

**RANGKAIAN PENCEGAH PANGGILAN TELEPON
KELUAR DENGAN MEMANFAATKAN TIRISTOR
SEBAGAI SAKLAR PENAHAN ARUS**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

**SUJOKO WAHYONO
NIM. 9901063261-63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2006**

repository.ub.ac.id

RANGKAIAN PENCEGAH PANGGILAN TELEPON KELUAR DENGAN MEMANFAATKAN TIRISTOR SEBAGAI SAKLAR PENAHAN ARUS

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

SUJOKO WAHYONO
NIM. 9901063261-63

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing

Ir. Primantara Hari. T
NIP. 132 090 390

Ir. Nanang Sulistiyanto
NIP. 132 090 389



PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya selama ini sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Allhamdulillah kepada Allah S.W.T karena atas kehendak-Nya saya bisa menyelesaikan skripsi ini
2. Bapak, Ibu, dan Saudara-saudaraku tercinta (Mas Yoto, Mbak Yanti & Mas Kukuh, juga) yang selalu memberikan dukungan moril, material dan spiritual
3. Bapak Purwanto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Hery Purnomo selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Ponco Siwindarto, selaku Ketua Kelompok Pengajar Keahlian Elektronika.
6. Bapak Primantara.H.T dan Nanang S.Selaku pembimbing I dan II yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Mas Widik atas kesabarannya membimbing dan memberikan semangat untuk menyelesaikan sekripsi ini
8. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
9. Keluarga besar Rumah KOS 105B
10. Rekan-rekan mahasiswa yang telah banyak membantu angkatan 98,99,dan 00.
11. Semua pihak yang tidak mungkin Penulis sebutkan satu per satu.

Hanya kepada Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang Penulis serahkan semua ini, kiranya segala bantuan, pengarahan, bimbingan dan doa restu yang diberikan menjadi amal ibadah disisi-Nya.

Pembuatan laporan tugas akhir ini telah Penulis wujudkan apa yang telah direncanakan dengan mengusahakan sebatas kemampuan dan pengetahuan Penulis, juga tidak menutup kemungkinan memperoleh masukan-masukan dari semua pihak demi terwujudnya tugas akhir ini. Apabila dalam koreksi nanti mungkin terdapat kesalahan atau kekurangan terhadap isi laporan ini, Penulis mohon maaf yang



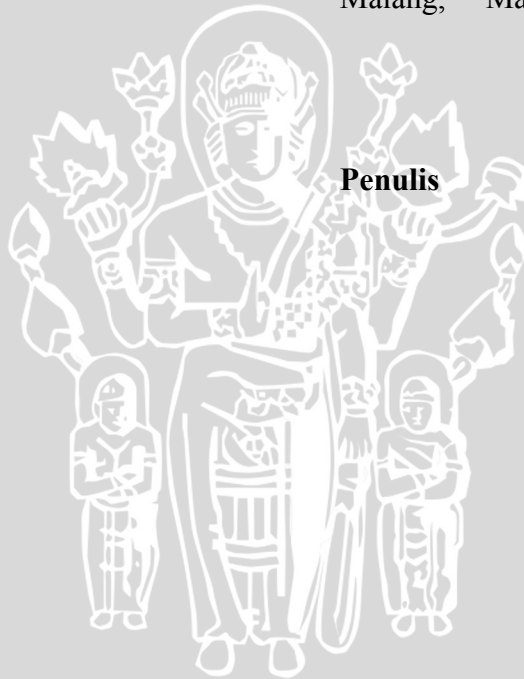
sebesar-besarnya karena sebagai manusia biasa Penulis juga tak lepas dari kesalahan-kesalahan.

Sebagai akhir koreksi, Penulis dengan lapang dada dan tangan terbuka menerima segala masukan-masukan demi pengembangan dan kesempurnaan alat serta laporan tugas akhir yang telah dibuat.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi almamater Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.

Malang, Maret 2006

Penulis

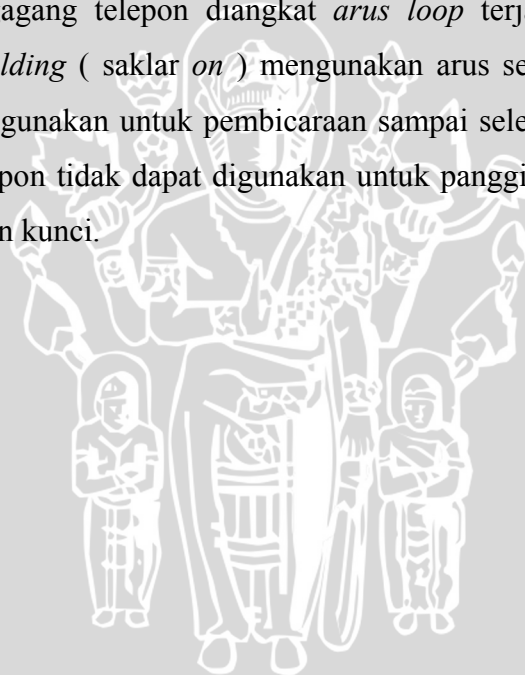


ABSTRAK

SUJOKO WAHYONO, Jurusan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2005, “Rangkaian Pencegah Panggilan Telepon Keluar dengan Memanfaatkan Tiristor sebagai Saklar Penahan Arus, Dosen Pembimbing I : Ir. Primantara Hari. T, Dosen Pembimbing II : Ir. Nanang S

Alasan pemilihan judul adalah seringnya terjadi pencurian pulsa telepon terutama di rumah kos dan perkantoran. Selain itu juga kunci dipasaran sudah banyak yang mengetahui kelemahannya.

Dalam Skripsi ini dijelaskan rangkaian pengunci telepon yang memanfaatkan catudaya dari sentral yang aktif harus didahului oleh adanya dering dengan tegangan sebesar 90V AC yang berfungsi untuk triger rangkaian kunci. Setelah rangkaian kunci mendapatkan triger bila gagang telepon diangkat *arus loop* terjadi. Untuk dapat mempertahankan saklar *holding* (saklar *on*) menggunakan arus sentral yang cukup besar agar telepon dapat digunakan untuk pembicaraan sampai selesai. Saat *on hook* tanpa didahului dering telepon tidak dapat digunakan untuk panggilan keluar karena saluran putus oleh rangkaian kunci.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Telepon	5
2.1.1 Sistem Telepon	5
2.1.2 Pesawat Telepon	6
2.2 Rangkaian Bicara Dasar	7
2.2 Sentral Telepon	10
2.3.1 Memulai Panggilan.....	10
2.3.2 Menghubungkan Telepon.....	10
2.3.3 Menjawab panggilan pada proses panggilan.....	11
2.4 Macam-macam Saklar	11
2.4.1 Saklar Mekanik.....	11
2.4.1.1 Relay	11
2.4.2 Saklar Elektrik.....	12
2.4.2.1 Transistor Sebagai Saklar.....	12
2.4.2.2 Diode Empat Lapis.....	12
2.4.2.3 Tiristor.....	13
2.5 Dioda Zener.....	15
2.6 Penyearah Jembatan.....	16



BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Studi Literatur	18
3.2 Perancangan Alat	18
3.3 Pembuatan Alat	18
3.4 Pengujian Alat.....	19
3.5 Analisis Data Hasil pengujian.....	19
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	19
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	20
4.1 Perancangan Sistem	20
4.2 Spesifikasi Alat.....	21
4.3 Perancangan Penyesuai Polaritas.....	22
4.4 Perancangan Pemutus Saluran.....	23
BAB V PENGUJIAN SISTEM	27
5.1 Pengujian on hook dan off hook	27
5.1.1 Tujuan	27
5.1.2 Peralatan yang digunakan	27
5.1.3 Prosedur Pengujian.....	27
5.1.4 Hasil pengujian dan analisis	28
5.2 Pengujian Detektor Tegangan	28
5.2.1 Tujuan	28
5.2.2 Peralatan yang digunakan.....	28
5.2.3 Prosedur Pengujian.....	29
5.2.4 Hasil pengujian dan analisis.....	29
5.3 Pengujian Penyesuai Polaritas.....	29
5.3.1 Tujuan.....	29
5.3.2 Peralatan yang digunakan.....	29
5.3.3 Prosedur Pengujian.....	29
5.3.4 Hasil Pengujian dan analisis.....	30
5.4 Pengujian Rangkaian Saklar.....	30
5.4.1 Tujuan.....	30
5.4.2 Peralatan yang digunakan.....	30
5.4.3 Prosedur Pengujian.....	30
5.4.4 Hasil pengujian dan analisis.....	31

5.5	Anti Paralel.....	32
5.5.1	Tujuan.....	32
5.5.2	Peralatan yang digunakan.....	32
5.5.3	Prosedur Pengujian.....	32
5.5.4	Hasil pengujian dan analisis.....	32
5.6	Pengujian karakteristik DC sebelum dan sesudah kunci telepon terpasang.....	33
5.6.1	Tujuan.....	33
5.6.2	Peralatan yang digunakan.....	33
5.6.3	Prosedur Pengujian.....	33
5.6.3.1	Pengukuran arus sebelum dan sesudah dipasang alat.....	33
5.6.3.2	Pengukuran tegangan sebelum dan sesudah dipasang alat.....	33
5.6.4	Hasil pengujian dan analisis.....	34
5.7	Pengujian sinyal suara sebelum dan sesudah kunci telepon terpasang saat off hook	36
5.7.1	Tujuan.....	36
5.7.2	Peralatan yang digunakan.....	36
5.7.3	Prosedur Pengujian.....	36
5.7.4	Hasil pengujian dan analisis.....	37
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		38
5.1.	Kesimpulan	38
5.2.	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN		40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar Telepon untuk Pelanggan 9

Table 2.3. Macam-macam sinyal pada *line* telepon 11

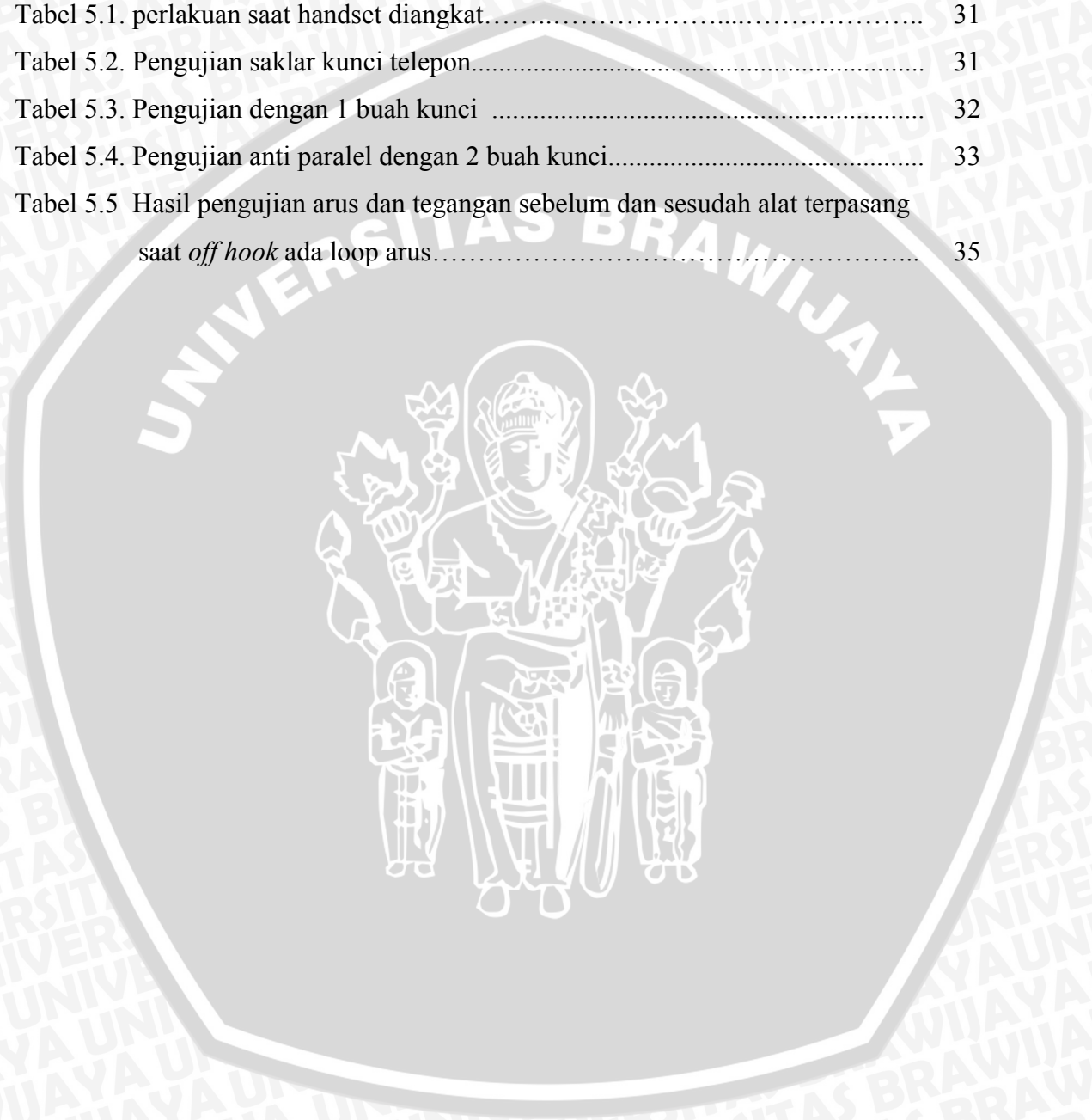
Tabel 5.1. perlakuan saat handset diangkat..... 31

Tabel 5.2. Pengujian saklar kunci telepon..... 31

Tabel 5.3. Pengujian dengan 1 buah kunci 32

Tabel 5.4. Pengujian anti paralel dengan 2 buah kunci..... 33

Tabel 5.5 Hasil pengujian arus dan tegangan sebelum dan sesudah alat terpasang saat *off hook* ada loop arus..... 35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Blok Umum Pesawat Telepon	6
Gambar 2.2 Rangkaian Telepon Standar	8
Gambar 2.3. Besarnya tegangan dan arus yang terjadi pada seluran telepon	9
Gambar 2.4. Rangkaian transistor sebagai switch.....	12
Gambar 2.5. Simbol diode empat lapis.....	13
Gambar 2.6. Strktur tiristor.....	13
Gambar 2.7. Rangkaian tiristor dan karakteristik tegangan.....	15
Gambar 2.8. Simbol Dioda zener	15
Gambar 2.9 Rangkain jembatan penyearah.....	16
Gambar 2.10 Sinyal Rangkaian jembatan penyearah	17
Gambar 4.1. Blok Diagram Perancangan Sistem	20
Gambar 4.2. Prinsip kerja pengaktifan saklar pemutus saluran.....	21
Gambar 4.3. Rangkaian penyesuai polaritas saluran.....	22
Gambar 4.4 Sinyal ketika pembicaraan.....	23
Gambar 4.5 Rangkaian detektor tegangan.....	24
Gambar 4.6 Simbol dari SCR.....	24
Gambar 4.7 Tegangan Keluaran Detektor dering.....	26
Gambar 5.1. Blok diagram pengujian <i>on hook</i>	27
Gambar 5.2. Tegangan <i>line</i> telepon saat <i>on hook</i>	28
Gambar 5.3. Tegangan <i>line</i> telepon saat <i>off hook</i>	28
Gambar 5.4. Blok Diagram Pengujian <i>detektor tegangan</i>	29
Gambar 5.5. Tegangan Zener pada saat mendeteksi dering.....	29
Gambar 5.6. Diagram blok pengujian penyesuai polaritas.....	30
Gambar 5.7. Blok Diagram pengujian sakalar.....	30
Gambar 5.8. Sinyal dering.....	31
Gambar 5.9. Blok diagram pengujian anti paralel 1 kunci	32
Gambar 5.10. Blok diagram pengujian anti paralel 2 kunci	32
Gambar 5.11 Blok diagam pengujian arus sebelum dan sesudah alat terpasang saat <i>off hook</i>	33

