian pensaklaran (switching circuit). Secara operasional transistor memiliki tiga daerah operasi, yaitu daerah mati (cutt off region), daerah aktif (active region) dan daerah jenuh (saturation region)

Pembagian konstruksi kerja tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :





Gambar 2.21 Operasi kerja transistor dan karakteristik operasinya

Untuk menganalisa kerja transistor maka karakteristik pada gambar diatas cukup jelas. Secara terapan kerja dari transistor dapat ditansi dengan keadaan sebagai berikut :

#### A. Transistor dalam keadaan mati ( cut off region )

Transistor dalam keadaan ini dapat dikatakan transistor tidak dalam kondisi operasi, yang menandai kondisi ini adalah pra tegangan atau pra sikap yang diberikan untuk mengoperasikan transistor tidak aktif untuk tegangan basis, emittor. Secara teknis kondisi ini dapat didefinisikan :

- $V_{BE} > 0,7 \text{ V}$  untuk jenis transistor silicon
- $V_{BE} > 0,2 \text{ V}$  untuk transistor jenis Germanium

Dari kondisi karakteristik dapat diterjemahkan, apabila tegangan  $V_{be}$  belum tercapai maka  $I_C$  yang mengalir secara ideal 0 dan akibatnya  $V_{CE} = V_{CC}$

#### B. Transistor dalam keadaan aktif ( active region )

Pada kondisi ini biasanya transistor dioperasikan sebagai penguat jadi transistor diberikan tegangan catu sehingga titik kerja transistor berada tepat

ditengah – tengah garis beban. Secara teknis kondisi ini ditandai dengan pemberian bias sebagai berikut :

\* $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$  untuk jenis transistor dari bahan silikon (Si)

\* $V_{BE} = 0,2 \text{ V}$  untuk transistor dari bahan germanium (Ge)

Akibat pemberian bias tersebut maka arus kolektor akan mengalir sebesar setengah kemampuan dari kemampuan maksimum yang dimiliki oleh transistor, dengan demikian titik kerja VCE juga akan turut bergeser sebesar setengah tegangan catunya.

### C. Transistor dalam keadaan jenuh ( saturation region )

Kondisi kerja terakhir ini akan dicapai apabila :

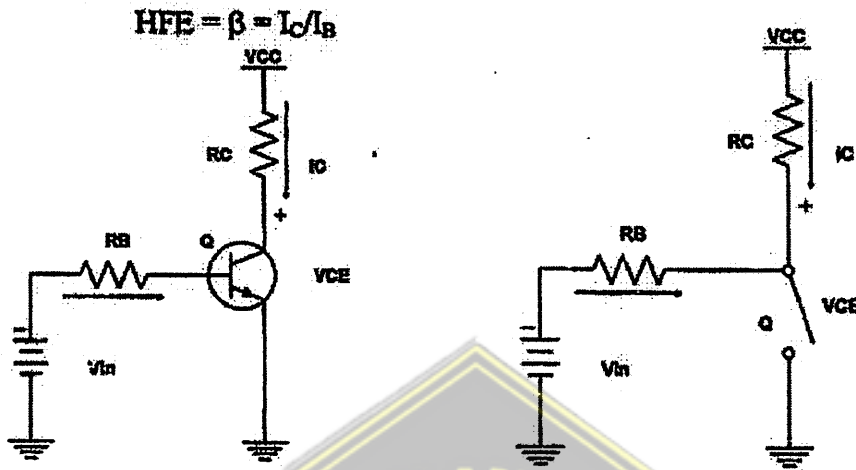
- $V_{BE} > 0,7 \text{ V}$  untuk jenis transistor silikon
- $V_{BE} > 0,2 \text{ V}$  untuk jenis transistor germanium

Jika kondisi ini terjadi maka akibatnya transistor akan mengalirkan arus kolektor secara maksimum dan titik kerja VCE akan bergeser ekstern – 0 volt.

Dari pembagian daerah kerja tersebut cukup jelas jika kita akan mengoperasikan transistor sebagai sakelar, maka kondisi operasi yang dipilih adalah kondisi mati atau daerah operasi. Pada prinsipnya transistor adalah penguat arus, kajian dari penguat arus ini dapat diuraikan bahwa besar penguatan yang ditimbulkan oleh suatu transistor adalah perbandingan  $I_C$  dan  $I_B$ .

Kajian secara analisa dari transistor sebagai arus dimulai dengan persamaan arus keluarannya yang menuju emiter dimana :  $I_E = I_C + I_B$ .

Arus bati merupakan arus masukan atau arus pengendali input sedangkan arus kolektor merupakan arus keluaran dari transistor. Perbandingan rasio arus kolektor merupakan arus keluaran dari transistor. Perbandingan rasio arus masukan dan keluaran didefinisikan sebagai bati arus penguatan atau  $H_{fe}$ , secara simbolik  $H_{fe}$  ini dituliskan dengan symbol  $\beta$ . Besar bati penguatan arus adalah :



Gambar 2.22 Operasi transistor sebagai saklar

Pada penerapannya terdapat kebocoran arus yang timbul diantara terminal kolektor basisnya, arus yang bocor yang ditimbulkan sebesar :

$$I_C = Hfe I_B + I_{CBO} \dots\dots (2.42)$$

Sedangkan arus bocor kolektor – emitor dengan kondisi basis terbuka dapat diabaikan ( $I_{CBO}$ ), dengan demikian :

$$I_E = I_C + I_B \dots\dots(2.43)$$

$$= \beta I + I_{CBO} + I_B \dots\dots(2.44)$$

$$I_B (1 + \beta) + I_{CBO} \dots\dots(2.45)$$

$$= I_C [1+(1/\beta)] \dots\dots (2.46)$$

$$I_C [(\beta+1)/\beta] \dots\dots (2.47)$$

Selain perbandingan antara arus kolektor dengan arus basis, ada perbandingan arus kolektor dan arus emitor. Perbandingan ini dinyatakan dengan  $\alpha$ , besarnya perbandingan yang diberikan adalah :

$$I_C = \alpha I_E \dots\dots (2.48)$$

Jika dikolerasikan antara faktor  $\alpha$  dan faktor  $\beta$  akan didapatkan suatu hubungan :

$$\alpha = \beta / (\beta + 1) \dots\dots (2.49)$$

atau dapat ditulis kembali sebagai berikut :

$$\beta = \alpha / (1 - \alpha) \dots\dots (2.50)$$

pada gambar jika transistor dioperasikan sebagai sakelar maka parameter – parameter persamaan menjadi :

