

PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI PEMARALELAN ILEGAL PADA SISTIM TELEPON RUMAH

Arief Hendra Saptadi¹, Niat Bagus Santosa²

^{1,2}Program Studi Diploma III Teknik Telekomunikasi, Purwokerto

¹ariefhs@yahoo.co.id

Abstrak

Masalah pembayaran rekening telepon yang tidak sesuai dengan pemakaian telepon sering menjadi keluhan dari beberapa pelanggan. Salah satu penyebab kasus tersebut adalah adanya pemakaian telepon diluar sepengetahuan pemilik (lewat pamaralelan secara ilegal). Untuk itu dibuatlah sebuah alat pendeteksi keberadaan jalur paralel ilegal pada saluran telepon rumah yang fungsinya untuk mencegah terjadinya pamaralelan/penyadapan saluran telepon oleh pihak luar.

Alat ini terdiri dari detektor tegangan, saklar mekanik, *switch* elektronik, peredam sinyal dan rangkaian alarm. Pendeteksi ini akan bekerja bila tegangan pada *line* telepon mengalami penurunan sehingga pada komparator akan memberikan logika 1 (*high*) yang memicu basis transistor pada titik saturasi sehingga transistor berfungsi sebagai saklar tertutup. Pada keadaan ini arus mengalir menggerakkan *relay* dari keadaan terbuka ke keadaan tertutup sehingga rangkaian alarm aktif. Dengan transistor sebagai saklar tertutup akan memberikan input 0 (*low*) pada multivibrator monostabil. Karena bekerja pada *trigger* rendah maka keluaran multivibrator akan tinggi sehingga memicu basis transistor ke keadaan saturasi untuk menggerakkan *relay* dari keadaan tertutup ke keadaan terbuka. Dengan Bergeraknya *relay* maka rangkaian peredam sinyal akan aktif dan saluran telepon tidak dapat digunakan. Alat ini sudah bekerja dengan baik dan dapat dikembangkan dengan penambahan sistem mikrokontroler untuk otomatisasi proses pemblokkan dan pengaktifan kembali saluran telepon.

Kata kunci: Detektor, Saluran Paralel Ilegal, Telepon.

1. PENDAHULUAN

Masalah yang sering dihadapi oleh pelanggan telepon rumah antara lain adalah pembayaran rekening telepon yang tidak sesuai dengan pemakaiannya. Salah satu penyebab kasus tersebut adalah adanya pemakaian diluar sepengetahuan pelanggan. Penyebabnya ada dua kemungkinan, yang pertama adalah pemakaian telepon dilakukan oleh pihak keluarga tanpa sepengetahuan pelanggan dan yang kedua adanya pamaralelan terhadap saluran telepon pelanggan yang dilakukan oleh orang lain (misalnya untuk penyadapan).

Kemungkinan yang pertama dapat diatasi dan juga tidak begitu merugikan pihak pelanggan sementara yang menjadi masalah adalah adanya pamaralelan saluran telepon yang dilakukan oleh pihak luar tersebut. Meskipun tindak pamaralelan ilegal tadi relatif jarang

terjadi tetapi hal ini sangat dimungkinkan dan efeknya akan sangat merugikan pelanggan. Salah satu alternatif pemecahan masalah diatas adalah dengan menambahkan suatu perangkat tambahan untuk mencegah pemakaian saluran telepon oleh pihak lain secara tidak resmi.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah menciptakan alat anti paralel saluran telepon rumah yang dapat mendeteksi pamaralelan ilegal dan kabel telepon yang putus. Manfaat yang akan diperoleh adalah berupa pencegahan pencurian pulsa telepon yang sangat merugikan pelanggan.