Gambar 5.12 Blok diagram pengujian tegangan arus sebelum dan sesudah alat terpasang saat *off hook*..... 34

Gambar.5.13. Hasil pengujian Arus sebelum dipasang rangkaian kunci pada saat *off hook*..... 34

Gambar.5.14. Hasil pengujian Arus line telepon Sesudah rangkaian kunci terpasang saat *off hook* setelah ada dering..... 35

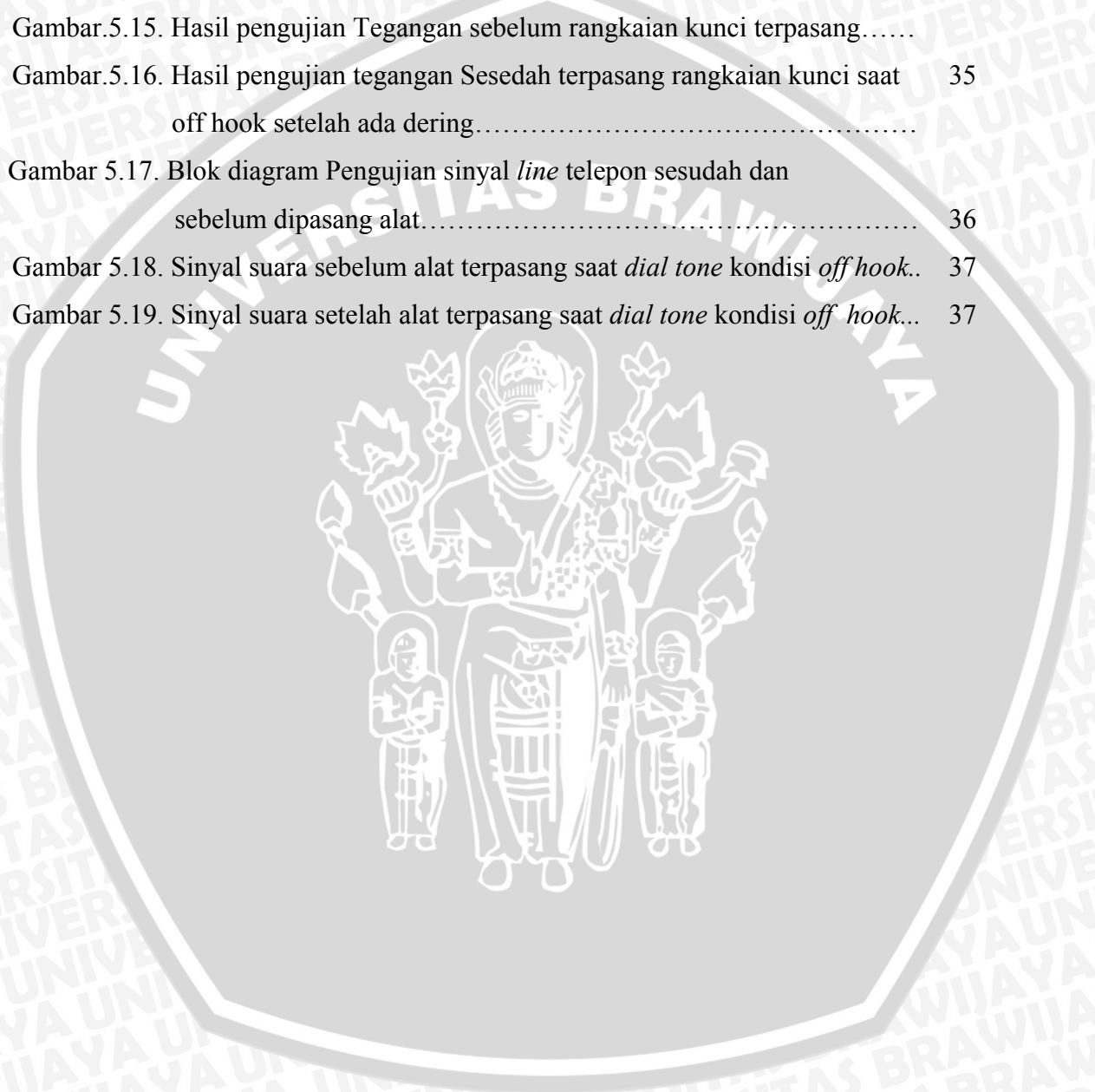
Gambar.5.15. Hasil pengujian Tegangan sebelum rangkaian kunci terpasang..... 35

Gambar.5.16. Hasil pengujian tegangan Sesudah terpasang rangkaian kunci saat *off hook* setelah ada dering..... 35

Gambar 5.17. Blok diagram Pengujian sinyal *line* telepon sesudah dan sebelum dipasang alat..... 36

Gambar 5.18. Sinyal suara sebelum alat terpasang saat *dial tone* kondisi *off hook*.. 37

Gambar 5.19. Sinyal suara setelah alat terpasang saat *dial tone* kondisi *off hook*... 37



Rangkaian Pencegah Pangilan Telepon Keluar Dengan Memanfaatkan Tiristor Sebagai Saklar Penahan Arus

Disusun oleh:

SUJOKO WAHYONO
NIM. 9901063261-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 22 April 2006

DOSEN PENGUJI

Ir. Ponco Siwindarto, MS.
NIP. 131 837 966

Ir. M. julius St.,MS.
NIP. 131 124 635

Suprpto, ST, MT.
NIP. 132 149 320

Raden Arief Setyawan, ST
NIP. 132 231 713

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Purwanto, MT
NIP. 131 574 847

Bab I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbicara tentang pemakaian telepon maka tidak terlepas biaya pembayaran dari banyaknya pulsa yang digunakan oleh pelanggan setiap bulannya, dan pemakaian telepon baik di rumah atau perkantoran tidak bisa dipantau penggunaannya terutama penggunaan telepon lokal dan siapa-siapa saja yang memakainya. Tidak menutup kemungkinan terjadinya penggunaan panggilan telepon keluar oleh orang-orang yang tidak berkepentingan terhadap pembayaran tagihan telepon, biasanya hal ini banyak terjadi di rumah tangga, perkantoran dan rumah kos.

Karena terjadinya permasalahan tersebut banyak penanggung jawab pembayaran tagihan telepon melakukan pengamanan telepon dengan berbagai cara diantaranya dengan menggunakan kunci pengaman tombol pesawat telepon (menggunakan kunci gembok), produk pesawat telepon beserta kuncinya dengan cara mematikan *Dual Tone Multy Frequency (DTMF)*, menggunakan fasilitas yang disediakan oleh PT TELKOM yaitu pembatasan telepon keluar baik lokal maupun interlokal pada sentral.

Meskipun upaya-upaya di atas telah dilakukan masih juga tidak berhasil, karena pengaman telepon tersebut di atas masih mempunyai banyak kelemahan dan kekurangan, masyarakat umum terutama pengguna telepon sudah banyak yang mengetahuinya bagaimana cara untuk menyasati kunci telepon yang telah ada kecuali fasilitas yang dari PT TELKOM akan tetapi kunci yang disediakan ini perbulannya dikenai biaya.

Dari banyaknya permasalahan tersebut di atas diperlukan suatu alat yang dapat mengantisipasi penggunaan telepon panggilan keluar secara aman dan efektif diantaranya yang telah di buat sebelumnya oleh **Abdul Haris 911001060201-63** *Alat pengunci Telepon dengan menggunakan MC 68705u3*. **Dini Zauharul Ma'nun 9901063192-63** *Perangkat Telepon Berpassword Dengan fasilitas Variasi Panggilan*

1. **Abdul Haris 911001060201-63** *Alat pengunci Telepon dengan menggunakan MC 68705u3* yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut: semua proses pengontrolan seluruh sistem dilakukan oleh satu Mikrokontroler MC 68705U3, menggunakan sebuah catu daya tunggal dan baterai sebagai cadangan, fungsi

sistem ini membatasi panggilan interlokal dan internasional, yang mempunyai fasilitas *password*.

- 2. Dini Zauharul Ma'nun 9901063192-63 Perangkat Telepon Berpassword Dengan Fasilitas Variasi Panggilan.** mempunyai spesifikasi yaitu jika terjadi pengangkatan *handset* telepon maka detektor *hook* akan mendeteksi tegangan dan outputnya menjadi input dari mikrokontroler. Setelah mendeteksi, MCU (*Microcontroller*) memerintahkan ISD 2500 untuk memberikan informasi "masukkan *password*". Setelah *password* dimasukkan, dikodekan oleh dekoder DTMF dan dicocokkan dengan *password* yang telah tersimpan dalam MCU. Jika *password* yang dimasukkan betul maka MCU akan memerintahkan ISD (*integrated sound device*) kembali untuk memberikan informasi pada pengguna memasukkan *password* tertentu maka MCU segera memerintahkan untuk menggabungkan *line* telepon dengan pesawat telepon dan terjadi hubungan untuk bisa berkomunikasi.

Akan tetapi berbagai alat tersebut masih bisa disederhanakan dengan pertimbangan menggunakan cara lain diantaranya penyederhanaan berdasarkan kaidah keilmuan yang ada, menggunakan komponen yang mudah didapat di pasar elektronik dan biaya yang dikeluarkan bisa ditekan seminimum mungkin serta dibutuhkan masyarakat saat ini.

Selain itu juga perlu pertimbangan bagaimana kemudahan dalam melakukan pemasangan kunci telepon tersebut pada jaringan yang ada dengan catu daya yang digunakan berasal dari sentral telepon PT TELKOM.

1.2. Rumusan Masalah

Dari referensi yang ada untuk melakukan suatu penyederhanaan dari skripsi sebelumnya timbul suatu permasalahan dalam merealisasikan yaitu bagaimana merencanakan dan membuat rangkaian kunci telepon elektronik dengan menggunakan sebuah komponen aktif yang terdiri dari saklar yang harus bekerja sesuai dengan standar telepon yang ada dari PT TELKOM, diantaranya yang penting untuk diperhatikan adalah tegangan, arus dan frekuensi pada kondisi normal. Pada kondisi normal tersebut rangkaian harus bisa bekerja pada saat adanya dering, saat digunakan bicara, dan saat digunakan melakukan panggilan.

1. Selama masih ada sinyal dari sentral telepon, maka pencurian masih dapat dilakukan pesawat lain yang tidak ada kunci atau diparalel dengan pesawat yang tidak ada kunci pengaman.
2. Bagaimana membuat rangkaian kunci telepon memanfaatkan daya yang ada dari sentral telepon tapi dapat mengunci semua panggilan meskipun dengan mengganti pesawat yang terkunci
3. Membuat rangkaian yang mudah dipasang pada jaringan telepon dengan kondisi bila dipasang tetap bekerja sesuai dengan fungsi kerjanya tanpa mempengaruhi dari satandarisasi yang ada.

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam perancangan alat ini adalah :

1. Tidak membahas pesawat telepon hanya memberikan gambaran singkatnya
2. Tidak membahas nada sela dan kotak pesan
3. Tidak membahas pencurian di luar jaringan KTA (Kotak terminal akhir)
4. Tidak membahas sentral telepon

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Perencanaan ini bertujuan untuk merancang dan membuat Rangkaian Pengunci telepon dengan memanfaatkan saklar yang mudah dalam pemasangan serta sangat membantu untuk mengatasi permasalahan pencurian pulsa, serta memanfaatkan catu daya yang berasal dari sentral telepon agar tidak tergantung pada daya listrik PT PLN.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Bab I** : Menjelaskan tentang Latar Belakang Permasalahan, Rumusan dan Ruang Lingkup Masalah, Tujuan Penelitian, dan Sistematika Penulisan.
- Bab II** : Menjelaskan tentang teori dasar yang menunjang perencanaan alat dan komponen pendukung.
- Bab III** : Menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam penyelesaian laporan.

- Bab IV** : Perencanaan dan pembuatan Alat
Memuat Diagram Blok Alat, Prinsip Kerja, dan Realisasi Alat.
- Bab V** : Menjelaskan tentang pengujian dan analisa alat.
- Bab VI** : Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran.
- Lampiran** : Berisi tentang foto alat, gambar rangkaian, *data sheet* komponen yang digunakan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telepon

2.1.1 Sistem Telepon

Perkataan “*telephone*” berasal dari bahasa Yunani “*tele*”, yang berarti jauh, dan “*phone*”, yang berarti suara. Dalam pengertian masa kini, *telephony* (*telephony*) meliputi konversi dari sinyal-sinyal suara menjadi sinyal-sinyal listrik frekuensi *audio* yang kemudian dapat dipancarkan melalui suatu sistem transmisi listrik, dan akhirnya dikonversikan kembali menjadi sinyal-sinyal tekanan suara pada ujung penerima. (Roddy dan Coolen, 1984: 585)

Suatu sistem telepon harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut. Sistem harus mampu untuk memancarkan sinyal-sinyal suara pada kedua arah. Sistem juga harus menyediakan suatu cara untuk memberi sinyal atau tanda dari masing-masing terminal ke terminal yang lain. Pada mulanya sinyal ini hanya memanggil orang yang berada di pesawat penerima yang jauh, tetapi ini segera diganti dengan proses pemberian sinyal kepada seorang operator sentral yang menghubungkan saluran yang diminta dan kemudian memberi sinyal pula pada penerima di tempat yang jauh tersebut. Saluran sinyal yang sama digunakan dalam sistem-sistem telepon otomatis untuk mengoperasikan alat-alat penghubung saluran (*line-switching*) pada lokasi sentral, sehingga tidak diperlukan lagi seorang operator perantara.