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{BC} \dots\dots (2.51)$$

$$V_{CC} - \{(\beta_{RC}) / R_B [V_{in} - V_{BE}]\} \dots\dots (2.52)$$

Jika transistor dioperasikan secara maksimal dengan mengatur arus basis sehingga arus kolektor yang mengalir maksimum maka mutlak beban arus keseluruhannya akan ditanggung oleh resistor kolektor yang besarnya ditunjukkan oleh rumus dibawah ini

$$I_{BMax} = (I_{CMax}) / \beta \dots\dots (2.53)$$

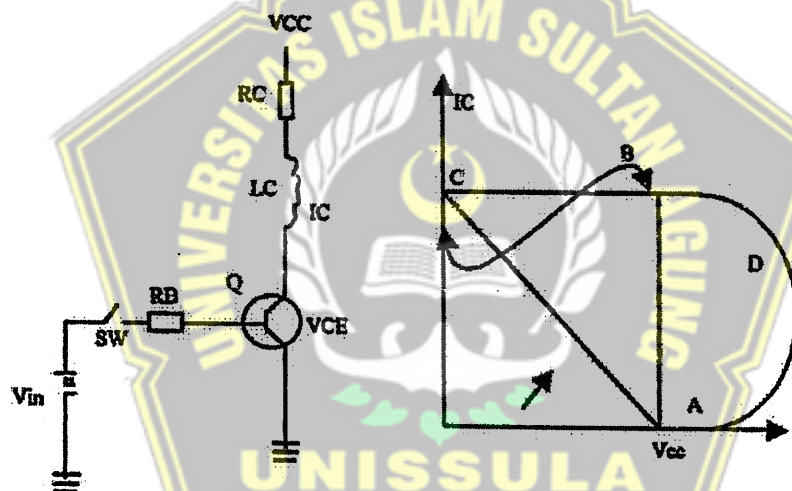
Pemakaian transistor sebagai sakelar, ada beberapa hal yang menyangkut operasi daerah aman pensaklaran (*save operating area switching*) yang jika dilanggar akan menyebabkan kerusakan pada transistor. Kondisi – kondisi yang harus diperhatikan antara lain :

#### **D. Tegangan jatuh (breakdown voltages)**

Tegangan jatuh pada transistor adalah merupakan tegangan mutlak dua terminal terbuka, kondisi terhubung singkat atau pemberian prategangan maju dan pemberian prategangan mundur. Peningkatan arus akan menjadi sangat cepat pada kondisi ini walaupun tegangan yang dikenakan relatif konstan. Secara teknis maka tegangan jatuh dari transistor akan dibatasi spesifikasinya oleh pabrik pembuatnya. Kondisi operasi – operasi rawan lainnya dinyatakan dalam buku spesifikasi data transistor  $V_{CEO}$  secara definitive maka  $V_{CEO}$  ini adalah kemampuan maksimum transistor jika

dikenai sumber catu daya antara kaki kolektor dan emitor dengan kondisi basis terbuka (*voltage maximum collector, emitor, base open*).

Data ini merupakan data yang menunjukkan tingkat kerawanan transistor jika dibebani secara induktif. Pada beban induktif hal yang harus diperhatikan adalah pada saat transistor mati. Saat terjadi pemutusan arus yang tiba – tiba pada kolektor, sesuai dengan sifat jaringan induktif akan tertinggal fasanya  $90^0$  terhadap masukan, tegangan ini akan berbalik menuju kolektor kembali. Sedangkan besar tegangan akan berbanding lurus dengan perbandingan lilitan indikator.



(a) Rangkaian uji coba pensaklaran (b) Karakteristik garis beban

Gambar 2.23 Kondisi pensaklaran transistor terhadap pembebanan induktif

Gambar menyajikan responsi transistor terhadap pensaklaran beban induktif. Pada saat saklar SW ditutupi transistor akan mendapat prategangan pada basisnya yang mengakibatkan transistor mengalami keadaan penjenahan. Secara analisa persamaan dibagi menjadi dua sisi yaitu :

$$\text{Sisi masukan : } V_{IN} = V_{BB} + V_{BE} \cdot \text{Aktif}$$

$$\text{Sisi keluaran : } V_{CC} = V_{\text{relay}} + V_{RC} + V_{CE} \cdot \text{Saturasi}$$

Jika penerapan pembebanan secara induktif diterapkan pada saat dibuka maka arus kolektor akan menyumbat (hilang) dan sebuah induktor tegangan pada belitan akan berharga  $L (di/dt)$ . Pada saat ini transistor akan memakai beban transit. Nilai ini akan diinduksi melalui insikator untuk melawan reduksi arus. Jalur beban untuk pembebanan induktif diberikan pada karakteristik gambar 2.23 b dan lintasan bebannya adalah jalur A,B,C. setelah beberapa saat maka transistor akan berada pada kondisi mati (turn – off ). Secara grafis lintasan dari jalur ini ditunjukkan pada lintasan CDA.

#### **E. Kondisi Dadal Kedua (*second breakdown / SB*)**

Gejala ini adalah gejala yang akan mengakibatkan rusaknya transistor. Jika pemakaian transistor ini mengakibatkan desipasi daya yang berlebihan maka secara umum biasanya akan menyebabkan pemanasan sepinas (hotspot). Keadaan ini akan berpengaruh kepada struktur pembentuk batas antara (*depletion layer*) antara bahan, sehingga akan menimbulkan SB. SB ini muncul biasanya pada operasi kombinasi tertentu yang mengakibatkan tegangan, arus dan waktu.

#### **F. Daerah Aman Prategangan Mundur (*reverse biased safe operating area*)**

Kondisi ini identik dengan transistor menahan arus dan tegangan pada saat mati (turn – off). Selama keadaan ini transistor kondisi ini biasanya dicantumkan dengan nilai – nilai tertentu. Arus tegangan kolektor – emitor harus terjaga agar tidak melampaui nilai tipikalnya.