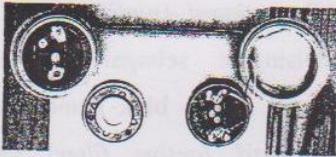
1.1. Perangkat Telepon

Telepon merupakan media komunikasi jarak jauh antar personal secara dua arah (*full duplex*), artinya suatu media yang dapat berfungsi sebagai pengirim dan penerima secara

bersamaan. Dalam keadaan tidak aktif tegangan pada kabel dijaga tetap sebesar 50 Volt. Pesawat telepon terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu:

1. Penerima (*Receiver*) dan Pengirim (*Transmitter*)

Bagian pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) adalah *handset* telepon. *Handset* telepon terdiri atas peralatan *receiver* yang berupa speaker untuk mendengarkan informasi lawan bicara, serta peralatan *transmitter* yang berupa mikrofon untuk mengirimkan sinyal bicara. Selain itu, *handset* juga berfungsi untuk menahan saklar buka tutup supaya tetap pada kedudukannya.



Gambar 1. Bagian dalam dari *Handset*

2. Saklar buka tutup (*Hook Switch*)

Saklar buka tutup (*Hook Switch*) adalah saklar pemisah pesawat telepon dengan salurannya. Saat *handset* tertutup disebut "*On Hook*" dan saat *handset* terbuka disebut "*Off Hook*". Pada keadaan *Off Hook* arus mengalir dari sentral melalui saluran telepon menuju pesawat untuk mencatu rangkaian di dalamnya.

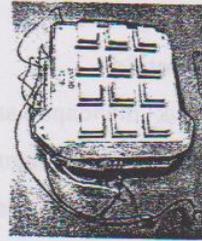


Gambar 2. *Hook Switch*

3. Pemilih nomor (*Dialer*)

Pemilihan nomor (*dialer*) merupakan sebuah peralatan yang berfungsi untuk mengirimkan nomor telepon terpanggil kepada sentral telepon. Terdapat beberapa jenis *dialer* yang dipakai dalam suatu telepon, diantaranya

adalah : dial putar, dial tekan isyarat DC dan *Dial Tone DTMF*.



Gambar 3. *DTMF Dialer*

4. Bell (*Ringer*)

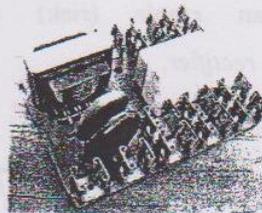
Bel (*ringer*) dipakai untuk menunjukkan adanya suatu panggilan terhadap pesawat telepon dengan menggunakan sinyal dering yang berupa sinyal AC dengan tegangan 70-90 Volt yang mempunyai frekuensi 25 Hz dengan periode 2 detik *on* dan 4 detik *off*.



Gambar 4. *Ringer*

5. Rangkaian bicara (*Speech Network*)

Bagian ini digunakan untuk memproses hasil pembicaraan.



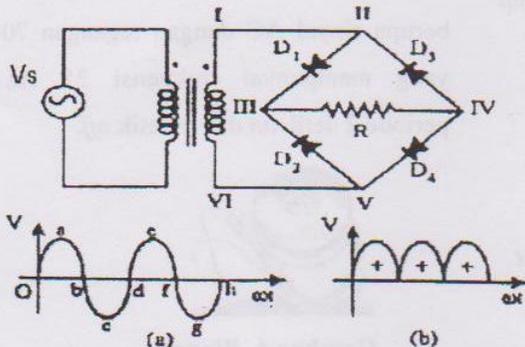
Gambar 5. *Speech Network*

- 1.2. *Rectifier*

Rectifier atau penyearah adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Rangkaian ini menggunakan dioda yang bersifat memblokir arus listrik saat dibias mundur (*reverse biased*) dan meneruskan arus

saat dibias maju (*forward biased*). Jenis rangkaian penyearah yang umum digunakan adalah penyearah gelombang penuh tipe jembatan (*Bridge Rectifier*)

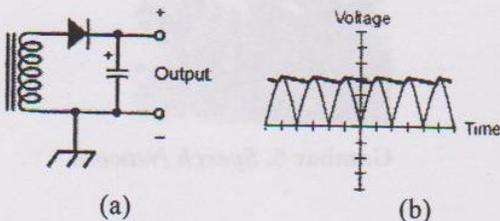
Pada tipe ini, untuk mendapatkan gelombang penuh keluaran, rangkaian menggunakan empat dioda penyearah ($D_1 - D_4$). Pada setengah periode pertama D_1 dan D_4 konduksi, sementara D_2 dan D_3 memblok sinyal. Proses ini berkebalikan untuk setengah periode berikutnya, sehingga dihasilkan sinyal keluaran seperti dalam gambar 6 (b).