Sistem-sistem telepon yang memerlukan *switching* di sentral telepon untuk menghubungkan saluran pihak yang memanggil ke saluran pihak yang dipanggil bekerja atas dasar “*loop*”. *Loop* pelanggan telepon terdiri dari sepasang kawat di antara tempat pelanggan dan sentral penghubung telepon, sebuah pesawat terminal telepon, dan sebuah rangkaian di lokasi penghubung untuk mencatu arus baterai, arus pemberi sinyal, dan suatu alat untuk menghubungkan ke mesin *switching*. (Roddy dan Coolen, 1984: 587)

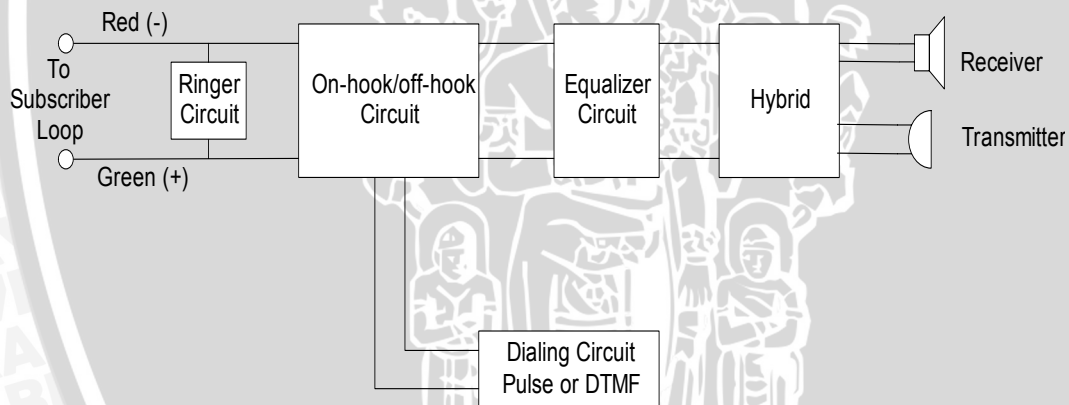
Untuk mengadakan pembicaraan antara kedua pelanggan, maka salah satu pelanggan harus mengirimkan suatu nomor ke sentral melalui roda pilih atau tombol tekan yang terdapat pada pesawat telepon. Pemanggilan dari pelanggan dengan mengirimkan informasi berupa nomor telepon ke sentral untuk memanggil pelanggan lain disebut *dialing*.

2.1.2 Pesawat Telepon

Telepon merupakan media komunikasi jarak jauh antar personal secara dua arah (*full duplex*), artinya suatu media yang dapat difungsikan sebagai pengirim dan penerima secara bersamaan. Pengaturan sistem komunikasi telepon dilakukan oleh sentral.

Diagram blok sebuah pesawat telepon secara umum dapat dilihat seperti dalam Gambar 2.1., yang terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu:

1. Penerima (*receiver*)
2. Pengirim (*transmitter*)
3. *Hybrid*
4. Rangkaian equaliser (*Equalizer Circuit*)
5. Rangkaian buka-tutup (*on-hook/off-hook circuit*)
6. Rangkaian *dialing* (*dialing circuit*)
7. Rangkaian bel (*ringer circuit*)



Gambar 2.1. Diagram Blok Umum Pesawat Telepon

Sumber: Hioki: 242

Bagian pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) adalah gagang telepon (*handset*). *Handset* telepon terdiri atas peralatan *transmitter* berupa *microphone* untuk mengirim sinyal bicara dan untuk peralatan *receiver* berupa *speaker* untuk mendengarkan informasi dari lawan bicara. Selain itu, *handset* juga berfungsi untuk menahan saklar buka-tutup supaya tetap berada pada kedudukannya.

Hybrid digunakan untuk mentransformasikan rangkaian bicara 2 kabel menjadi 4 kabel dan memisahkan sinyal pengirim dan penerima yang dikirimkan bersama-sama sehingga dapat melakukan operasi dua arah (*Full Duplex*).

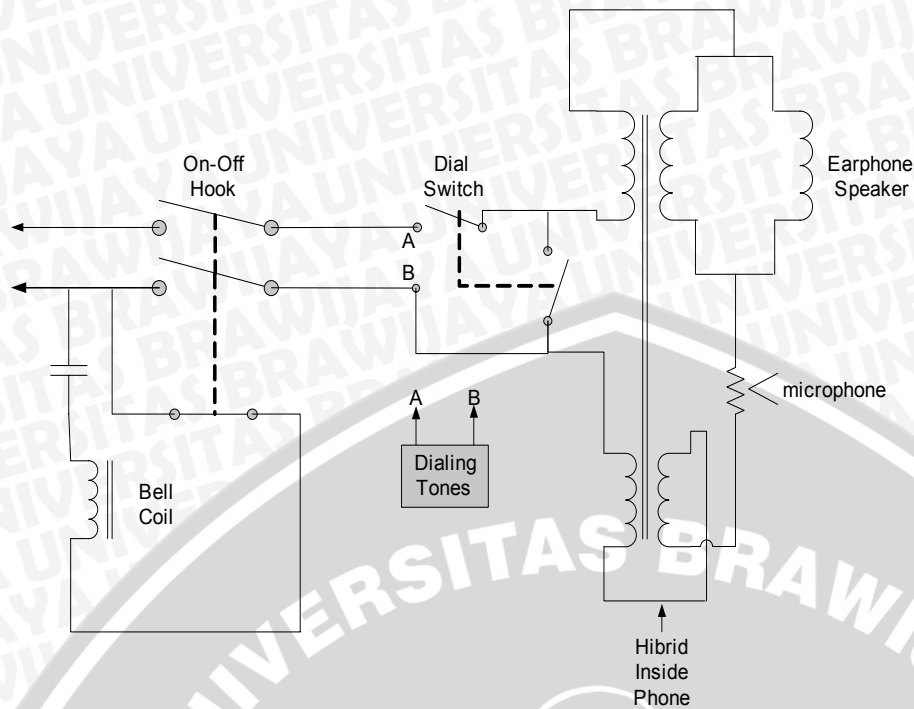
Rangkaian equaliser (*Equalizer Circuit*) digunakan untuk mengatur amplitudo suara. Rangkaian buka-tutup (*on-hook/off-hook circuit*) merupakan saklar pemisah telepon dengan salurannya. Saat *handset* pada tempatnya disebut sebagai keadaan “*on-hook*”, dan saat *handset* diangkat disebut keadaan “*off-hook*”.

Rangkaian *dialing* (*dialing circuit*) merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk memilih nomor pelanggan yang akan dipanggil. Selain itu telepon juga dilengkapi dengan rangkaian bel (*ringer circuit*) yang dipakai untuk memberitahukan tentang adanya panggilan telepon. Untuk membunyikan bel dipergunakan sinyal dering yang berupa sinyal bolak-balik dengan tegangan 70 ± 10 volt dengan frekuensi 25 ± 3 Hz dengan periode 5 detik (satu detik berbunyi dan empat detik mati). (Anonymous, 1992)

2.2 Rangkaian Bicara Dasar

Rangkaian bicara dasar untuk sistem telepon standar ditunjukkan dalam Gambar 2.2. Pada saat *handset* terpasang pada kedudukannya menyebabkan saklar buka-tutup (*switch hook*) tertekan ke bawah, sehingga saklar dalam keadaan terbuka (*on-hook*). Hal ini akan menyebabkan *loop* pelanggan menjadi suatu rangkaian terbuka, terpisah dengan sentral. Tegangan pada saluran telepon dalam kondisi ini adalah $48 V_{DC}$ dan arus yang mengalir sebesar 0 mA karena *loop* pelanggan dalam keadaan terbuka.

Apabila *handset* diangkat, mengakibatkan saklar buka-tutup berada pada keadaan tertutup (*off hook*) sehingga pesawat telepon terhubung ke sentral. Karena *loop* pelanggan menjadi suatu rangkaian tertutup, maka arus searah dari baterai sentral mengalir dan mencatu rangkaian pesawat telepon. Pada saat ini tegangan saluran menjadi $7V_{DC}$ dan arus yang mengalir sebesar 20mA sampai 80mA. Aliran arus ini yang dideteksi oleh sentral sebagai indikasi bahwa ada pelanggan yang akan melakukan suatu hubungan. Sentral akan mengirimkan *dial tone* berupa sinyal dengan frekuensi 425 Hz secara kontinyu kepada pelanggan. Hal ini menunjukkan kepada pelanggan bahwa dia dapat melakukan hubungan dengan mengirimkan nomor telepon. (Anonymous, 1992). Sentral akan menghubungkan pelanggan dengan nomor telepon yang dipanggil melalui rangkaian *switching*. Sinyal bel akan dikirim ke pelanggan yang dipanggil bila telepon pelanggan tersebut dalam keadaan *on-hook*.

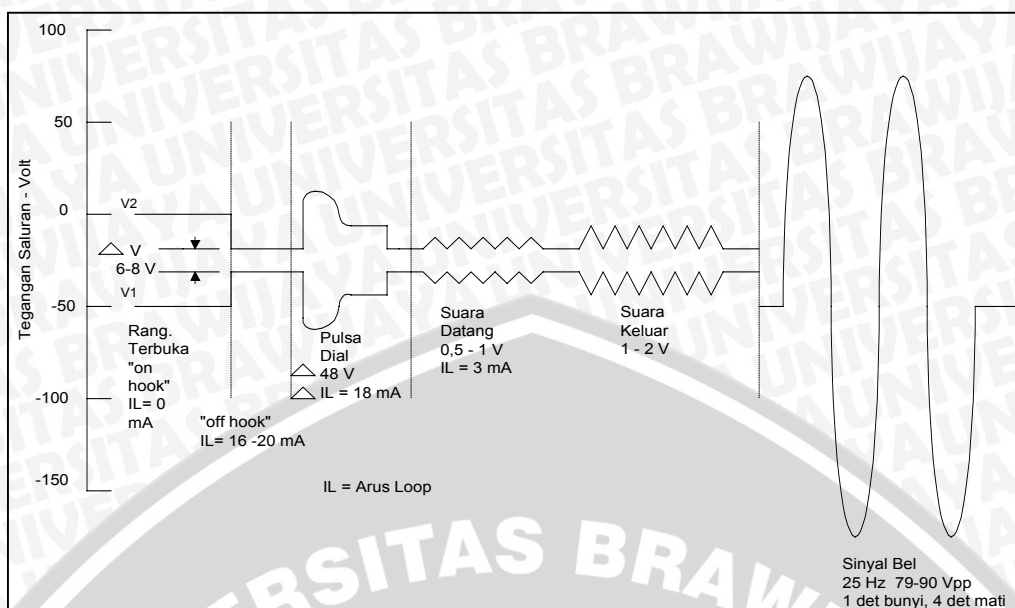


Gambar 2.2 Rangkaian Telepon Standar

Sumber: Schweber, 1996: 473

Rangkaian bel dalam pesawat telepon dihubungkan dengan *switch hook* sedemikian rupa sehingga hanya terhubung ke sentral saat *switch hook* dalam keadaan *on-hook*. Tegangan bel menuju ke lilitan bel melewati sebuah kapasitor yang dihubungkan secara *seri* dengan bel. Kapasitor ini menghalangi arus DC dan hanya melewatkan arus AC sinyal bel (*ringing signal*). Sinyal bel dikirimkan dengan frekuensi 25 Hz, tegangan sebesar 70 ± 10 volt dengan periode satu detik berbunyi dan 4 (empat) detik mati. (Anonimous, 1992: 121)

Dalam Gambar 2.3 ditunjukkan besarnya tegangan dan arus standar, yang terjadi pada saluran telepon saat telepon beroperasi. Beberapa peralatan tambahan yang beredar dan yang akan dipasang pada saluran saluran telepon atau pada pesawat telepon itu sendiri, harus memenuhi standar yang ada untuk menjamin keamanan dan keandalan seluruh sistem telepon.



Gambar 2.3 Besarnya tegangan dan arus yang terjadi pada saluran telepon
 Sumber: Schweber, 1988: 318

Besaran standar telepon untuk pelanggan dapat dilihat dalam di Tabel 2.1

Tabel 2.1. Standar Telepon untuk Pelanggan

Bagian	Keterangan
On-hook (idle status)	Line open circuit minimum DC resistance 30 kΩ
Off-hook (busy status)	Line close circuit, maximum DC resistance 200Ω
Battery Voltage	48V
Operating current	20-80mA, 40mA typical
Subscriber loop resistance	0-1300Ω, 3600Ω (max)
Loop loss	8dB (typical), 17 dB (max)
Pulse dialing	Momentary open circuit loop
Pulsing rate	10 pulses/sec ±10%
Duty cycle	58-64% break (open)
Time between digits	600 msec minimum
Pulse code	1 pulse = 1, 2 pulses = 2,..., 10 pulses = 0
Touch tone dialing	Uses two tones, a low frequency tone and a high frequency tone to specify each digit
Level each tone	-6 to -4 dBm
Maximum difference in levels	4 dB
Maximum level (pair)	+2 dBm
Frequency tolerance	±1.5%
Pulse width	50 msec
Dial tone	350-440 Hz
Busy signal	480-620 Hz, with 60 interruptions per minute
Ringing signal tone	440-480 Hz, 2 sec on, 4 sec off

Sumber: Leon W. Couch, 1995:401

2.3 Sentral Telepon

Setiap pesawat telepon pelanggan dihubungkan dengan sentral telepon yang berisi peralatan saklar, peralatan pensinyalan dan baterai sebagai sumber tegangan searah untuk operasi sistem telepon. Pesawat telepon tersebut dihubungkan dengan sentral telepon melalui *loop lokal* yang terbentuk oleh sepasang kabel.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemakaian pesawat telepon dan dasar perencanaan sistem aplikasi adalah :

2.3.1 Memulai panggilan

Saat *handset* telepon terpasang pada kedudukannya, akan menyebabkan kontak buka tutup (*switch hook*) tertekan ke bawah sehingga saklar dalam keadaan terbuka (*on-hook*). Peristiwa ini menyebabkan rangkaian telepon menjadi terpisah dengan sentral. Akan tetapi *line* telepon ini adalah 48 V DC dan arus yang mengalir 0 mA sebab *loop* pelanggan menjadi suatu rangkaian terbuka.

Apabila gagang telepon diangkat mengakibatkan kontak buka tutup berbeda pada posisi *off hook* sehingga rangkaian pesawat telepon terhubung ke sentral telepon dan rangkaian bel terputus dari sentral telepon. Karena *loop* pelanggan menjadi suatu rangkaian tertutup, maka arus searah dari baterai sentral mengalir serta mencatu rangkaian pada pesawat telepon. Pada keadaan ini tegangan saluran menjadi 7 V tegangan searah dan arus yang mengalir besarnya antara 20 sampai 80 mA. Aliran ini sekaligus memberitahu pada sentral bahwa pelanggan berusaha membuat suatu hubungan telepon. Sentral akan mengirimkan nada panggil dengan frekuensi 425 Hz secara kontinyu. Hal ini menunjukkan pada pelanggan bahwa sentral telepon telah siap untuk menerima sebuah nomor telepon.

2.3.2 Menghubungkan Telepon

Sentral telepon mempunyai semacam saklar pemindahan dan relai yang secara otomatis menghubungkan pemanggilan dengan yang terpanggil. Dalam keadaan sentral telepon sedang mengusahakan suatu hubungan dengan pesawat telepon terpanggil, sebuah sinyal bel akan dikirim oleh sentral sebagai tanda panggilan kepada pesawat telepon terpanggil yang berada dalam keadaan telepon tidak terpakai. Pada saat yang sama, sentral telepon akan mengirimkan suatu nada ke pesawat telepon pemanggil sebagai tanda bahwa pesawat telepon terpanggil sedang berdering.