### G. Daerah Aman Prategangan Maju (forward biased safe operating area)

Kondisi ini adalah merupakan karakteristik transistor pada saat operasi penuh atau maksimum. Selama operasi penyalan temperatur sambungan (*junction temperature*) dan kondisi SB akan membatasi sisipan daya dari transistor. Pada kumulatif pabrik telah memberikan spesifikasi operasi transistor agar tidak dilampaui. Kondisi ini kaitannya dengan pemakaian arus kolektor maksimum dan tegangan kolektor – emitor.



## BAB III

### ANALISA MELALUI PERHITUNGAN

#### 3.1. Perhitungan Umum

Perhitungan dilakukan terhadap objek berupa switch telepon otomatis komersial yang terdapat di pasaran. Perhitungan yang dilakukan terhadap arus dan tegangan pada alat ini diawali dengan mendeskripsikan fungsi kerja alat terlebih dahulu, kemudian mentransformasikannya ke dalam format blok fungsional peralatan sehingga membentuk semacam blok diagram alat guna keperluan analisa dan pedoman dalam pengambilan data.

Melalui blok diagram alat tersebut dapat digunakan untuk menggambarkan kinerja alat, mulai dari bentuk sinyal yang dikehendaki, level sinyal hingga kaitan kerja antara blok satu dan lainnya dalam peralatan ini.

Setelah terbentuk blok diagram fungsional kemudian dilakukan sintesa rangkaian elektronika, yaitu kegiatan yang meliputi pemilihan rangkaian – rangkaian praktis yang mewakili fungsi kerja setiap sub bagian dalam blok diagramnya.

Setelah blok fungsional dibuat kemudian dilanjutkan dengan pengujian dan optimalisasi blok – blok tersebut secara terpisah. Blok – blok tersebut ada kalanya saling bergabung, terlebih bila terdapat rangkaian terintegrasi (IC) yang digunakan biasanya dimiliki bersama (merupakan bagian) dari blok – blok tertentu. Untuk hal ini perhitungan dan optimalisasi dilakukan bersamaan diantar blok – blok tersebut.

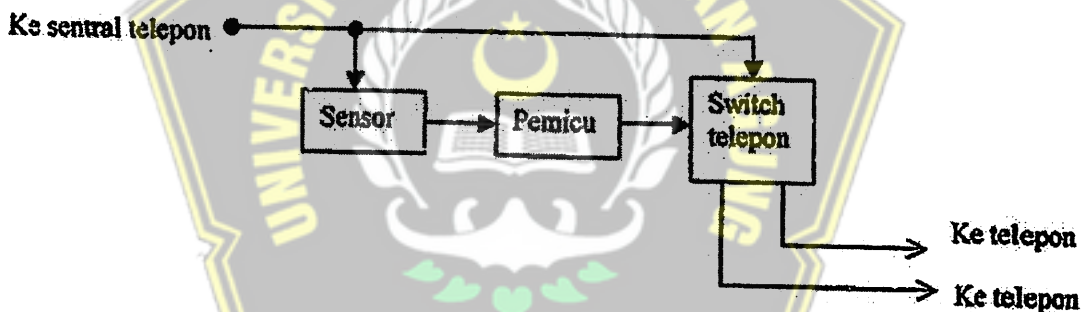
Setelah semua bagian selesai dibuat gambar bloknnya, kemudian dilanjutkan dengan mendeskripsikan dan menjelaskan kinerja setiap bagian yang terpisah tersebut.

### 3.1.1. Susunan Diagram Blok dan Cara Kerja

Seperti telah dijelaskan diatas bahwa diagram blok disusun berdasarkan rangkaian aslinya dan dibuat dengan maksud untuk memperjelas kerja fungsional rangkaian, karakteristik sinyal (level dan bentuknya) serta untuk memudahkan pengecekan kesalahan pada saat pengujian.

### 3.1.2. Diagram Blok Switch Telepon

Setelah dilakukan pembongkaran terhadap switch telepon komersial dan mengelompokkan menurut struktur alat tersebut, maka diperoleh diagram blok sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blok diagram switch telepon otomatis

### 3.1.3. Analisa Cara Kerja Switch Telepon Otomatis

Berdasarkan penyusunan blok diagram switch telepon otomatis pada gambar tersebut, maka diperoleh susunan cara kerja alat sebagai berikut:

1. mula – mula apabila tidak ada salah satupun pesawat telepon cabang yang *off hook* (mengangkat gagang teleponnya), maka tidak akan terbentuk loop saluran dan akibatnya tidak ada arus yang mengalir, sehingga penyearah dan pembagi tegangan tidak akan mendeteksi kehadiran arus listrik.

2. begitu ada salah satu pesawat yang *off hook*, maka penyearah / sensor arus akan menghasilkan tegangan keluaran. Tegangan keluaran ini dibagi menurut faktor tertentu sehingga cukup dekat untuk dibandingkan dengan suatu tegangan referensi yang berasal dari rangkaian lain.
3. kedua tegangan ini dibandingkan oleh rangkaian pemacu. Keluaran rangkaian pemacu berupa tegangan yang akan berubah dari satu tegangan ke tegangan lainnya apabila status besarnya tegangan dari saluran telkom berubah (lebih tinggi atau lebih rendah) terhadap referensi. Perubahan tegangan pada saluran diakibatkan oleh adanya gagang telepon yang diangkat (salah satu telepon mengalami *off hook*)
4. keluaran pemacu diberikan kepada monostabil multivibrator untuk menghasilkan pulsa untuk mengaktifkan driver pemutus saluran sekaligus menghidupkan alarm saluran guna memberitahukan kepada telepon

### **3.2. Analisa Bagian – Bagian Alat**

Setelah dikemukakannya blok – blok fungsional dan dideskripsikan dengan jelas, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan arus dan tegangan pada beberapa titik pada rangkaian yang telah diuraikan sebelumnya.