Gambar 6. Bridge Rectifier

1.3. Filter

Disebut juga penapis, berfungsi untuk meminimalkan ripple (riak) pada hasil penyearahan *rectifier*.



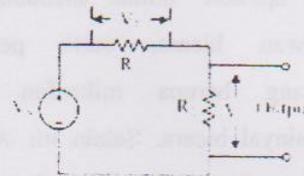
Gambar 7. Filter Kapasitor (a) Pemasangan (b)Ripple Voltage

Terdapat berbagai jenis filter, dari komponen diskrit (Kapasitor, Induktor) hingga rangkaian terintegrasi (IC). Filter paling sederhana dan

sering digunakan yaitu berupa kapasitor tunggal yang dipasang antara bagian input dan output.

1.4. Attenuator

Rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan level tegangan ini pada dasarnya terdiri dari beberapa buah resistor. Sinyal keluaran yang dihasilkan berasal dari pembagian tegangan antar resistor.



Gambar 8. Prinsip Dasar Attenuator

1.5. Operational Amplifier

Disingkat sebagai OP-AMP, penguat operasional adalah blok pembangun dasar dari penapis aktif (*active filter*) yang sekarang banyak digunakan.

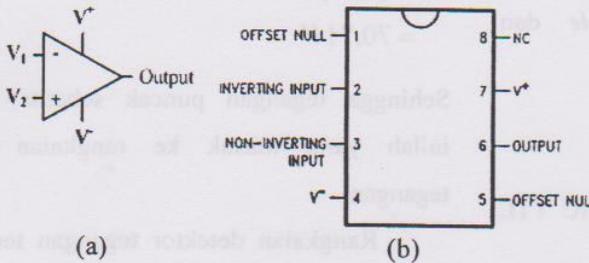
OP-AMP sebenarnya merupakan sebuah penguat tegangan DC diferensial atau disebut dengan istilah *Difference Amplifier* yang memiliki karakteristik ideal sebagai berikut :

- Lebar pita yang tak-terhingga (*infinite bandwidth*)
- Impedansi masukan yang tak terhingga (*infinite input impedance*)
- Impedansi keluaran sama dengan nol (*zero output impedance*)

Komponen OP-AMP yang sering digunakan adalah LM741 dengan konfigurasi pin seperti dalam Tabel 1.

OP-AMP memiliki dua masukan yaitu *inverting* (pada pin 2) dan *non-inverting* (pada pin 3). Masukan *inverting* (atau membalik) akan menyebabkan keluaran menjadi berbeda fase 180° (atau berkebalikan), adapun masukan *non-*

inverting (atau tak membalik) akan membuat keluaran menjadi sefasa.



Gambar 9. OP-AMP (a) Simbol (b) LM741

Tabel 1. Konfigurasi Pin LM741

Pin #	Fungsi	Keterangan
1	Offset Null	Pengatur tegangan awal 0 V
2	Inverting Input	Masukan Pembalik
3	Non-Inverting Input	Masukan Non-Pembalik
4	V ⁻	Catuan Negatif
5	Offset Null	Pengatur tegangan awal 0 V
6	Output	Keluaran
7	V ⁺	Catuan Positif
8	NC	Not Connected (Tidak Terhubung)

1.6. Fixed-Biased Transistor

Untuk dapat mengoperasikan transistor maka diperlukan rangkaian pembiasan. Salah satu jenis rangkaian pembiasan yang sederhana dan sering digunakan dari saklar elektronis hingga *multivibrator* adalah bias tetap (*fixed-biased*). Dengan asumsi transistor yang dipakai berbahan dasar Silikon ($V_{BE} = 0,7 \text{ V}$) dan berjenis NPN dengan konfigurasi CE (*Common Emitter*) maka titik operasi (Q) dapat dihitung:

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad (1)$$

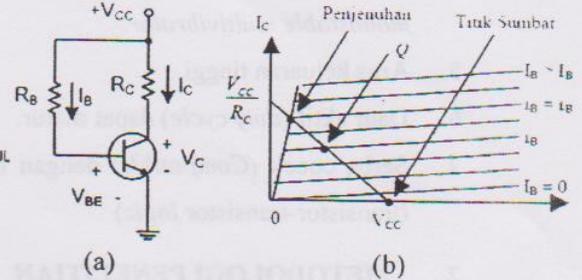
$$I_{CQ} = I_{BQ} \cdot \beta_{dc} \quad (2)$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot R_C \quad (3)$$

Nilai maksimal dari arus dan tegangan keluaran dapat ditentukan lewat persamaan garis beban (3) dan dapat dibentuk diagram seperti berikut:

$$I_C = 0 \rightarrow V_{CE(sumbat)} = V_{CC} \quad (4)$$

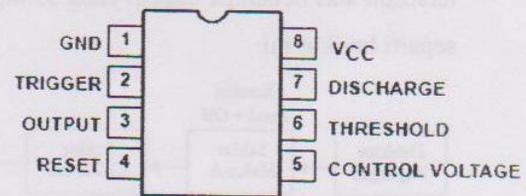
$$V_{CE} = 0 \rightarrow I_{C(jenuh)} = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad (5)$$



Gambar 10. Bias Tetap (a) Rangkaian (b) Diagram Garis Beban

1.7. Timer

Pemakaian piranti semacam osilator, pembangkit pulsa, pembangkit tanjakan dan gelombang persegi, *multivibrator* picuan tunggal (*monostable multivibrator*), dan monitor tegangan, memerlukan rangkaian terpadu yang mampu menghasilkan rentang penentuan waktu. Rangkaian pewaktu terpadu yang sudah dikenal adalah IC LM 555 dengan konfigurasi 8 pin.



Gambar 11. LM555

Tabel 2. Konfigurasi Pin LM555

Pin #	Fungsi	Keterangan
1	GND	Koneksi ke <i>Ground</i>
2	TRIGGER	Pemicu Rangkaian
3	OUTPUT	Keluaran Rangkaian
4	RESET	Pengatur ulang pada LM555
5	CONTROL VOLTAGE	Tegangan Pengendali
6	THRESHOLD	Pengatur Ambang
7	DISCHARGE	Pembuangan Muatan
8	VCC	Catuan

Karakteristik IC LM555:

1. Waktu mati (*off*) kurang dari 12µs.
2. Frekuensi operasi maksimal yaitu 500 kHz.

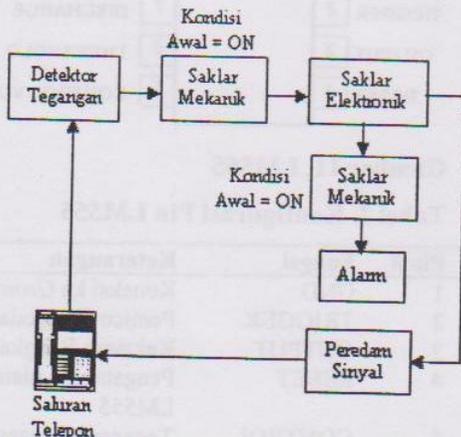
3. Pewaktuan (*timing*) mulai dari hitungan mikro detik hingga jam.
4. Beroperasi dalam ragam *astable* dan *monostable multivibrator*.
5. Arus keluaran tinggi.
6. Daur aktif (*duty cycle*) dapat diatur.
7. Serba cocok (*Compatible*) dengan IC TTL (*transistor-transistor logic*)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan perangkat ini, jenis metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan alat dengan cara mencari, memodifikasi dan menguji rangkaian-rangkaian elektronika di dalam beberapa blok berbeda, yang kemudian disatukan menjadi suatu perangkat lengkap.