2.3.3 Menjawab panggilan pada proses panggilan,

Saklar dalam keadaan tertutup (*off-hook*) dan arus *loop* arus searah mengalir dari baterai sentral menuju rangkaian pesawat yang terpanggil. Arus ini dikenali oleh

sentral telepon dan kemudian menghubungkan kedua pesawat telepon tersebut dengan menggunakan saklar yang ada.

Macam-macam sinyal pada *line* telepon pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Macam-macam sinyal pada *line* telepon

Nama Sinyal	Karakteristik sinyal
On hook	Tegangan 48V DC, arus nol
Off hook	Tegangan $\pm 8V$ DC, arus 20-80 mA
Dering Bell	Tegangan 70-90 V AC

2.4 Macam-macam saklar

2.4.1 Saklar mekanik

2.4.1.1 Relay

Relay adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk membuka atau menutup kontak secara elektrik dengan tujuan menghubungkan fungsi dari rangkaian satu ke rangkaian yang lain. Relay mempunyai impedansi rendah yang nilai impedansi kumparannya berkisar antara beberapa puluh sampai beberapa ratus ohm, sedangkan sumber sinyal penggerak masukan umumnya memiliki impedansi yang jauh lebih tinggi.

Cara kerja relay yaitu jika input relay diberi arus, pada kumparan akan terdapat induksi magnetik yang nantinya akan menarik pegas kontak untuk merubah posisi, dari posisi awal menjadi terhubung ke bagian yang diinginkan. Setelah arus terhenti, maka tidak terjadi induksi sehingga kontak akan kembali ke posisi seperti semula.

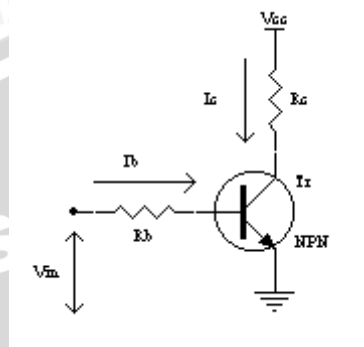
Kontak yang ada pada relay ada dua macam, yaitu *normally open* dan *normally closed*. *Normally open* yaitu relay yang kontakannya terbuka apabila sedang tidak aktif sedangkan *normally closed* yaitu relay yang kontakannya tertutup apabila sedang tidak aktif.

2.4.2 Saklar Elektrik

2.4.2.1 Transistor Sebagai Saklar

Prinsip transistor sebagai saklar dapat dilakukan dengan mengoperasikan pada dua keadaan yaitu keadaan saturasi dan keadaan *cut off*. Perubahan dari satu keadaan ke keadaan yang lain dapat berupa perubahan tegangan.

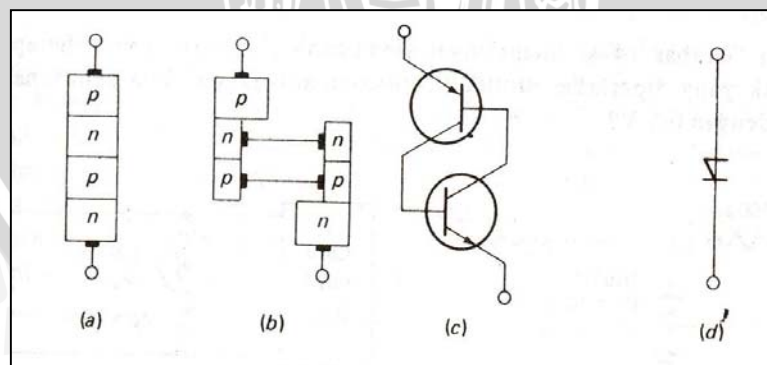
Dalam kondisi $V_{in} = 0$ V dan arus basis yang berarti tidak ada sinyal *input*, maka transistor akan berada dalam kondisi *cut off*. Kondisi seperti ini dapat disamakan dengan saklar yang sedang terbuka. Jika V_{in} diberikan tegangan sehingga I_b cukup besar, maka transistor akan berubah dari keadaan *cut off* ke keadaan saturasi, di mana arus kolektor (I_c) mencapai nilai yang diperlukan. Kondisi seperti ini dapat disamakan dengan saklar yang sedang tertutup.



Gambar 2.4 Rangkaian transistor sebagai switch
Sumber: Barmawi, 1986: 130

2.4.2.2 Diode Empat Lapis

Piranti ini sering juga disebut diode *pnpn* cara paling mudah untuk memahami prinsip kerjanya adalah dengan memandang piranti ini sebagai sistem yang terdiri dari dua bagian yang terpisah seperti terlihat dalam Gambar 2.5.b. Dalam Gambar 2.5 sebelah kiri merupakan transistor *pnp* dan sebelah kanan adalah *nnp*. Jadi suatu diode empat lapis itu ekuivalen dengan saklar penahan seperti di tunjukkan dalam Gambar 2.5 (c).

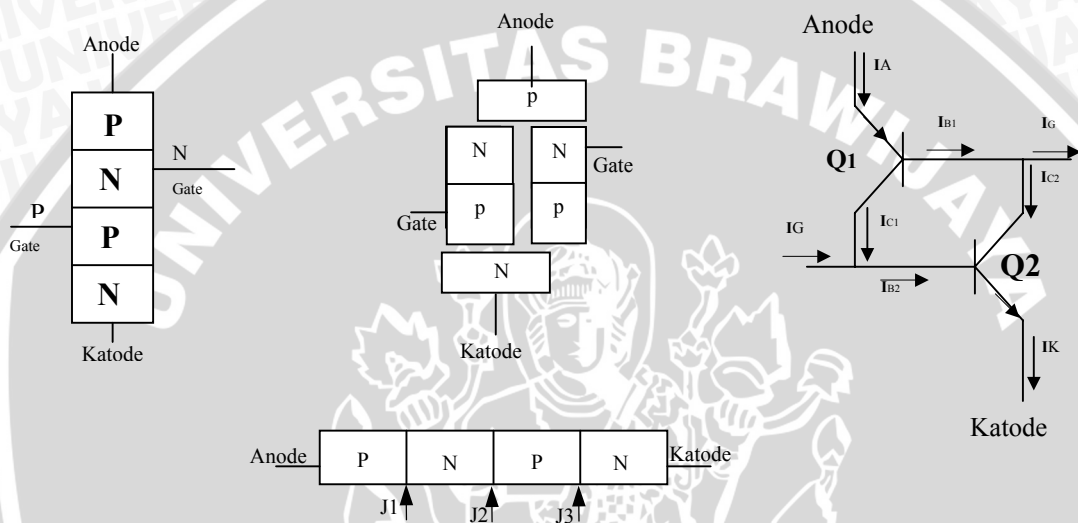


Gambar 2.5 Simbol diode empat lapis.(a) susunannya (b) susunan ekuivalen (c) rangkaian ekuivalen. (d) lambang rangkaian.
Sumber : Rashid, 1999: 75

Diode jenis ini tidak menyediakan masukan picu, dan karena itu hanya dapat ditutup dengan cara dadal jenuh, dan dibuka dengan cara pemutusan arus rendah. Untuk membuka diode empat lapis tidak perlu arusnya dikurang sampai nol. Sistem ini akan di keluarkan dari kejenuhan bila arusnya mencapai suatu harga cukup rendah yang disebut arus penahan.

2.4.2.3 Tiristor

Tiristor merupakan devais semi konduktor 4 lapis berstruktur *pnpn* dengan tiga *pn-junction*. Devais ini memiliki tiga terminal : anode, katode dan gerbang.



Gambar 2.6. Strktur tiristor

Sumber: Grafham, 1982: 1

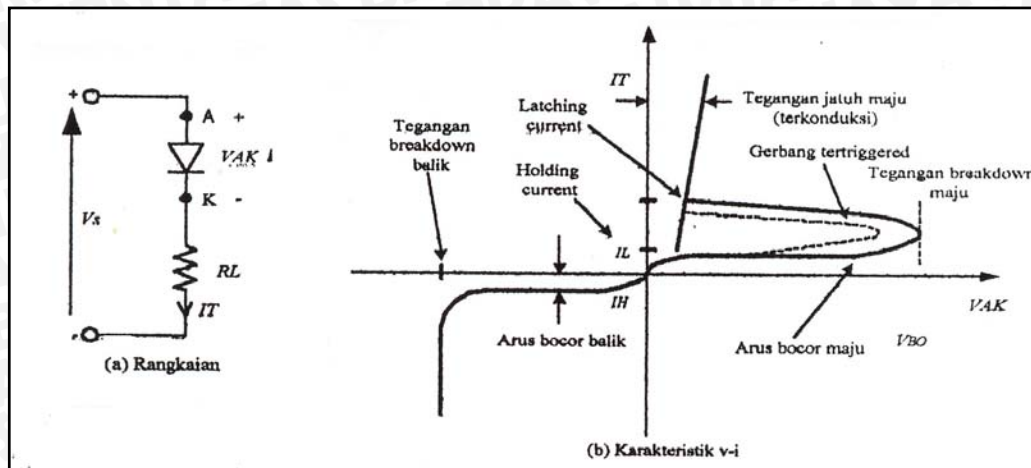
Ketika tegangan anoda dibuat lebih positif dibandingkan dengan tegangan katode, sambungan J_1 dan J_3 berada pada kondisi *forward bias*. Sambungan J_2 berada pada kondisi *reverse bias*, dan akan mengalir arus bocor yang kecil antara anoda ke katoda. Pada kondisi ini tiristor dikatakan pada kondisi *forward blocking* atau kondisi *off-state*, dan arus bocor dikenal sebagai arus *off-state* I_D . Jika tegangan anoda ke katoda V_{AK} ditingkatkan hingga suatu tegangan tertentu, sambungan J_2 akan bocor. Hal ini dikenal dengan *avalanche breakdown* dan tegangan V_{AK} tersebut dikenal sebagai *forward breakdown voltage*, V_{BO} . Dan karena J_1 dan J_3 sudah berada pada kondisi *forward bias*, maka akan terdapat lintasan pembawa muatan bebas melewati ketiga sambungan, yang akan menghasilkan arus anode yang besar. Tiristor pada kondisi ini disebut pada keadaan konduksi atau keadaan hidup. Tegangan jatuh yang terjadi dikarenakan oleh tegangan *ohmic* antara empat *layer* dan biasanya cukup kecil sekitar 1V. Pada kondisi *on*, arus anode dibatasi oleh resistansi atau impedansi luar. Arus anoda harus lebih besar

dari suatu nilai yang disebut *latching current* I_L , agar diperoleh cukup banyak aliran pembawa muatan bebas yang melewati sambungan-sambungan. Jika tidak devais akan kembali ke kondisi *blocking* ketika tegangan anode ke katode berkurang. *Latching current* I_L adalah arus anode minimum yang diperlukan agar dapat membuat tiristor tetap pada kondisi hidup begitu tiristor telah dihidupkan dan sinyal gerbang dihilangkan. Karakteristik V-I umum dari suatu tiristor diberikan dalam Gambar 2.7 (b).

Ketika berada kondisi *on*, tiristor akan bertindak seperti dioda yang tidak dapat dikontrol titik kerjanya. Devais ini akan terus berada pada kondisi *on* karena tidak adanya lapisan deplesi pada sambungan J_2 karena pembawa-pembawa muatan yang bergerak bebas. Akan tetapi jika arus maju anoda berada di bawah suatu tingkatan yang disebut *holding current* I_h , daerah deplesi akan terbentuk di sekitar J_2 karena adanya pengurangan banyak pembawa muatan bebas dan tiristor akan berada pada keadaan *blocking*. *Holding current* I_h , adalah arus anode minimum untuk mempertahankan tiristor pada kondisi *on*.

Ketika tegangan anoda lebih positif dibanding katoda, sambungan J_2 ter-*forward bias*, akan tetapi sambungan J_1 dan J_3 akan ter-*reverse bias*. Hal ini seperti diode yang tersambung secara seri dengan tegangan balik bagi keduanya. Tiristor akan berada pada kondisi *reverse blocking* dan arus bocor *reverse* dikenal dengan *reverse current* I_R akan mengalir melalui devais.

Tiristor akan dapat dihidupkan dengan meningkatkan tegangan maju V_{AK} di atas V_{BO} , akan tetapi kondisi ini bersifat merusak. Dalam prakteknya, tegangan maju harus dipertahankan di bawah V_{BO} dan tiristor dihidupkan dengan memberikan tegangan positif antara gerbang terhadap katode. Hal ini digambarkan dalam Gambar 2.7.(b) Dengan garis terputus-putus. Begitu tiristor dihidupkan dengan sinyal penggerbangan dan arus anodenya lebih besar dari arus *holding*, tiristor akan terus berada pada kondisi tersambung secara positif terbalik, bahkan bila sinyal penggerbangan dihilangkan.



Gambar 2.7 Rangkaian tiristor dan Karakteristik V-i

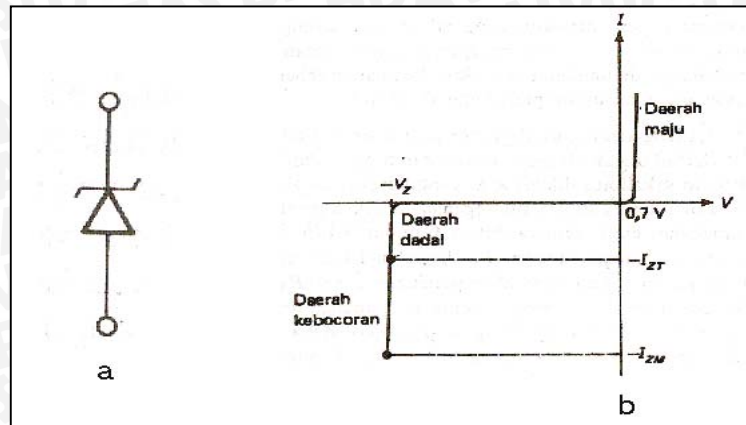
Sumber: Rashid, 1999: 75

2.5 Dioda zener

Dioda zener adalah dioda yang kerja paling baik pada daerah dadalnya. Dengan kata lain, berbeda dengan dioda biasa yang tidak pernah bekerja di daerah dadalnya, dioda zener justru bekerja paling baik di daerah dadal. Dioda zener yang kadang-kadang disebut dioda dadal merupakan tulang punggung pengaturan tegangan, yaitu rangkaian-rangkaian yang menjaga agar tegangan beban hampir tetap, walaupun ada perubahan yang besar pada tegangan jala-jala dan tahanan beban.

Pada lambang diode zener garis-garisnya menyerupai huruf "Z" singkatan dari zener. Dengan mengubah-ubah derajat tak murnian (*doping*) dari dioda silikon, tegangan dadal dioda zener antara 2 sampai 200v. Dioda-dioda ini beroperasi di tiga daerah: maju, bocor (*leakage*) atau dadal.