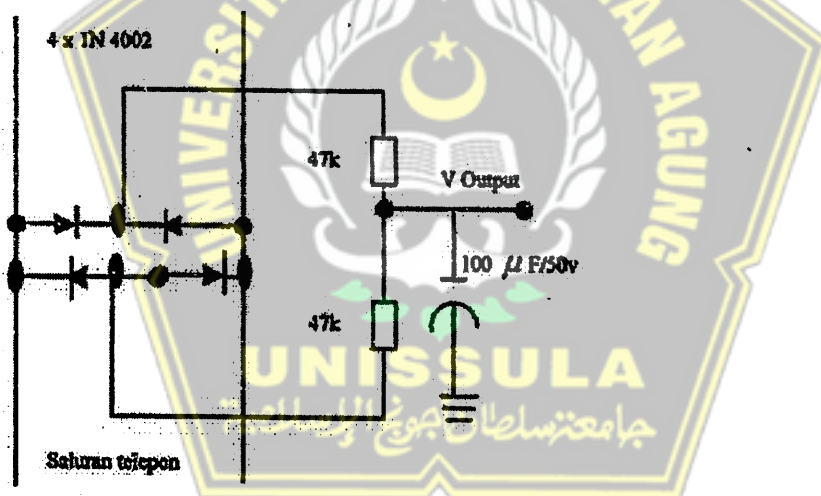
Perhitungan dan analisa khusus meliputi bagian – bagian penyearah tegangan saluran yang berfungsi sebagai sensor loop / arus akibat *off hook* nya, salah satu pesawat telepon cabang, pembuatan rangkaian pemacu atau komparator, rangkaian switch pemindah / pemblokir saluran telepon.

#### **3.2.1. Analisa Rangkaian Penyearah Tegangan Saluran**

Penyearah tegangan saluran berfungsi untuk menyediakan tegangan catuan DC yang diambil dari saluran telepon dan menyingkirkannya dari

tegangan – tegangan AC. Tegangan catu ini digunakan untuk mensuplai daya terhadap rangkaian switch telepon otomatis. Jadi penyearah ini berfungsi sebagai power supply bagi rangkaian switch telepon otomatis.

Penyearah menggunakan komponen utama berupa pasangan dioda dalam konfigurasi penyearah jembatan penuh dengan penyempurna tegangan searah berupa elco. Munculnya tegangan pada ujung – ujung jembatan ditandai dengan menyalnya LED indicator. Tegangan keluaran yang telah disearahkan tersebut dibagi dengan menggunakan pembagi tegangan resistif dan diberikan pada suatu pembanding / komparator. Berikut adalah rangkaian penyearah tegangan saluran pada suatu pembanding / komparator



Gambar 3.2 Rangkaian penyearah tegangan saluran

Pada gambar keempat dioda IN4001 membentuk konfigurasi penyearah jembatan penuh. Keluaran dari penyearah ini merupakan tegangan searah yang masih memiliki taraf yang tinggi. Untuk itu dengan menggunakan dua buah resistor 47k, maka tegangan keluaran tersebut terbagi dua.

### 3.2.2. Analisa Perhitungan Penyearah Tegangan Saluran

Pada saat off hook akan muncul tegangan 38 volt pada saluran, sehingga tegangan yang muncul pada terminal keluaran setelah diperhitungkan dengan drop tegangan pada keempat dioda penyearah pada setiap setelah siklus adalah sebesar :

$$V_{outout} = \frac{R_1}{(R_1+R_2)} \times (V_{off-hook} - 2V_{dioda})V \dots\dots (3.1)$$

$$V_{outout} = \frac{47k}{(47k + 47k)} \times (38 - 2.0,65_{dioda})V$$

$$V_{outout} = 18,35V$$

Sedangkan pada saat on hook tegangan pada saluran adalah sebesar 9 volt, sehingga tegangan yang muncul pada terminal keluaran adalah sebesar :

$$V_{outout} = \frac{R_1}{(R_1+R_2)} \times (V_{off-hook} - 2V_{dioda})V \dots\dots (3.2)$$

$$V_{outout} = \frac{47k}{(47k + 47k)} \times (9 - 2.0,65_{dioda})V$$

$$V_{outout} = 2,85V$$

Fungsi kapasitor elektrolit 100 uF / 50 V pada rangkaian adalah untuk menyempurnakan tegangan agar tidak mengandung riak (ripple)



### 3.2.3. Analisa Rangkaian Pemicu

Menurut strukturnya, rangkaian pemicu ini berfungsi sebagai pembentuk denyut berdasarkan peralihan status loop dari on hook menjadi off hook dan sebaliknya.

Rangkaian pemicu ini dihubungkan langsung dengan pencegah panggilan, hal ini dikarenakan dari pembanding akan digunakan sebagai penggerak relay untuk memutuskan panggilan yang akan dilakukan oleh kedua telepon lainnya.

Keluaran komparator berdigit dan menandakan kondisi saluran dalam keadaan on hook atau off hook berdasarkan sinyal dengung yang dihasilkannya. Munculnya sinyal dengung akan menaikkan tegangan jembatan dan mengakibatkan keluaran komparator beranjak ke HIGH state. Apabila on hook maka keluaran akan tertahan LOW state dengan suatu penguatan tegangan ( $A_v$ ) yang besarnya sama dengan :