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Secara keseluruhan, alat anti paralel ini tersusun atas beberapa bagian yang saling terkait seperti berikut ini:



Gambar 12. Blok Diagram Perangkat

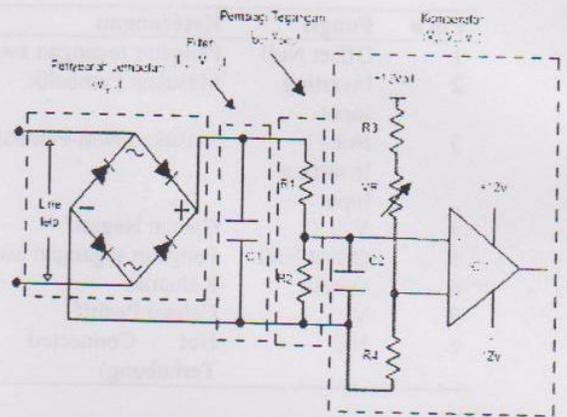
2.1.1. Detektor Tegangan

Tegangan dari kabel telepon adalah sebesar 50 Volt DC. Tegangan ini merupakan nilai rata-rata (*RMS/Root-Mean-Square*) dengan nilai puncak (V_p) dapat ditentukan:

$$\begin{aligned}
 V_p &= \sqrt{2} \times V_{rms} \\
 &= \sqrt{2} \times 50 V \\
 &= 70,71 V
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Sehingga tegangan puncak sebesar 70,71 V inilah yang masuk ke rangkaian detektor tegangan.

Rangkaian detektor tegangan terdiri dari rangkaian penyearah jembatan, *filter*, pembagi tegangan dan komparator.



Gambar 13. Detektor Tegangan

a) Penyearah Jembatan

Pada perangkat anti paralel saluran telepon rumah ini digunakan penyearah jembatan sebagai masukan pertama (Gambar 10). Hal ini bertujuan agar alat tetap mendapatkan masukan tegangan yang disearahkan sehingga dapat berfungsi dengan baik. Pada rangkaian penyearah ini digunakan dioda *bridge* dengan *rating* 2 A, maka tegangan keluaran penyearah jembatan (V_{DC1}) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{dc1} &= \frac{2 \times V_p}{\pi} \\
 &= \frac{2 \times 70,71}{\pi} \\
 &= 45,02 V
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

b) **Filter**

Pada bagian *filter* dipasang sebuah kapasitor $C_1 = 0,01\mu\text{F}$ yang digunakan untuk menghilangkan tegangan riak (*ripple voltage*). Besar nilai kapasitor ini ditentukan secara eksperimental melalui pengubahan nilai kapasitor variabel. Untuk menghitung nilai tegangan keluaran *filter* (V_{DC2}), maka terlebih dahulu dihitung arus *filter* (I_{DC}) yaitu:

$$\begin{aligned} I_{dc} &= \frac{V_{dc1(RECTIFIER)}}{R_1 + R_2} & (8) \\ &= \frac{45,02}{(100 + 492)K\Omega} \\ &= 76,05 \times 10^{-6} A \\ &= 76,05 \mu A \end{aligned}$$

dimana:

R_1, R_2 = resistansi pembagi tegangan (Ω).

Setelah nilai I_{DC} didapat, maka nilai V_{DC2} dapat ditentukan dengan perhitungan :

$$\begin{aligned} V_{dc2} &= V_m - \frac{4200 \times I_{DC}}{C} & (9) \\ &= 45,02 - \frac{4200 \times 76,05 \mu A}{0,01} \\ &= 45,02 - 31,94 \\ &= 13,08 V \end{aligned}$$

dengan:

$V_m = V_{DC1}$ = tegangan masukan dari keluaran *rectifier* (Volt)
 C = nilai kapasitor *filter* (μF)

c) **Pembagi Tegangan (Voltage Divider)**

Resistansi yang digunakan pada pembagi tegangan adalah $R_1 = 100 K\Omega$ dan $R_2 = 492 K\Omega$. Dengan harga resistansi tersebut maka arus yang mengalir pada pembagi tegangan adalah $I_{DC} = 76,05 \mu\text{A}$ (seperti yang telah dihitung pada bagian

filter) dan tegangan keluarannya adalah $V_{DC2} = 13,08 V$.