Pada daerah maju, ia mulai menghantar pada tegangan sekitar 0,7V seperti dioda silikon biasa. Pada daerah bocor (antara nol dan dadal) mempunyai sedikit arus bocor atau arus dadal. Pada dioda zener, lengkungan di sekitar titik dadalnya berbentuk lutut yang sangat tajam, di ikuti dengan kenaikan arus yang hampir vertikal. Perlu dicatat bahwa tegangan hampir tetap, mendekati V_z pada hampir semua daerah dadal. Lembaran data biasanya menetapkan nilai V_z pada arus pengetesan yang tertentu I_{zt} .



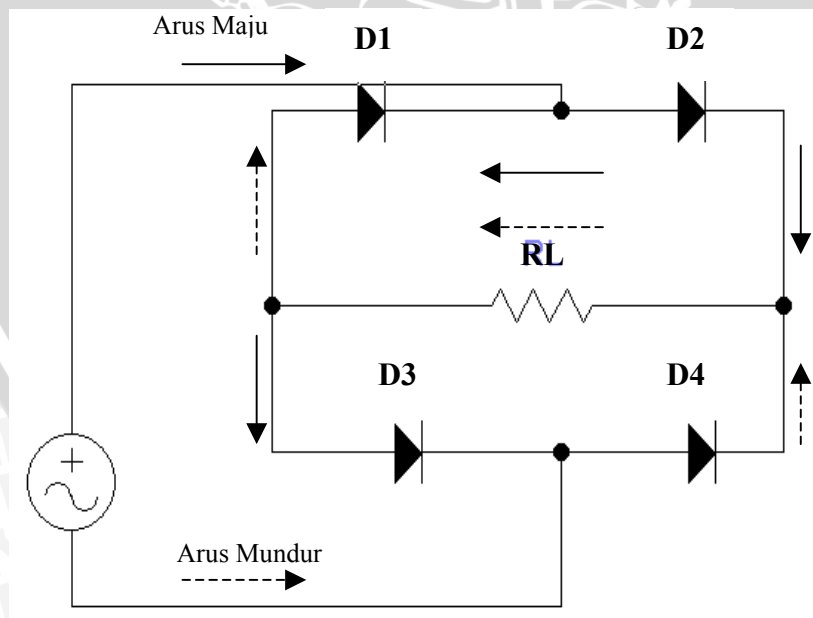
Gambar 2.8 simbol dioda zener (a) grafik V-I dioda zener (b)

Sumber: Barmawi, 1986: 69

2.6 Penyearah jembatan

Salah satu rangkaian dasar dalam elektronika adalah rangkaian penyearah yang terdiri dari satu atau beberapa diode. Yang menjadi dasar dari penyearah adalah sifat diode yang hanya menyearahkan arus pada satu arah tegangan (arah maju) saja, sedang pada arah yang berlawanan (mundur) arus yang dilewatkan sangat kecil dan diabaikan.

Penyearahan jembatan dilaksanakan dengan menggunakan susunan empat diode berbentuk jembatan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.9

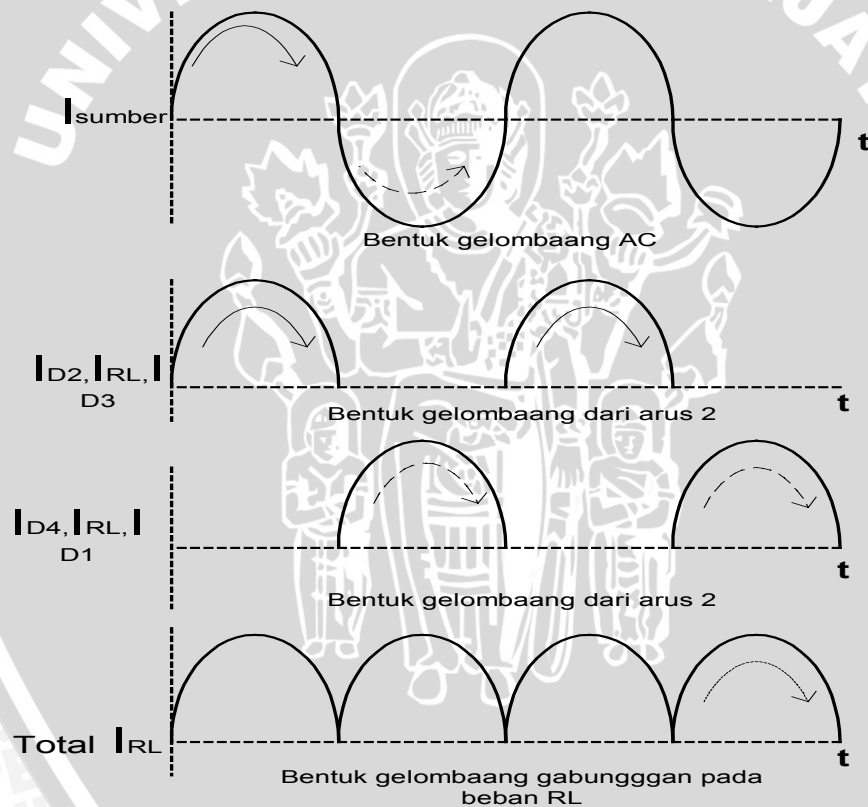


Gambar 2.9 Rangkaian jembatan penyearah

Sumber : Sutanto, 1994: 16

Pada setengah gelombang pertama (kita namakan arus “bolak” dengan tanda panah penuh) dengan tegangan relatif positif dapat mengalirkan arus melewati diode-diode D_2 , tahanan R_L , dan diode D_3 . Arus bolak tersebut tidak mungkin melewati D_1 dan D_4 , karena terhadap diode-diode tersebut tegangannya relatif negatif. Sebaliknya, pada setengah gelombang berikutnya (kita namakan arus balik dengan tanda panah terputus), tegangan relatif positif dapat mengalirkan arus melewati diode-diode D_4 , tahanan R_L dan diode D_1 . Arus balik tersebut tidak mungkin melewati D_3 dan D_2 , karena terhadap diode-diode tersebut tegangannya relatif negatif.

Kedua arus searah hasil peyearahan tersebut bergiliran melewati tahanan R_L . Sehingga arus searah total I_{RL} merupakan hasil peyearahan gelombang penuh ditunjukkan dalam Gambar 2.10



Gambar 2.10 Rangkaian jembatan penyearah

Sumber : Sutanto, 1994: 17

BAB III METODOLOGI

Ini menyajikan mengenai metodologi yang dipergunakan dalam pembuatan alat Rangkaian Pencegah Panggilan Telepon Keluar dengan Memanfaatkan Tiristor sebagai Saklar Penahan Arus.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Pada bagian ini dilakukan pencarian dan penelusuran serta pengkajian teori-teori yang diperlukan dalam perancangan dan pembuatan alat. Beberapa teori yang perlu dipelajari meliputi :

- Studi tentang prinsip dasar sistem telepon. Yang terdiri dari
 - sentral telepon
 - pesawat telepon.
- Studi tentang teori penunjang yang berhubungan dengan komponen-komponen yang digunakan dalam perencanaan alat.

3.2 Perancangan Alat

Perancangan alat Rangkaian Pencegah Panggilan Telepon Keluar dengan memanfaatkan tiristor sebagai saklar penahan arus.

Menentukan spesifikasi alat.

- Menentukan model blok rangkaian alat atau sistem
- Penentuan komponen yang akan digunakan dalam perancangan.
- Merancang rangkaian tiap blok dan keseluruhan sistem

3.3 Pembuatan Alat

Pembuatan alat dilakukan berdasarkan perancangan yang dilakukan sebelumnya. Tahap pembuatan alat dan sistem diawali dengan pembuatan rangkaian atau unit rangkaian tiap blok. Realisasi alat dilakukan secara langsung berupa penyolderan kaki-kaki komponen kemudian pemasangan semua konektor-konektor yang diperlukan.

3.4 Pengujian Alat

Pengujian sistem berfungsi untuk mendapatkan data primer dari tiap blok rangkaian berdasarkan spesifikasi yang ada dan mengetahui kesesuaian antara perancangan dengan alat yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dalam beberapa tahap dan menggunakan instrumen pengukuran berupa *Avometer* dan *Osiloskop*. Tahap pengujian meliputi pengujian tiap blok rangkaian yang bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari masing-masing blok serta kesesuaian dengan spesifikasi perancangan dan pengujian sistem secara keseluruhan yang berdasarkan teori penunjang atau tinjauan pustaka yang telah ada.

3.5 Analisis Data Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan menghasilkan data-data yang dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan perancangan. Analisis dilakukan terhadap masing-masing pengujian blok. Data yang dihasilkan dianalisis dengan cara membandingkannya dengan hasil perhitungan. Dari hasil analisis tersebut selanjutnya disusun suatu kesimpulan. Analisis akhir dilakukan untuk mengetahui serta memastikan bekerjanya alat ini sesuai yang diharapkan.

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

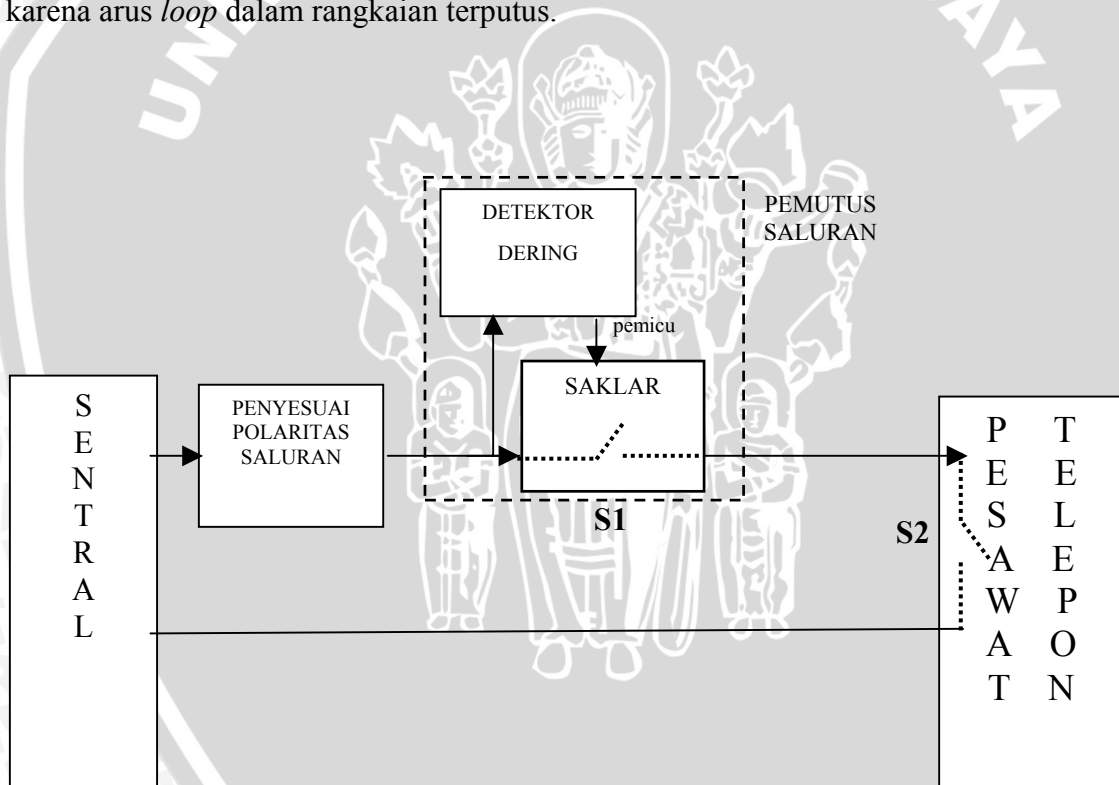
Setelah melakukan pengujian dan melihat unjuk kerja keseluruhan sistem yang telah dibuat dan dibandingkan dengan spesifikasi sistem yang telah ditetapkan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan apakah alat yang dibuat telah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

BAB IV

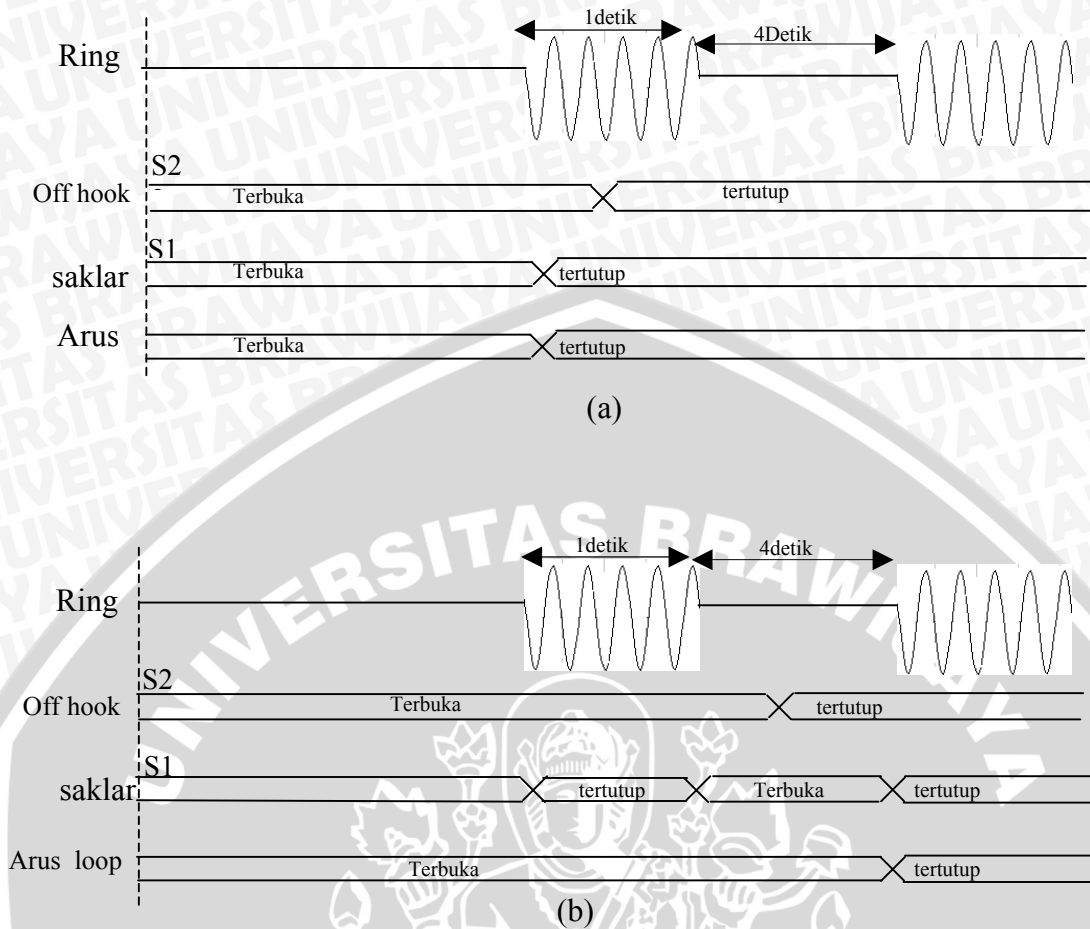
PERANCANGAN DAN PEMBUTAN ALAT

4.1. Perancangan Sistem

Sistem dalam penelitian ini dirancang menjadi dua bagian utama, yaitu penyesuaian polaritas dan pemutus saluran seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Saklar S1 akan aktif ketika mendapatkan sinyal pemicu dari detektor dering sehingga pesawat telepon terhubung dengan sentral telepon. Jika saklar S2 tertutup (telepon dalam kondisi *off hook*) pada saat saklar S1 masih tertutup, arus *loop off hook* yang mengalir akan mempertahankan kondisi saklar S1 seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 4.2. Dalam kondisi ini pembicaraan dapat dilakukan dengan tanpa penurunan kualitas suara. Saklar S1 akan terbuka kembali begitu saklar S2 dibuka (telepon kondisi *on hook*) karena arus *loop* dalam rangkaian terputus.