$$A_v = -\frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots(3.3)$$

$$A_v = -\frac{100k}{1k_n}$$

$$A_v = 100 \text{ kali}$$

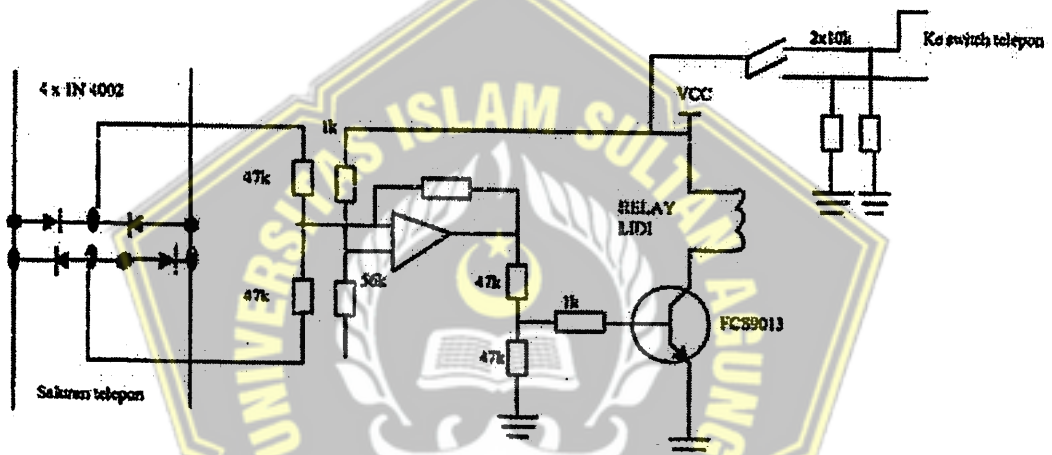
Jadi tegangan dikuatkan sebesar 100 kali dari tegangan masukannya. Penguatan ini dilakukan untuk memperoleh taraf tegangan yang optimal.

Keluaran dari pemicu dihubungkan ke transistor switch telepon untuk memutuskan hubungan antara saluran telepon 1 dengan telepon 2 dan menyambung telepon yang *off hook* pertama kali. Jika telepon 1 *off hook*

lebih dahulu dari pada telepon 2 maka telepon 2 akan dilepas dari saluran telepon secara otomatis oleh alat ini.

Pensaklaran pada saluran telepon ini menggunakan modus pembagian saluran, yaitu saluran akan dialihkan kepada saluran salah satu pesawat telepon yang off hook pertama kali dan pada saat yang sama saluran telepon lainnya diputuskan secara otomatis.

Berikut adalah rangkaian pemacu :



Gambar 3.3 Rangkain pemacu

### 3.2.4. Analisa Perhitungan Rangkaian Pemacu

Tegangan pada masukan tak membalik ( $V_+$ ) dihasilkan oleh pembagi tegangan resistif resistor 1k dan 5k6 dan akan menghasilkan tegangan referensi sebesar :

$$V_+ = \frac{5600}{(1000 + 5600)} \times 12V$$

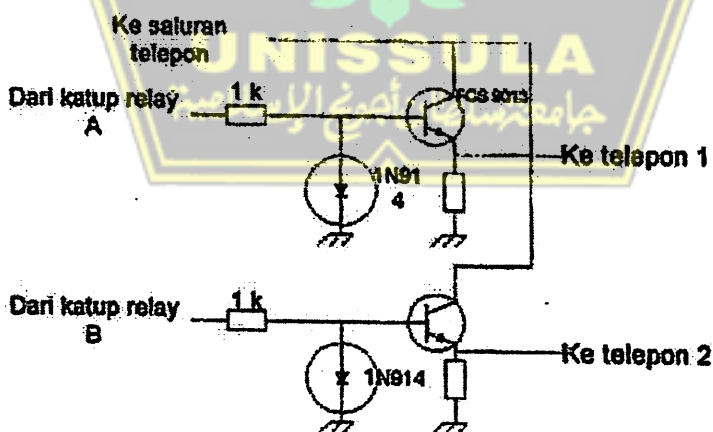
$$V_+ = 10,18V$$

Tegangan tersebut menjadi referensi (patokan) sehingga keluaran op-Amp akan jenuh apabila saluran mengalami perubahan dari *on hook* menjadi *off hook* dan akan menyumbat (*cut off*) kembali setelah saluran mengalami *on hook* kembali. Perubahan status hook tersebut diakibatkan oleh digunakannya salah satu.

### 3.2.5. Analisa Rangkaian Switch Saluran

Rangkaian switch saluran pada dasarnya adalah rangkaian transistor yang dioperasikan sebagai saklar pemindah arus saluran. Saklar transistor ini dapat mengalir arus dalam bentuk dua arah, setiap arah ditentukan terhadap telepon yang aktif terlebih dahulu dari pada telepon lainnya. Rangkaian switch saluran terdiri dari transistor yang dipacu oleh rangkaian pemicu dan mengaktifkan saluran yang saat itu sedang off hook dan bersamaan dengan itu memutuskan saluran dengan telepon lainnya. Dengan demikian setiap saat hanya sebuah pesawat telepon saja yang aktif.

Berikut adalah rangkaian switch salurany ang dianalisa dalam tugas akhir ini :



Gambar 3.4 Skema rangkaian switch saluran

### 3.2.6. Analisa Cara Kerja Switch Saluran

Rangkaian ini akan bekerja setelah menerima sinyal High dari keluaran monostabil multivibrator. Tegangan output tidak akan berguncang (saturasi dan cut off beberapa kali) karena adanya monostabil multivibrator tadi. Arus masukan ke basis transistor melalui resistor 10k dan menimbulkan arus basis yang cukup untuk mengantar transistor FCS 9013 ke dalam daerah jenuh (saturasi). Setelah mencapai daerah jenuh arus IC mengalir dan menyebabkan tegangan kolektor ( $V_c$ ) drop hingga dibawah tegangan  $V_{cc}$ , sehingga pada kondisi tersebut koneksi transistor akan menyambung dan munculnya tegangan pada ujung – ujung resistor  $V_e$ . Hal tersebut berlangsung bagi transistor 1 maupun transistor 2.



## BAB IV

### PENGUKURAN ALAT

Secara umum pengukuran alat bermaksud untuk menguji kinerja tiap bagian manapun alat secara keseluruhan pengujian meliputi pemberian sinyal masukan pada rangkaian penguji, mengukur dan menganalisa sinyal keluaran. Pengujian juga meliputi rancangan dan perbaikan kinerja (rekayasa).

Pemberian sinyal masukan diawali dengan menyusun rangkaian uji dan memberi isyarat masukan bagi sensor loop yang berasal dari saluran telepon yang terpasang pada pesawat telepon. Kemudian melihat aksi rangkaian, yang meliputi arus dan tegangan pada beberapa titik pengujian yang terpenting.

Apabila sinyal keluaran dari sensor arus lop telah sesuai dengan maksud perancangan, maka pengujian blok dihentikan dan blok tersebut dinyatakan telah berfungsi dengan baik, kemudian dilanjutkan dengan pengujian berikutnya.