d) **Komparator**

Rangkaian komparator menggunakan komponen inti IC 741. Prinsip dari rangkaian ini adalah membandingkan antara dua masukan yaitu V^- (atau V_1) dan V^+ (atau V_2). Jika salah satu masukan memiliki tegangan yang lebih besar (atau terdapat selisih) maka keluaran dari komparator akan berlogika tinggi (*high*).

Pada alat ini catu daya yang diberikan adalah +12 V dan -12 V. Nilai resistansi yang digunakan pada rangkaian komparator $R_3 = 300\Omega$, $R_4 = 39 K\Omega$ dan $V_R = 5 K\Omega$ (terukur 4,45 K Ω). Nilai dari kedua masukan tersebut dapat diperoleh dengan perhitungan :

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_S & (10) \\ &= \frac{492K}{(100 + 492)K} \times 13,08 \\ &= 10,89 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= V_{cc} \times \frac{R_4}{R_3 + R_4 + V_R} & (11) \\ &= 12 \times \frac{39K}{300 + 39K + 4,45K} \\ &= 12 \times 0,89 \\ &= 10,68 V \end{aligned}$$

dimana:

$V_S = V_{DC2}$ = tegangan keluaran *filter* (V)

V_{CC} = tegangan pembanding (V)

V_R = resistor *variable* (Ω)

R_3, R_4 = resistor bagi tegangan (Ω)

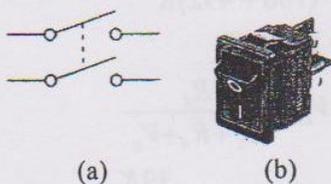
Setelah kedua tegangan masukan diperoleh maka tegangan keluaran (V_o) dari komparator dapat dihitung:

$$\begin{aligned} V_o &= A_v (V_1 - V_2) \\ &= 1 \cdot (10,89 - 10,68) \\ &= 0,21 \text{ Volt} \end{aligned} \quad (12)$$

Nilai penguatan tegangan (A_v) untuk rangkaian tersebut adalah 1 karena rangkaian tidak menggunakan resistansi umpan balik (R_f). Jadi dengan keluaran komparator sebesar 0,21 Volt DC tersebut atau mendekati nilai ideal yaitu nol, maka kondisi awal ini mengindikasikan tidak terjadi pamaralelan.

2.1.2. Saklar Mekanik

Dalam perancangan alat ini digunakan dua buah saklar mekanik DPST (*Dual Pole Single Throw*). Saklar jenis ini biasa digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan jalur listrik utama pada rangkaian. DPST dipilih karena dapat mengisolasi kabel catuan dan *ground* sekaligus.



Gambar 14. Saklar DPST (a) Simbol (b) Bentuk Fisik

Seperti dalam blok diagram (Gambar 9), saklar pertama (S_1) ditempatkan diantara detektor tegangan dan saklar elektronik. Sedangkan saklar kedua (S_2) ditempatkan diantara saklar elektronik dan rangkaian alarm. S_1 berfungsi untuk *me-reset* rangkaian peredam sinyal dan S_2 digunakan untuk menonaktifkan kembali alarm (bila mendeteksi pamaralelan).