Gambar 4.1. Blok Diagram Perancangan Sistem



Gambar 4.2 Prinsip kerja pengaktifan saklar pemutus saluran

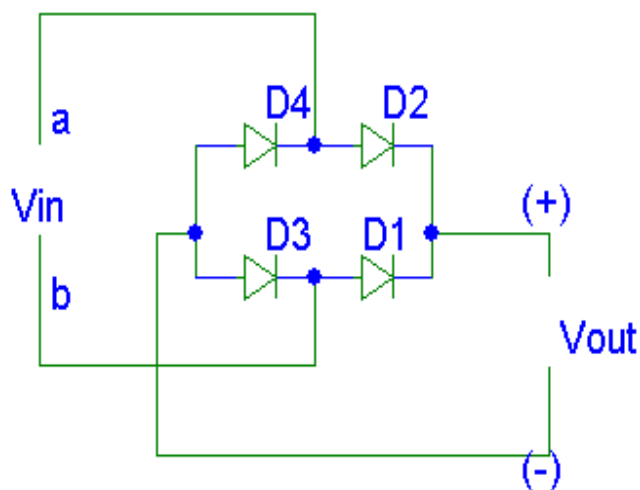
4.2. Spesifikasi Alat

1. Tegangan yang ada dari sentral telepon pada saat *off hook* 7V DC, *on hook* 48V DC dan 90V AC saat dering dimanfaatkan sebagai catu daya alat.
2. Menggunakan detektor tegangan dering sebesar 50V untuk *triger* alat
3. Sistem ini merupakan rangkaian saklar yang disertai dengan pesawat telepon
4. Dering 90V AC dari sentral sebagai pemicu alat agar aktif pada 50V
5. Dirancang dengan sebuah SCR untuk saklar arus
6. Membuat rangkaian pengaman dalam pemasangan kunci (dapat dipasang bolak-balik polaritasnya)
7. Telepon yang dikunci hanya bisa untuk menerima panggilan saja
8. Penguncian dengan memutus jaringan oleh saklar elektrik

4.3. Perancangan Penyesuai Polaritas

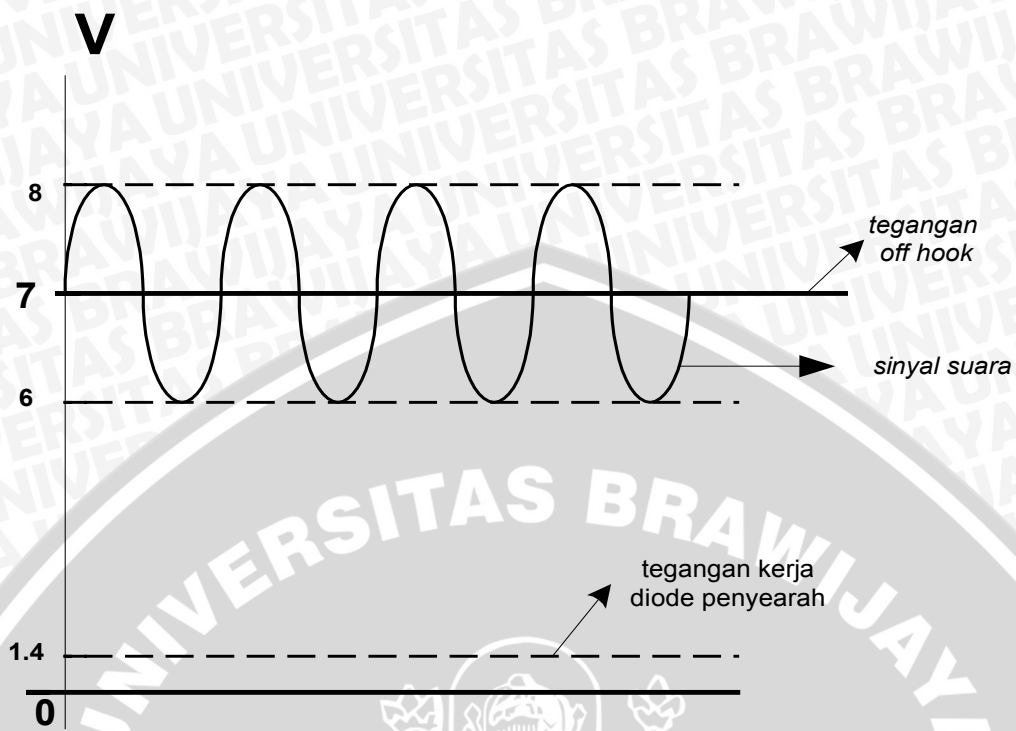
Tegangan yang ada pada *line* mempunyai polaritas tertentu atau rangkaian kunci memerlukan polaritas tegangan tertentu pula agar alat dapat bekerja. Untuk menjamin agar polaritas pada rangkaian tidak terbalik, diperlukan alat tambahan penyesuai polaritas. Sebagai alternatif sederhana, diimplementasikan jembatan penyearah gelombang penuh seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3 karena polaritas tegangan masukan V_{in} tidak mempengaruhi polaritas tegangan V_{out} . Hal ini dapat terjadi karena jika polaritas di titik a positif diode D2 dan D3 yang bekerja sehingga polaritas V_{out} seperti Gambar 4.3. Sebaliknya, jika titik b lebih tinggi dari tegangan di titik a, diode D1 dan D4 yang terbias maju sehingga polaritas tegangan V_{out} tetap.

Jika digunakan diode silikon yang tegangan kerjanya 0.7 V terdapat penurunan tegangan pada saluran telepon sebesar 1,4 V. Penurunan tegangan ini akan memotong bagian bawah atau atas sinyal dering tetapi karena tegangan puncak ke puncak sinyal dering jauh lebih tinggi (sebesar 90V) pemotongan ini tidak terasa oleh pendengar. Lebih lanjut, sinyal pembicaraan memiliki tegangan puncak ke puncak sekitar 2 V dan komponen DC sebesar 7V. Penurunan tegangan tersebut tidak mempengaruhi sinyal pembicaraan karena hal ini hanya menyebabkan penurunan pada komponen DC saja sebesar 1,4V seperti yang ditunjukkan Gambar 4.4



Gambar 4.3 Rangkaian penyesuai polaritas saluran

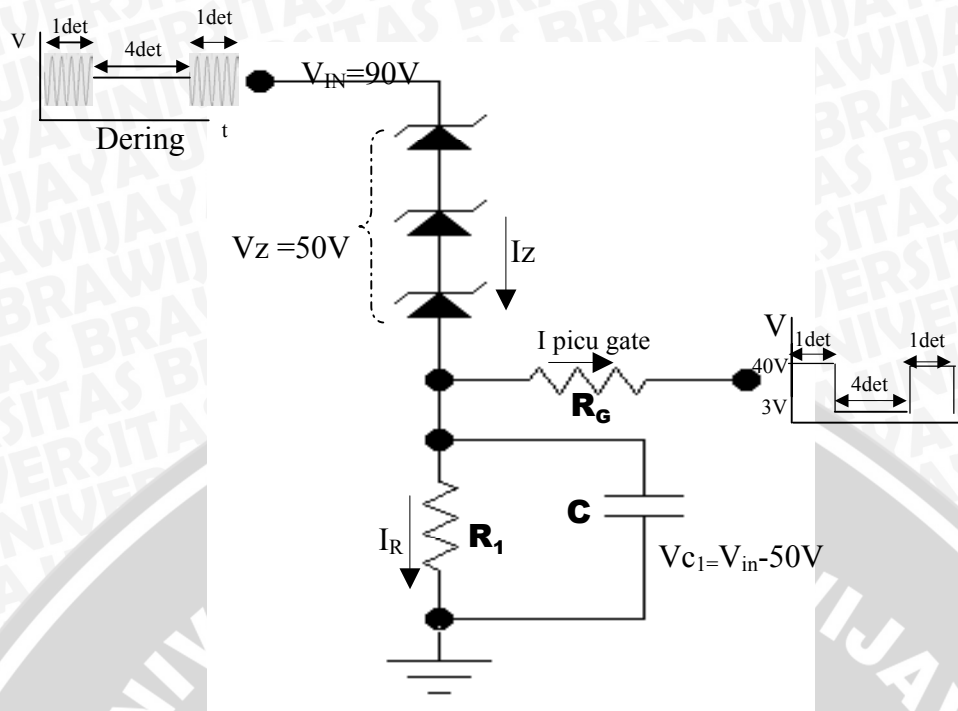
Sumber : Malvino Barmawi :1986



Gambar 4.4 sinyal ketika pembicaraan

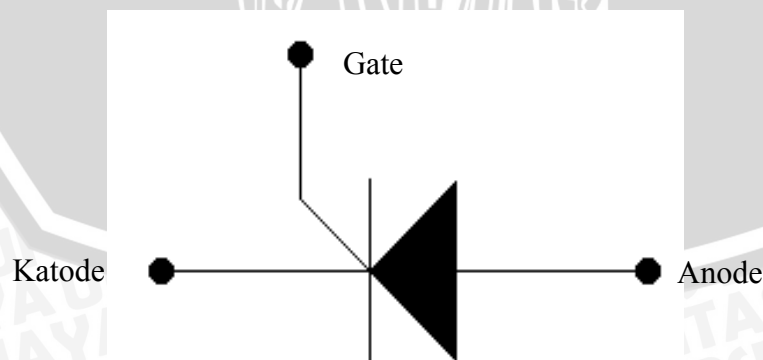
4.4. Perancangan Pemutus Saluran

Pada rangkaian detektor dering tegangan, dering 90 V dengan frekuensi 25 Hz digunakan untuk mengaktifkan saklar S1. Pemicuan ini di aktifkan ketika tegangan dering di atas tegangan *on hook* 48 V agar tidak terjadi pemicuan ketika tidak ada dering. Tegangan ambang pemicuan tersebut ditetapkan sebesar 50 V dengan tiga buah diode zener yang disusun seri seperti Gambar 4.5. Berdasarkan gambar tersebut ketika V_{in} lebih dari V_z arus zener mengalir sebagai pemicu *gate* tetapi kondisi ini masih putus-putus oleh naik turunnya amplitudo dering. Karena arus *gate* yang dibutuhkan tidak terputus-putus maka ditambahkan sebuah kapasitor C_1 untuk menyimpan tegangan.



Gambar : 4.5 Rangkaian detektor tegangan

Saklar S1 diaktifkan oleh arus picu dari detektor dering. Selanjutnya ketika hubungan dengan pemanggil telah tersambung, kondisi saklar dipertahankan oleh arus sentral. Karakteristik yang ada pada saklar S1 tersebut sesuai dengan karakteristik SCR seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.6. Arus pemicu *gate* menggunakan dering dan setelah terpicu SCR harus tetap menyambung dengan memanfaatkan arus sentral telepon (*off hook*) sebagai arus *holding* SCR.



Gambar 4.6 simbol dari SCR

Diketahui dari karakteristik yang ada pada sentral frekuensi dering bel sebesar $f = 25\text{Hz}$ sehingga

$$T = \frac{1}{25} = 40\text{ms} \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

Dari *data sheet* SCR (Jameco, 2000) diketahui arus triger minimum sebesar $200\ \mu\text{A}$ sehingga nilai I_{R1} ditetapkan sebesar $400\ \mu\text{A}$ untuk menjamin SCR tertriger. Lebih lanjut, dari *data sheet* tersebut diketahui tegangan gate minimum (V_G) sebesar 1,2 V pada temperatur -40°C sehingga nilai dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{1.2\text{V}}{400\ \mu\text{A}} = 3\ \text{k}\Omega \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

Sedangkan resistor R_G diperlukan untuk memastikan bahwa arus yang masuk pada Gate adalah lebih besar dari arus triger minimum gate SCR. Nilai dari R_G ditetapkan sebesar $1\ \text{k}\Omega$ untuk memudahkan perhitungan dan pengukuran apakah sudah memenuhi dari arus gate yang diperlukan.

Gambar 4.7 mengilustrasikan pemecutan *gate* yang putus-putus oleh tegangan dering 90 V dengan frekuensi 25 Hz. Akan tetapi, *gate* harus tetap terpicu ketika tegangan 90 V turun dibawah 51,2 V. Sehingga pada kondisi ini kapasitor C_1 mempertahankan tegangan keluaran detektor dering seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 4.7 untuk menentukan nilai C_1 , selang waktu sebesar t_1 dan Δt ditentukan sebagai berikut :

$$V_t = V_0 \sin 2\pi f t_1 \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

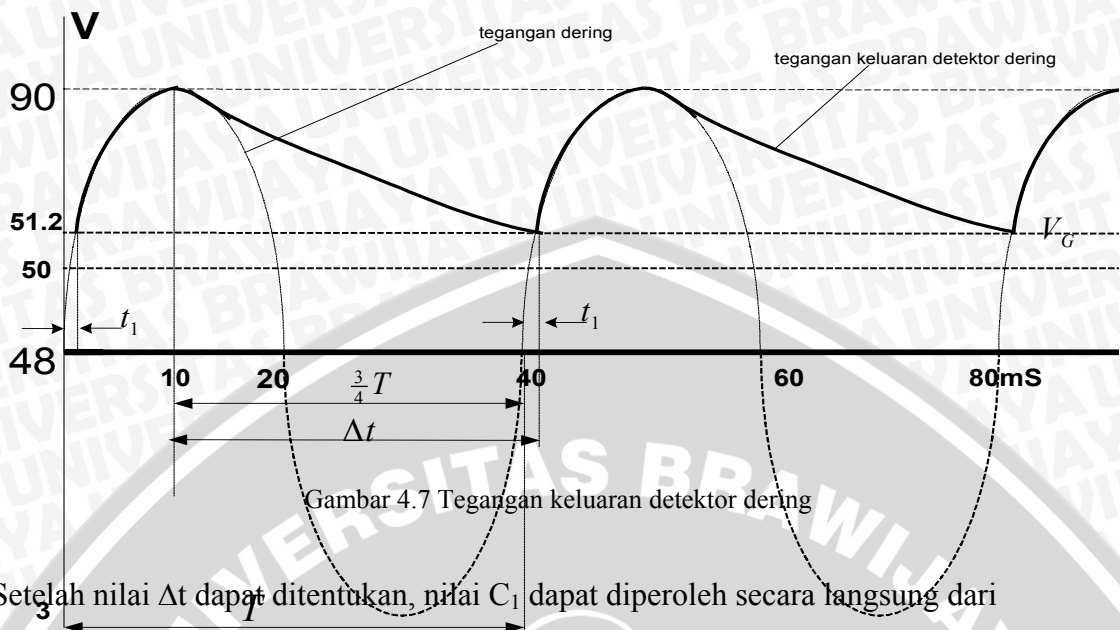
$$51.2 = 90 \sin 2\pi f t_1 \quad \arcsin \frac{51,2}{90} = 50\pi f t_1$$

$$t_1 = \frac{\arcsin(51.2/90)}{50\pi} = 3,9\text{ms}$$

$$\Delta t = t_1 + T \\ = 33.9\text{mS}$$

sehingga waktu yang diperlukan penurunan tegangan dering dari 90V ke 51,2V yang kedua adalah :

$$\Delta t = 33,9\text{mS}$$



Setelah nilai Δt dapat ditentukan, nilai C_1 dapat diperoleh secara langsung dari persamaan berikut :

$$V_i = V_{oe} \frac{-t}{R_1 C_1} \quad (4.4)$$

$$51,2 = 90e^{\frac{-33,9 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3} C_1}}$$

$$C_1 = \frac{33,9 \cdot 10^{-3}}{0,5640 \cdot 3 \cdot 10^3}$$

$$C_1 = 20,03 \cdot \mu F$$

Karena dari hasil perhitungan C_1 bukan nilai kapasitansi standar, nilai C_1 dibulatkan menjadi $22 \mu F$

BAB V

PENGUJIAN SISTEM

Tujuan dari pengujian adalah untuk mendapatkan dan menganalisa data hasil pengukuran dari masing-masing tahap rangkaian agar dapat diketahui apakah sistem rangkaian telah bekerja sesuai dengan perencanaan. Dengan mengetahui data pengukuran dari keluaran pada masing-masing rangkaian, maka dapat dilakukan analisa performansi dan tingkat keberhasilan dari sistem rangkaian. Pembahasan pengujian alat pada sistem ini meliputi sebagai berikut:

1. Pengujian *on hook* dan *off hook*
2. Pengujian detektor tegangan
3. Pengujian penyesuai polaritas tegangan
4. Pengujian perata tegangan AC yang ditimbulkan dering
5. Pengujian pentriggeran saklar
6. Pengujian aktif tidaknya rangkaian saklar penahan arus saat *off/on hook*
7. Pengujian sistem keseluruhan sebelum dan sesudah rangkaian kunci terpasang.