Namun apabila sinyal keluaran belum mencapai kondisi yang dikehendaki, maka dilakukan rekayasa dengan cara mengganti nilai – nilai komponen yang masih dapat divariasikan (resistor tetap dengan cherned atau trimpot yang senilai). Besaran resistansi diubah dan kemudian dianalisa sinyal keluarannya sampai mencapai kondisi yang diperlukan. Tidak menutup kemungkinan penggantian komponen – komponen guna mengefektifkan kinerja rangkaian.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui :

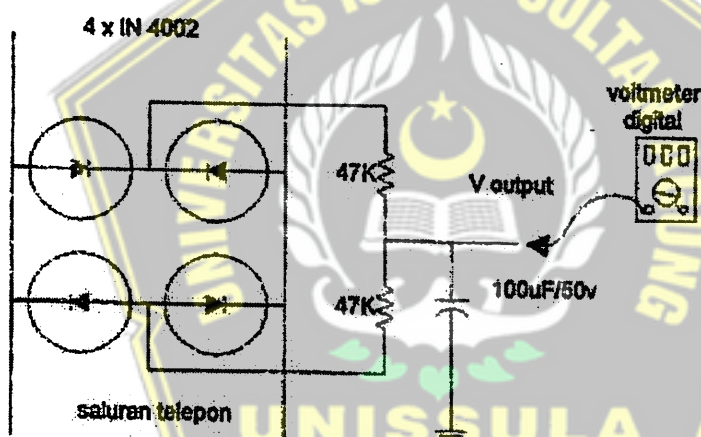
- Tegangan saluran dari sensor loop pada kondisi on hook maupun off hook
- Mengetahui besarnya penguatan Op-Amp secara praktis
- Menguji terputus dari terhubungnya relay lidi pada kondisi on hook dan off hook

### Pengukuran Pada Bagian – Bagian Sistem

Alat yang digunakan : voltmeter dan amperemeter digital. Pengukuran tegangan secara langsung pada masukan dan keluaran setiap tahapan rangkaian.

#### 4.1. Pengukuran Penyearah Tegangan Saluran

Pengukuran penyearah tegangan saluran dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran pada waktu saluran on hook dan pada waktu saluran off hook. Pengujian tegangan keluaran dari sensor arus loop menggunakan rangkaian sebagai berikut :



Gambar 4.1 Rangkaian pengujian sensor arus Loop

#### Langkah pengujian :

- ❖ Menyusun rangkaian pengujian seperti nampak pada gambar
- ❖ Memasang sebuah pesawat telepon pada saluran
- ❖ Mengukur tegangan keluaran sensor arus loop dengan mengangkat dan meletakkan gagang telepon.
- ❖ Mencatat hasilnya pada tabel pengujian

#### Data Hasil Pengujian



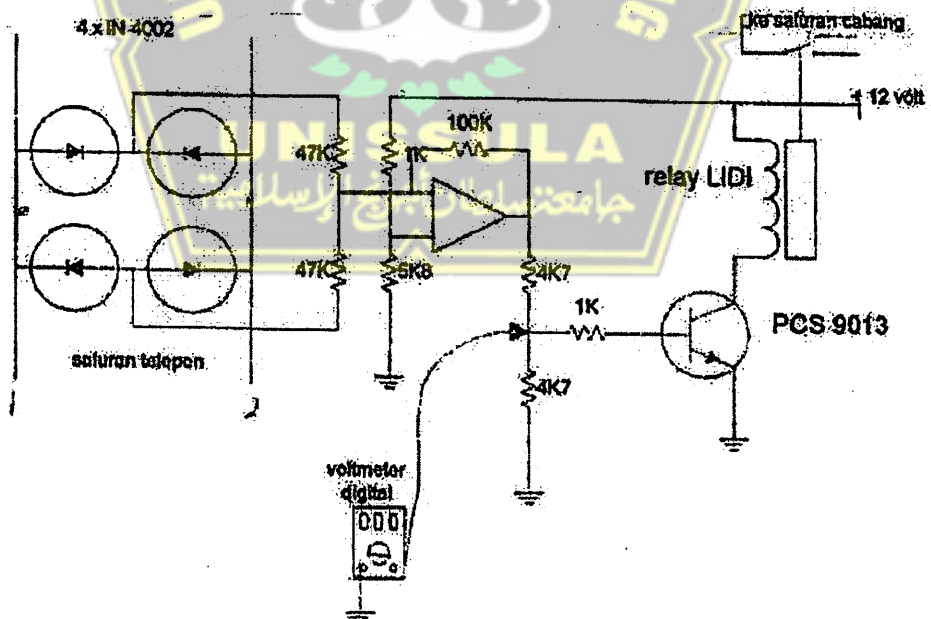
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Penyearah Tegangan Saluran

NO	V out sensor arus loop (Volt)	
	On Hook	Off Hook
1	23.2	4.45
2	23.3	4.44
3	23.3	4.44
4	23.3	4.45
5	23.4	4.46
6	23.4	4.44

#### 4.2. Pengujian Rangkaian Pemicu

Pengujian rangkaian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan tegangan dari on hook ke off hook dan sebaliknya terhadap tegangan keluaran dari Op- Amp.

#### Rangkaian Penguji



Gambar 4.2 Pengujian rangkaian pemicu

### Langkah Pengujian

Pengujian rangkaian pemacu dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- ✓ Menyusun rangkaian pengujian seperti gambar 4.2
- ✓ Memberi tegangan catu dari adaptor external sebesar 12 Volt DC untuk mengaktifkan rangkaian.
- ✓ Mengukur tegangan keluaran Op –AMP TC 274 dengan menggunakan multimeter (voltmeter digital)
- ✓ Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali mengetahui simpangannya dan mencatat hasilnya pada table

Data hasil pengukuran

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Rangkaian Pemacu

No	Tegangan keluaran ( V out ) Op Amp TC 274	Vbb ( = ½ Vout )
1	11.45	5.725 V
2	11.46	5.730 V
3	11.48	5.740 V
4	11.42	5.710 V
5	11.44	5.720 V

Data hasil pengujian menunjukkan tegangan Vout Op-Amp yang lebih rendah dari tegangan jenuh pencatu (yaitu 12 volt) hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya drop tegangan arus yang mengujikan ke ground melalui dua buah resistor pembagi tegangan basis 4K7.