2.1.3. Saklar Elektronik

Keluaran dari komparator akan menggerakkan rangkaian *switch*, dimana *switch* ini terdiri dari sebuah rangkaian transistor sebagai saklar dan sebuah *relay* untuk mengaktifkan rangkaian alarm. Arus yang dibutuhkan untuk menggerakkan *relay* ini adalah arus maksimum kolektor (I_C) pada saat transistor saturasi. Untuk mendapatkan keadaan saturasi ini dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_{relay}} = \frac{12}{400} = 0,03 \text{ A} \quad (13)$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{DC}} = \frac{0,03}{90} = 0,33 \text{ mA} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} = \frac{12,8 - 0,7}{0,33 \cdot 10^{-3}} \\ &= 36667 \Omega \end{aligned} \quad (15)$$

dengan:

I_C = arus kolektor (A)

V_{CC} = tegangan catuan (Volt)

R_{relay} = *rating* resistansi *relay* (Ω)

β_{DC} = nilai penguatan arus (tanpa satuan)

R_B = nilai resistor basis (Ω)

I_B = arus basis (A)

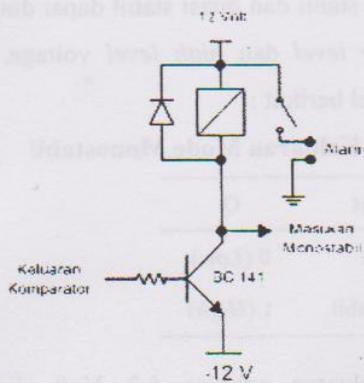
V_{BB} = tegangan sumber basis (12,8 V, terukur saat *off-hook*).

V_{BE} = tegangan basis-emitter (0,7 Volt)

Karena di pasaran tidak dijumpai nilai resistor (R_B) sebesar itu maka dipergunakan nilai yang mendekati yaitu 39 K Ω . Transistor NPN BC141 dipilih karena memiliki rentang penguatan arus (β_{DC}) 40 – 100 dan arus kolektor maksimum 1A.

Pada kondisi $I_C > I_{C(sat)}$ ini transistor berada pada daerah saturasi dengan kata lain arus kolektor telah mencapai harga maksimum. Kondisi saturasi ini menyebabkan transistor

berfungsi sebagai saklar tertutup sehingga arus yang mengalir digunakan untuk menggerakkan *relay*, dan harga saturasi V_{CE} digunakan sebagai masukan 0 (*Low*) bagi rangkaian peredam sinyal.



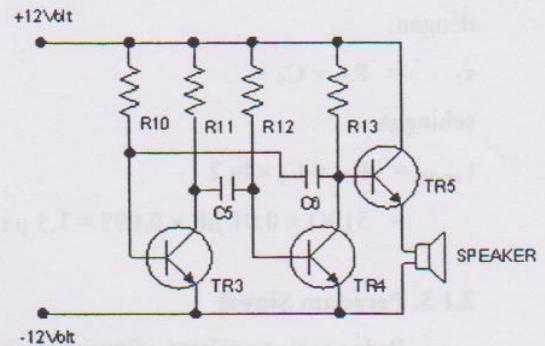
Gambar 15. Rangkaian Saklar Elektronik

Relay ini juga digunakan untuk mengaktifkan alarm. Rangkaian ini menggunakan dioda untuk membuang daya yang ada pada *relay* saat transistor dalam keadaan *off*.

2.1.4. Alarm

Rangkaian alarm di dalam pembuatan alat ini menggunakan transistor sebagai *multivibrator* astabil. *Multivibrator* astabil ini mempunyai dua keadaan namun tidak stabil pada salah satu diantaranya. Dengan demikian, *multivibrator* akan berada pada salah satu keadaan selama sesaat dan kemudian berpindah ke keadaan semula. Karena tidak dibutuhkan sinyal masukan untuk memperoleh suatu keluaran, *multivibrator* astabil kadang-kadang disebut *multivibrator kerja-bebas* (*free-running multivibrator*). Gambar 16 memperlihatkan rangkaian *multivibrator* astabil transistor yang digunakan. Salah satu transistor berada di titik jenuh pada saat keluaran transistor lainnya terpotong. Untuk memastikan hal ini, maka diatur R_B/R_C lebih kecil dari pada β_{dc} atau h_{FE}

transistor. Bila syarat ini dipenuhi, maka salah satu transistor akan jenuh, dan mengakibatkan keluaran transistor lainnya menjadi terpotong.