Lampu indikator yang digunakan adalah LED yang diseri dengan saluran. LED akan menyala jika saluram mengalir *loop* arus, begitu juga sebaliknya.

5.1. Pengujian *on hook* dan *off hook*

5.1.1 Tujuan

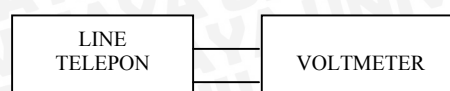
Untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus yang ada pada *line* telepon pada saat *off hook* dan *on hook*

5.1.2 Peralatan yang digunakan

- Multimeter untuk mengetahui tegangan *line*
- Jaringan telepon dan pesawat telepon
- *Hand phone* digunakan untuk memanggil atau membangkitkan dering

5.1.3 Prosedur pengujian

- Alat-alat dirangkai dan dijalankan sesuai urutan seperti dalam Gambar 5.1
- Keluaran dari diode zener diukur apakah sudah mencapai tegangan sebesar 50 V



Gambar 5.1. Blok diagram pengujian *on hook*

5.1.4 Hasil pengujian dan analisis

Dari hasil pengukuran dan pengamatan yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2, bahwa tegangan pada saat kondisi *on hook* mempunyai tegangan sebesar 46V DC.



Gambar 5.2. Tegangan *line* telepon saat *on hook*

Dari hasil pengukuran dan pengamatan yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3, hasil pengukuran tegangan *line* telepon pada saat *off hook* sebesar 8.72V DC



Gambar 5.3. Tegangan *line* telepon saat *off hook*

5.2. Pengujian Detektor Tegangan

5.2.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah detektor tegangan besarnya tegangan diode zener yaitu dengan mengetahui bentuk sinyal masukan dan keluaran diode zener.

5.2.2. Peralatan yang digunakan

- Multimeter untuk mengetahui tegangan diode zener
- Jaringan telepon dan pesawat telepon
- *Hand phone* digunakan untuk memanggil atau membangkitkan dering

5.2.3. Prosedur Pengujian

- Alat-alat dirangkai dan dijalankan sesuai urutan seperti dalam Gambar 5.4
- Keluaran dari diode zener diukur apakah sudah mencapai tegangan sebesar 50V



Gambar 5.4. Blok Diagram Pengujian *detektor tegangan*

5.2.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengukuran dan pengamatan yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5, bahwa rangkaian detektor tegangan mampu mendeteksi sinyal dering pada saat tegangan 50V dengan tegangan masukan 90V DC.

Dengan demikian maka bagian detektor tegangan dapat bekerja sesuai dengan perencanaan.



Gambar 5.5. Tegangan zener saat mendeteksi ada dering

5.3. Pengujian Penyesuai Polaritas

5.3.1. Tujuan

Menguji adanya rangkaian penyesuai polaritas saluran untuk mengamankan rangkaian kunci telepon dari kesalahan pada saat pemasangan alat.

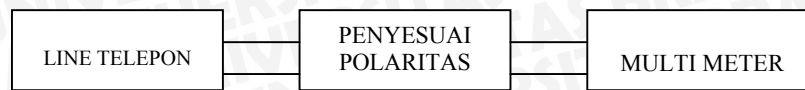
5.3.2. Peralatan yang digunakan

- Line telepon
- Multimeter
- *Handphone*

5.3.3. Prosedur Pengujian

- Alat-alat dirangkai dan dijalankan seperti dalam Gambar 5.6.
- Keluaran dari rangkaian dilihat dengan multi meter

- Rangkaian dilepas dan dipasang lagi dengan posisi polaritas kebalikan percobaan sebelumnya.



Gambar : 5.6 Blok diagram pengujian penyesuai polaritas

5.3.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Pemasangan rangkaian pada *line* telepon, polaritas saluran telepon masukannya diubah-ubah sehingga dapat dilihat sinyal keluaran yang dihasilkan tetap dengan perencanaan yang diharapkan. Dengan demikian pemasangan rangkaian kunci telepon tidak perlu dikawatirkan terbaliknya polaritas saluran.

5.4. Pengujian Rangkaian Saklar

5.4.1. Tujuan

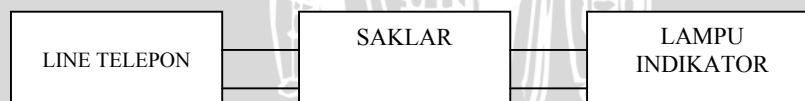
Untuk mengetahui apakah rangkaian saklar ini bisa berfungsi saat ketiga kondisi yang ada pada jaringan telepon (*on hook*, *off hook*, dan pada saat kondisi dering).

5.4.2. Peralatan yang digunakan

- *Line* telepon
- Multi meter
- Lampu indikator
- *Hand phone*

5.4.3. Prosedur Pengujian

- Alat-alat dirangkai seperti dalam Gambar 5.6.

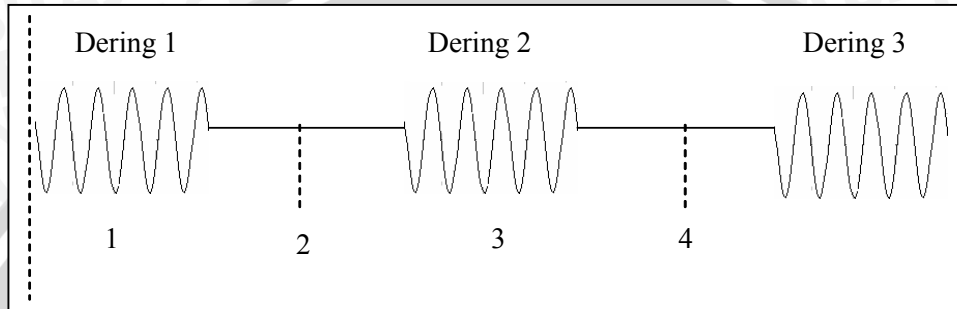


Gambar : 5.7 Blok Diagram pengujian saklar

- *Hand phone* untuk memanggil atau membangkitkan dering pesawat telepon.
- Setelah ada dering indikator dilihat menyala atau tidak, bila menyala berarti saklar terhubung.
- Setelah dering coba gagang telepon diangkat. Dapat dilihat indikator tetap menyala atau tidak bila tetap menyala berarti saklar terhubung.

5.4.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Data hasil pengujian ditunjukkan bahwa rangkaian dapat berjalan sesuai rencana yaitu rangkaian saklar dapat terhubung saat adanya dering dengan tujuan untuk mengetahui bahwa ada panggilan masuk. Setelah mengetahui bahwa ada panggilan masuk, gagang telepon diangkat untuk melakukan pembicaraan dalam kondisi ini saklar masih tetap terhubung. Setelah pembicaraan selesai gagang telepon ditutup sehingga saklar putus karena sudah tidak ada *arus holding*.



Gambar : 5.8. sinyal dering

Tabel 5.1. Perlakuan saat *handset* diangkat

Kondisi	Saklar S1	Saklar S2	Keterangan
1	on	On	<i>Line</i> telepon ada <i>loop</i> arus
2	on	Off	<i>Line</i> telepon tidak ada <i>loop</i> arus
3	on	On	<i>Line</i> telepon ada <i>loop</i> arus
4	on	Off	<i>Line</i> telepon tidak ada <i>loop</i> arus

Tabel 5.2. Pengujian saklar kunci telepon

Kondisi line	Kondisi lampu	Keterangan
<i>On hook</i> tidak ada dering	mati	Tidak ada <i>loop</i> arus yang mengalir.
<i>Off hook</i> sebelum ada dering	mati	<i>Loop</i> arus diputus rangkaian kunci meskipun pesawat telepon <i>off hook</i>
<i>On hook</i> Ada dering	hidup	<i>Loop</i> arus mengalir selama 1s
<i>Off hook</i> dipakai bicara	hidup	<i>Loop</i> arus mengalir
<i>On hook</i> setelah bicara	mati	<i>Loop</i> arus putus

Keterangan:

Lampu yang digunakan percobaan = LED

Lampu mati = *loop* arus putus

Lampu hidup = mengalir *loop* arus

5.5. Anti paralel

5.5.1 Tujuan

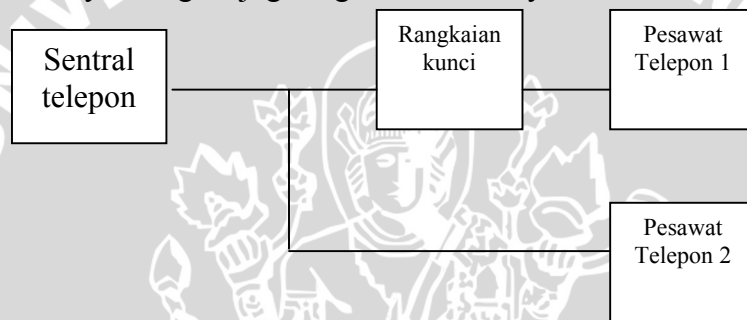
Untuk mengetahui cara kerja rangkaian kunci bila dipasang pada pesawat telepon yang diparalel.

5.5.2 Peralatan yang digunakan

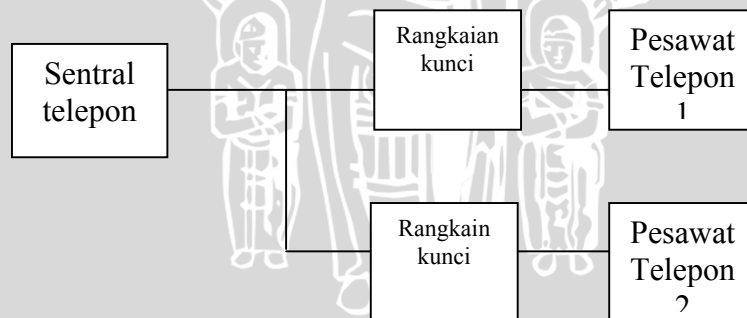
- Jaringan telepon dan 2 buah pesawat telepon
- *Hand phone* digunakan untuk melakukan panggilan

5.5.3 Prosedur pengujian

- Alat-alat dirangkai dan dijalankan sesuai urutan ditunjukkan dalam Gambar 5.9 dan Gambar 5.10
- *Line* telepon yang diuji di panggil dan pesawat diangkat salah satu setelah itu pesawat satunya diangkat juga bagaimana hasilnya.



Gambar 5.9 Blok diagram pengujian anti paralel



Gambar 5.10 Blok diagram pengujian anti paralel

5.5.4 Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.3 pengujian anti paralel dengan 1 buah kunci

kondisi	Pesawat telepon 1	Pesawat telepon 2	Keterangan
1	Diangkat pertama setelah ada bel	Diangkat setelah pesawat 1 diangkat	Pesawat telepon dapat digunakan keduanya seperti telepon paralel pada umumnya
2	Diangkat setelah pesawat 2 diangkat	Diangkat pertama setelah ada bel	Hanya pesawat 2 saja yang dapat digunakan untuk pembicaraan karena <i>line</i> pesawat 1 putus oleh rangkaian kunci

Tabel 5.4 pengujian anti paralel dengan 2 buah kunci

kondisi	Pesawat 1	Pesawat 2	Keterangan
1	Diangkat pertama setelah ada bel	Diangkat setelah pesawat 1 diangkat	Pesawat telepon 1 bisa digunakan untuk bicara sedang pesawat telepon 2 tidak dapat digunakan untuk pembicaraan karena <i>line</i> pesawat 2 putus oleh rangkaian kunci
2	Diangkat setelah pesawat 2 diangkat	Diangkat pertama setelah ada bel	Hanya pesawat 2 saja yang dapat digunakan untuk pembicaraan karena <i>line</i> pesawat 1 putus oleh rangkaian kunci.

Dengan hasil pengujian alat yang telah dilakukan dan melihat data yang dihasilkan alat dapat bekerja sesuai dengan anti paralel.

5.6 Pengujian karakteristik DC sebelum dan sesudah kunci telepon terpasang

5.6.1 Tujuan

untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus sebelum dan sesudah rangkaian kunci terpasang.