Faktor lain kemungkinan adalah adanya-konsumsi daya yang terlalu tinggi pada relay atau transistor driver yang mengakibatkan penurunan tegangan keluaran Op-Amp Besarnya selisih rata – rata dari Vbb terhadap

hasil pengukuran pada bab III (yaitu  $V_{bb} = 6$  volt ) dapat disusun melalui table sebagai berikut :

Tabel 4.3 Perbandingan selisih  $V_{bb}$  pengukuran terhadap  $V_{bb}$  perencanaan

No	$V_{bb} (= \frac{1}{2} V_{out})$	Selisih terhadap $V_{bb}$ pengukuran
1	5.725 V	0.275 V
2	5.730 V	0.270 V
3	5.740 V	0.260 V
4	5.710 V	0.290 V
5	5.720 V	0.280 V
	Jumlah	1.375 V

Besarnya selisih rata – rata adalah :

$$\text{selisih rata – rata} = \frac{1,375}{5} \text{ volt}$$

$$\text{selisih rata – rata} = 0,275 \text{ volt}$$

Jadi besarnya selisih rata – rata adalah 0,275 selisih ini sama dengan persen kesalahan sebesar :

$$\text{persen kesalahan} = \frac{0,275}{5} \times 100\% \text{ volt}$$

$$\text{persen kesalahan} = 4,853\%$$

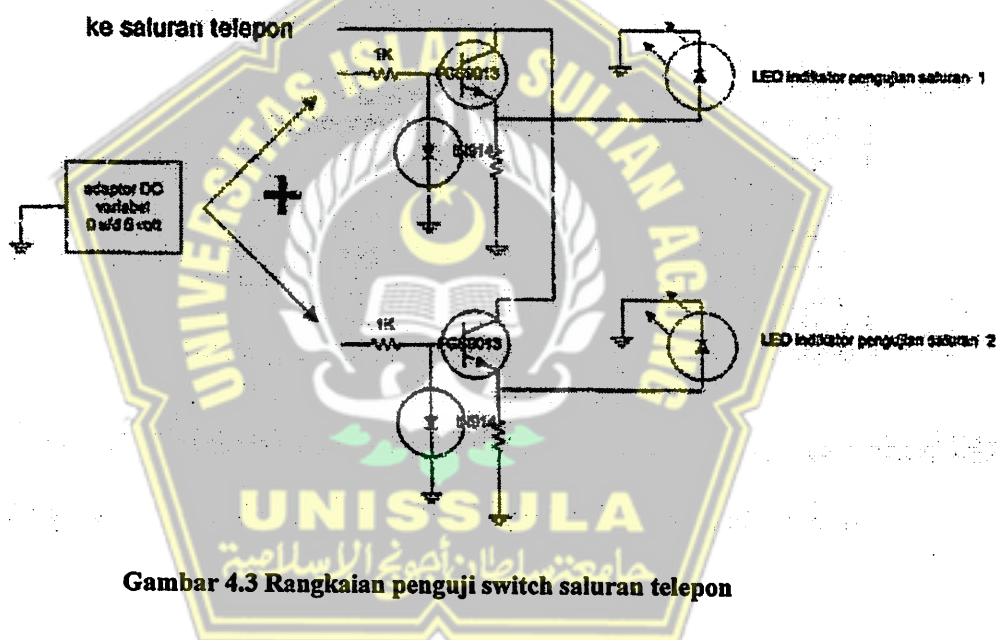
#### 4.3.Pengujian Rangkaian Switch Saluran

Rangkaian switch saluran terdiri dari rangkaian transistor yang berfungsi sebagai relay pemindah saluran, sehingga setiap saat saluran dari telkom

hanya dihubungkan sedang salah satu dari kedua saluran telepon cabang ( telepon 1 dan telepon 2 maupun telpon 3)

Pengujian bagian ini bermaksud untuk mengetahui kinerja transistor, apakah menyambung atau memutus pada pemberian tegangan input yang berbeda. Setiap saat pemacu hanya mengaktifkan salah satu basis transistor, sehingga pada dasarnya pengujian kedua rangkaian switch transistor tersebut adalah sama.

Rangkaian Pengujian switch saluran telepon :



Gambar 4.3 Rangkaian penguji switch saluran telepon

### Langkah pengujian

Langkah pengujian rangkaian antar muka daya adalah sebagai berikut :

- Menyusun perangkat uji seperti pada gambar rangkaian pengujian
- Memicu masukan berupa tegangan DC antara 0 dan 5 volt ( $V_{BB}$ ) pada masukan masing – masing transistor
- Mengamati nyala LED sebagai tanda bahwa saluran terhubung dan matinya LED bahwa saluran terputus
- Mencatat hasil pada tabel data hasil pengujian

Hasil pengujian switch telepon di susun dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Switch Saluran

No	Pengujian Transistor Tegangan input basis ( $V_{BB}$ )	Kondisi LED
1	0.1	LED Padam
2	0.2	LED Padam
3	0.3	LED Padam
4	4.8	LED Menyala
5	4.9	LED Menyala
6	5	LED Menyala

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan LED pada rangkaian penguji diatas, maka dapat dilakkan analisa sebagai berikut :

1. hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa pemberian tegangan input basis ( $V_{BB}$ ) rata – rata sebesar :

$$V_{BB} \text{ rata - rata} = \frac{0,10 + 0,20 + 0,30}{3}$$

$$V_{BB} \text{ rata - rata} = 0,25 \text{ volt}$$

2. sedangkan pemberian tegangan input basis ( $V_{BB}$ ) rata – rata sebesar

$$V_{BB} \text{ rata - rata} = \frac{4,80 + 4,90 + 5,00}{3}$$

$$V_{BB} \text{ rata - rata} = 4,95 \text{ volt}$$

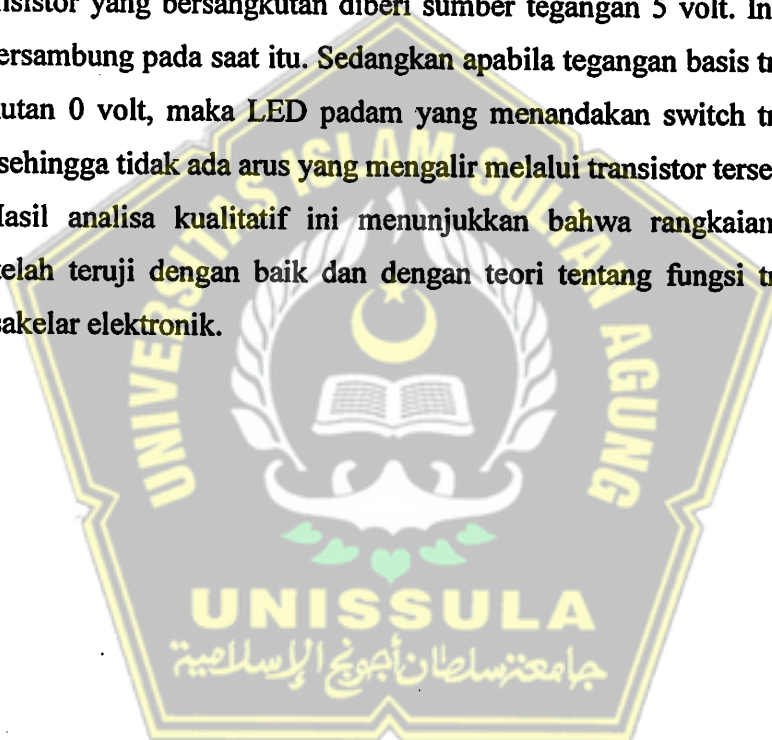
Menyebabkan LED menyala yang menandakan transistor menghantar dan saluran terhubung.

#### 4.4 Analisa Hasil Pengujian switch saluran

Karena indikator LED telah menandakan mengalir tidaknya arus pada transistor telah cukup menunjukkan transistor menghantar atau menyumbat, maka hanya dengan mengamati nyala LED yang dipasang pada rangkaian pengujian.

Sesuai dengan tabel menunjukkan bahwa LED menyala pada saat basis transistor yang bersangkutan diberi sumber tegangan 5 volt. Ini berarti saluran tersambung pada saat itu. Sedangkan apabila tegangan basis transistor bersangkutan 0 volt, maka LED padam yang menandakan switch transistor terputus sehingga tidak ada arus yang mengalir melalui transistor tersebut.

Hasil analisa kualitatif ini menunjukkan bahwa rangkaian switch saluran telah teruji dengan baik dan dengan teori tentang fungsi transistor sebagai sakelar elektronik.





## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1.Kesimpulan**

- 1 Keluaran komparator berdigit menandakan saluran dalam keadaan on hook atau off hook berdasarkan sinyal yang dihasilkannya. Munculnya sinyal dengung akan menaikkan tegangan jembatan dan mengakibatkan keluaran komparator beranjak ke High State. Apabila on hook maka keluaran akan tertahan Low state dengan suatu penguatan tegangan.
- 2 Keluaran dari pemacu dihubungkan ke transistor switch telepon untuk memutuskan hubungan antara saluran telepon satu dengan telepon yang lain dan menyambungkan telepon yang off hook pertama kali. Jika telepon satu off hook terlebih dahulu daripada telepon yang lainnya maka telepon yang lainnya akan dilepas dari saluran telepon secara otomatis.
- 3 Sesuai dengan hasil diatas kita bisa melihat bahwa LED menyala pada saat basis transistor yang bersangkutan diberi sumber tegangan 5 volt. Ini berarti saluran tersambung pada saat itu sedangkan apabila tegangan pada basis transistor yang bersangkutan bernilai 0 volt maka LED padam yang menandakan bahwa switch transistor terputus sehingga tidak ada arus yang mengalir melalui transistor tersebut.

#### **5.2.Saran**

- 1 Penggunaan konsumsi daya yang terlalu tinggi pada relay atau transistor driver akan mengakibatkan penurunan keluaran Op-Amp
- 2 Untuk mengefektifkan kinerja tidak menutup kemungkinan harus dengan penggantian komponen – komponen

- 3 Kapasitor ini akan menangani tegangan balik maupun searah, maka kapasitor yang digunakan adalah jenis tanpa kutub ( keramik atau milar ) dan kapasitor polar jenis elektrolit (elko), karena tidak memerlukan arus satuan DC didalamnya.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Ae Frisgerala, David . Hingginbotha, Arvin Grabel, "*Terjemahan Dasar-Dasar Elektronika oleh Pantr Sulaban Edisi ke-5*"
2. A.P. Malvino P. Leac, *Prinsip-Prinsip Dan Penerapan Digital*, Edisi 3, Penerjemah Ir Irwan Wijaya, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2007
3. B.I. Theraja, *Fundamental of Electrical Engineering and Electronics*, S Chand & Company Ltd, 2005
4. Charles A. Sculler, William Mc Namee, *IndustrialElextronicsand Robotics*, Mc Graw HillBook Company, New Jersey USA, 2006
5. Hughes Frederick W, *Panduan Op Amp*, Edisi II terjemahan, Penerbit PT Eexmedia Computindo, Jakarta, 2004
6. Ir. Paulus Wijaya Citra, *Buku Data IC Op Amp dan Rangkaian- Rangkaian Op Amp*, Penerbit Elexmedia Computindo Kelompok Gramedia, Jakarta, 2007
7. Jacob MilmanPh.D, Christos C Halkias, Ph.D "*Elektronika terpadu jilid 4 (Integrated Electronic):Rangkaian dan Sistem Analog dan Digital*", Diterjemahkan Prof. nM. Barmawi, Ph.D dan M.O. Tjia Ph.D
8. J. Tochii, *Analisa Rangkaian Listrik*, Prentice Hall International Edition, N.J.USA
9. Wasito S, *Data Sheet Book 1*,Penerbit Elexmedia Computindo Kelompk Gramedia, Jakarta, 2005.
10. William H. Hyat JR. The Houw Liong Ph.D, "*Elektromagnetika Teknologi*", Erlangga, Jakarta, 2002