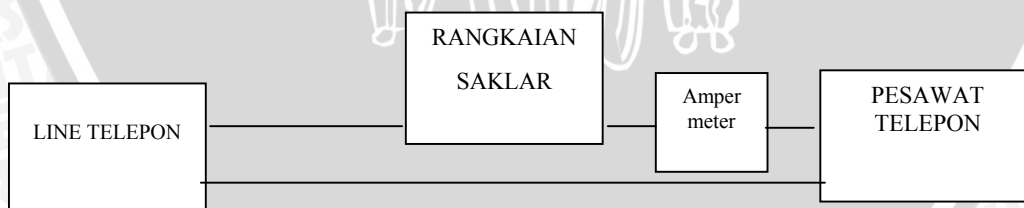
5.6.2 Peralatan yang digunakan

- *Hand phone* digunakan untuk melakukan panggilan
- Ampermeter dan voltmeter

5.6.3 Prosedur pengujian

5.6.3.1 Pengukuran arus sebelum dan sesudah dipasang alat

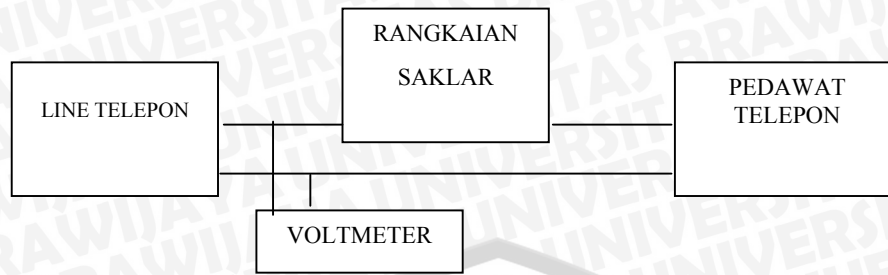
- Peralatan dirangkai seperti Gambar 5.11
- Gagang telepon diangkat kemudian bisa dilihat nilai ampermeter yang terpasang sebelum dan sesudah dipasang alat dapat dilihat perbandingannya.



Gambar.5.11 Blok diagram pengujian arus sebelum dan sesudah alat terpasang saat *off hook*

5.6.3.2 Pengukuran Tegangan sebelum dan sesudah dipasang alat

- Setelah dilakukan pengujian seperti Gambar 5.11 dan dilihat hasilnya. Kemudian rangkaian alat dirangkai seperti Gambar 5.12
- Gagang telepon diangkat kemudian nilai voltmeter sesudah dan sebelum dipasang rangkain kunci bandingkan hasil pengukurannya



Gambar.5.12 Blok diagram pengujian tegangan sebelum dan sesudah alat terpasang saat *off hook*

5.6.4 Hasil pengujian dan analisis

Dari hasil pengujian didapat seperti ditunjukkan Gambar 5.13, 5.14, 5.15, 5.16



Gambar 5.13 Hasil pengujian Arus sebelum dipasang rangkaian kunci pada saat *off hook*



Gambar 5.14 Hasil pengujian Arus line telepon Sesudah rangkaian kunci terpasang saat *off hook* setelah ada dering



Gambar 5.15 Hasil pengujian Tegangan sebelum rangkaian kunci terpasang



Gambar.5.16 Hasil pengujian tegangan Sesudah terpasang rangkaian kunci saat *off hook* setelah ada dering

Tabel 5.5 Hasil pengujian arus dan tegangan sebelum dan sesudah alat terpasang saat *off hook* ada *loop arus*

Nama besaran	Sebelum dipasang alat	Sesudah dipasang kunci
Arus	25 mA	25 mA
Tegangan	8,72volt	8,44 volt

Dari data yang diperoleh saat pengukuran sebelum dan sesudah dipasang rangkaian kunci arus dan tegangan tidak mengalami perubahan yang cukup besar sehingga tidak mempengaruhi telepon saat kondisi *off hook* terutama pada sinyal Suara.

Kesimpulannya dengan ditambahkan rangkaian kunci tidak terlalu membawa dampak yang berarti pada penggunaan telepon saat penerimaan panggilan karena pertimbangan dari resistansi rangkaian yang kecil maka bisa dianggap diabaikan.

Permasalahan kualitas suara ini juga dapat dibuktikan dengan perhitungan dari karakteristik komponen rangkaian kunci yang mempengaruhinya yaitu resistansi rangkaian kunci secara keseluruhan.

$$R_{kunci} = \frac{\Delta V_{pengujian}}{I} \dots\dots\dots(5.1)$$

$$R = \frac{8.72 - 8,441volt}{25mA} = \frac{28mV}{25mA}$$

$$R = 1,12\Omega$$

Dengan resistansi DC 1,12 Ω tidak terlalu berpengaruh besar pada kualitas suara dalam penerimaan telepon karena teloransi sentral dianggap *off hook* adalah minimum 200 ohm sedang maksimumnya adalah 30 k Ω . Dengan resistansi rangkaian sebesar 1,12 Ω bisa dianggap abaikan.

5.7 Pengujian Sinyal Suara Sebelum dan Sesudah Alat Terpasang Saat *off hook*

5.7.1 Tujuan

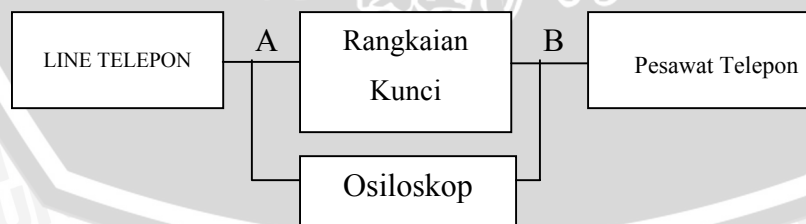
Untuk mengetahui rangkaian kunci saat terpasang pada *line* pesawat telepon apakah mengakibatkan perubahan sinyal suara atau tidak waktu digunakan pembicaran sesudah atau sebelumnya rangkaian kunci terpasang.

5.7.2 Peralatan yang digunakan

- Jaringan telepon yang terhubung dengan pesawat
- *Osiloskop*
- Kamera untuk memfoto hasil sinyal pengujian pada *osiloskop*

5.7.3 Prosedur pengujian

Alat dirangkai seperti Gambar 5.17

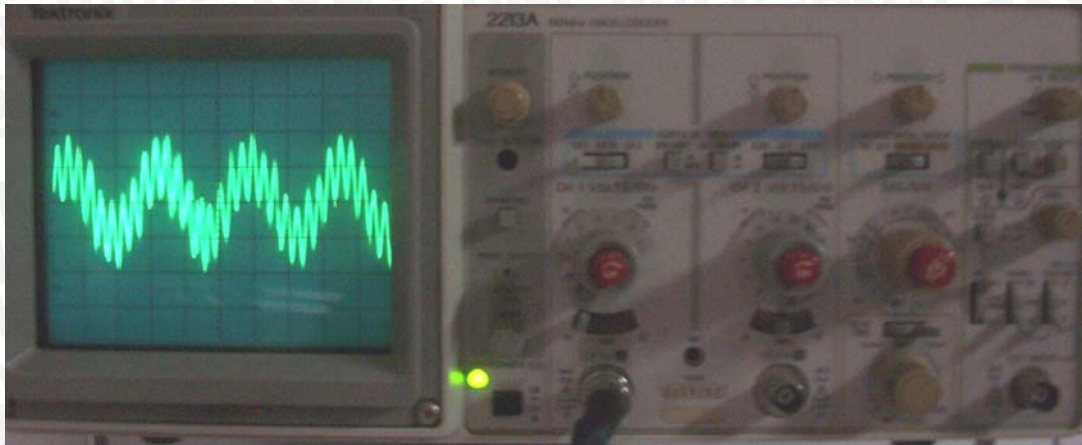


Gambar 5.17. Blok diagram Pengujian sinyal *line* telepon sesudah dan dan sebelum dipasang alat

- Peralatan dirangkai seperti ditunjukkan Gambar 5.17
- Kondisikan gagang telepon *off hook* kemudian bisa dilihat sinyal osiloskop yang sesudah atau sebelum kunci terpasang.

- Kondisikan gagang telepon *off hook* kemudian di triger *gate* dari SCR sehingga saklar akan menyambung sehingga *line* telepon terhubung ada *loop* arus dan sinyal suara dapat dilihat hasilnya pada *osiloskop*.

5.7.4 Hasil Pengujian dan Analisis



V/div = 5 V
T/div = 20 ms

Gambar 5.18 Sinyal suara sebelum alat terpasang saat *dial tone* kondisi *off hook*



V/div = 5 V
T/div = 20ms

Gambar 5.19 Sinyal suara setelah alat terpasang saat *dial tone* kondisi *off hook*

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan Gambar 5.18 dan 5.19 nada *dial tone* (pemilihan sinyal *dial tone* karena frekuensinya kontinyu sehingga memudahkan dalam pengujian) sinyal suara tidak mengalami perubahan sebelum terpasang dan sesudah rangkaian kunci terpasang, hal ini disebabkan karena resistansi DC dari rangkaian kunci cukup kecil sehingga tidak terlalu berpengaruh pada sinyal suara dan di dukung dari karakteristik sentral yang mempunyai batas teloransi resistansi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan sistem Rangkaian Pengaman pencurian Pulsa Telepon Pelanggan Memanfaatkan Thiristor sebagai Saklar Penahan Arus serta dibuktikan oleh tahap pengujian yang dilaksanakan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian diketahui bahwa alat dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan yaitu saat alat terpasang telepon tidak dapat digunakan untuk melakukan panggilan, hanya bisa digunakan untuk menerima panggilan saja hal ini disebabkan adanya rangkaian kunci hanya aktif pada *on hook* yang didahului dering sehingga saklar akan on jika SCR ter triger dahulu tegangan dering 90V.
- Sistem Pengaman dapat bekerja selama adanya *loop* dan arus *holding* scr terpenuhi saat *off hook* didahului dengan adanya bel sebagai *triger*. Jadi semua upaya panggilan keluar dalam bentuk apapun dengan mengangkat gagang telepon dibatasi karena *line* terputus oleh rangkaian kunci.
- Line telepon sesudah dipasang alat tidak mempengaruhi dari karakteritik sinyal terutama sinyal suara karena impedansi dari rangkaian sangat kecil bisa dibilang diabaikan karena masih jauh di bawah teloransi yang telah ditetapkan sentral.
- Alat ini dapat digunakan sebagai anti paralel karena bila dipasang pada *line* yang di paralel (ada cabang *line* 1 dan 2) yang berhak menerima panggilan adalah yang mengangkat pertama saja misal *line* 1 yang mengangkat duluan, *line* 2 sudah tidak berhak menerima pangilan karena *line* 2 yang terparalel sudah tidak mendapat *triger* untuk *on hook*.

5.2. Saran

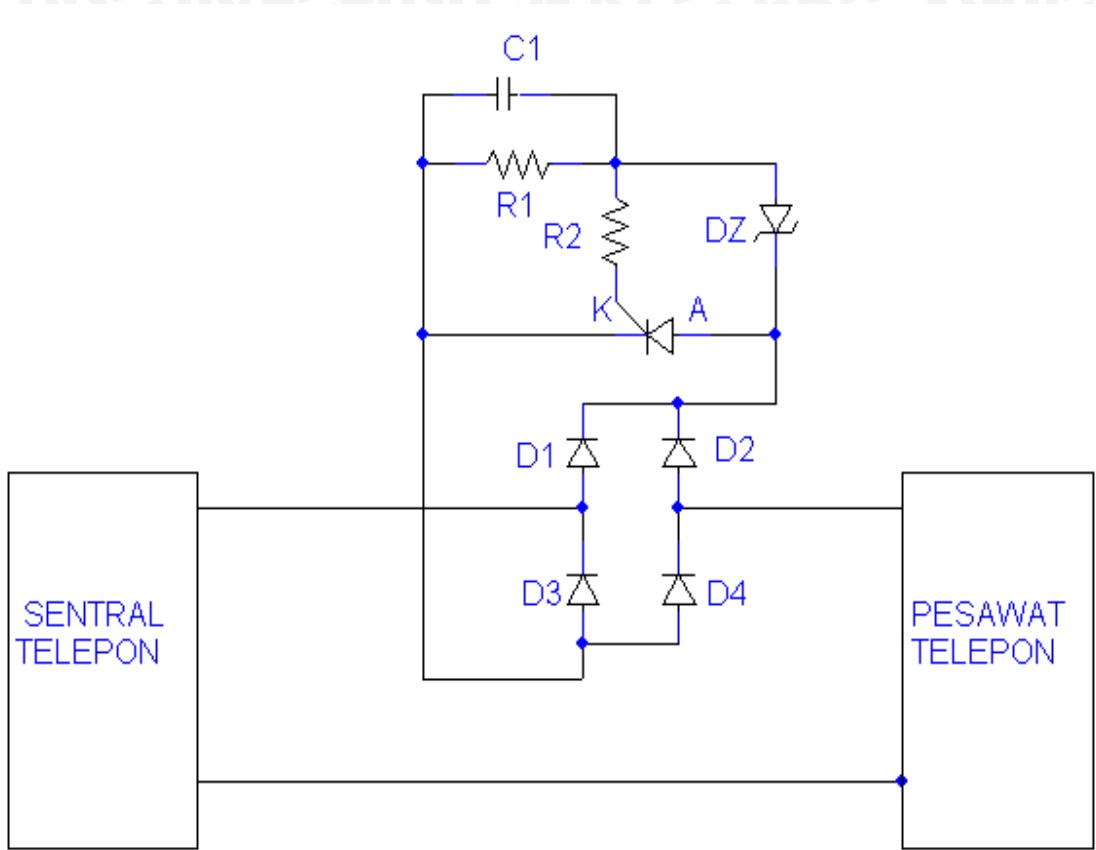
Untuk lebih menyempurnakan kinerja alat pengaman telepon dapat dilakukan beberapa cara, diantaranya :

- *by pass* dapat dikembangkan menjadi otomatis misalnya dengan lebih lanjut karena skripsi ini hanya membahas pengunciannya saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Malvino, Albert Paul. 1984. *Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor, Edisi Keempat*. Penerjemah: Barnawi. M, M.O. Tjia. Jakarta: Erlangga.
- Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-Prinsip Elektronika, Cetakan Ketiga*. Penerjemah: Barnawi. M, M.O. Jakarta: Erlangga.
- Shoji, Shigeki. 1987. *Telecommunication Techniques Handbook, Cetakan Ketujuh*. Penerjemah: Suhana. Jakarta: Pradnya Paramita.
- FTP TELKOM. 1992. *Fundamental Technic Plan*. Jakarta: Telkom.
- Jameco. 2000. *Sensitive Gate Silicon Controlled Rectifiers*. Semiconductor Components Industries. <http://www.onsemi.com>.
- Jameco. 2005. *Zener Voltage Regulators*. Semiconductor Components Industries. <http://www.onsemi.com>
- Millman, Halkias. 1984. *Elektronika Terpadu, Jilid 1*. Penerjemah: Barnawi. M, M.O. Tjia. Jakarta: Erlangga.
- Hayt, William H Jr. dan Jack E. Kemmerly. 1993. *Rangkaian Listrik, Edisi Keempat*. Penerjemah: Pantur Silaban Jakarta: Erlangga.
- Schweber, William L. 1996. *Electronic Communications System, 2nd Editions*. A Complete Course. Prentice Hall.
- Grafham, D R, F B Golden, dan A P Connolly. 1985. *SCR Manual, Sixth Edition*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Sutanto. 1994. *Rangkaian Elektronika Analog*. Depok: Institut Teknologi Bandung.
- Rasid. 1999. *Rangkaian Devais dan Aplikasinya, Jilid 1*. Jakarta: Prenhalindo.
- Philips Semiconductors. 1992. *Data Sheet IN4001G to IN4007G Rectifiers*. Koninklijke Philips Electronics. <http://www.Semiconductors.com>

Rangkaian kunci keseluruhan



Gambar Rangkaian kunci telepon secara keseluruhan

LAMPIRAN