Gambar 16. *Multivibrator* Astabil Transistor

Jika pembuangan muatan C_5 telah habis, maka keluaran T_{R2} menjadi terpotong dan pengisian muatan pada C_6 telah penuh sehingga C_6 berubah membuang muatan ke basis T_{R1} yang menyebabkan T_{R1} menjadi jenuh. Kapasitor C_5 mengisi muatan yang diatur R_{12} sampai C_5 penuh dan C_6 habis, demikian seterusnya. Sehingga keluaran Q selalu berkebalikan dengan waktu pengisian kapasitor. Pada rangkaian ini digunakan komponen resistor, kapasitor, transistor dan *loudspeaker* dengan nilai sebagai berikut :

R_{10}	=	39 K Ω	C_6	=	0,01 μ F
R_{11}	=	510 Ω	Tr_3	=	BC 108
R_{12}	=	39 K Ω	Tr_4	=	BC 108
R_{13}	=	510 Ω	Tr_5	=	BC 108
C_5	=	0,01 μ F	Loudspeaker	=	8 Ω /0,5 W

Waktu t_{tinggi} untuk *multivibrator* adalah :

$$t_{tinggi} = \tau_1 \times \ln 2 \quad (16)$$

dengan:

$$\tau_1 = R_{12} \times C_5 \quad (17)$$

sehingga:

$$t_{tinggi} = R_{12} \times C_5 \times \ln 2 \quad (18)$$

$$= 39K\Omega \times 0,01\mu F \times 0,695 = 271\mu s$$

Waktu pengosongan untuk *multivibrator* adalah :

$$t_{\text{rendah}} = \tau_2 \times \ln 2 \quad (19)$$

dengan:

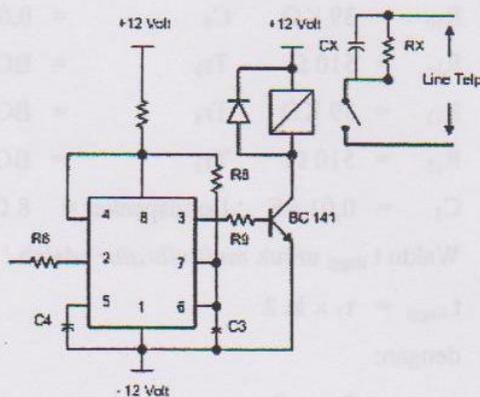
$$\tau_2 = R_{10} \times C_6 \quad (20)$$

sehingga:

$$\begin{aligned} t_{\text{rendah}} &= R_{10} \times C_6 \times \ln 2 \quad (21) \\ &= 510\Omega \times 0,01 \mu\text{F} \times 0,695 = 3,5 \mu\text{s} \end{aligned}$$

2.1.5. Peredam Sinyal

Pada saat transistor digunakan sebagai saklar terbuka, masukan pada pin 2 untuk *multivibrator* berharga 1 (*High*), sehingga keluaran akhir *multivibrator* (di pin 3) adalah 1 (*High*). Besar tegangan keluarannya tergantung dari catu daya yang diberikan. Karena tegangan masukan yang diberikan sebesar 12 Volt DC maka keluaran *multivibrator* pada saat tinggi adalah 5,2 Volt (sesuai lembar data). Karena digunakan *multivibrator* monostabil maka tegangan tinggi tersebut berlangsung selama t detik tergantung dari nilai R dan C yang dipasang. Dalam alat ini digunakan $R_8 = 330 \text{ K}\Omega$ dan $C_3 = 47 \mu\text{F}$.



Gambar 17. Rangkaian Peredam Sinyal

Untuk menentukan waktu T dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= R_8 \times C_3 \quad (22) \\ &= 330 \cdot 10^3 \times 47 \cdot 10^{-6} \\ &= 15,51 \text{ s} \end{aligned}$$

Mode operasi monostabil adalah suatu mode yang mempunyai 2 macam keadaan output, yaitu keadaan stabil dan *quasi stabil*. Keadaan stabil dan *quasi stabil* dapat dinyatakan oleh *low level* dan *high level voltage*, seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. Keluaran Mode Monostabil

Output	Q
Stabil	0 (<i>Low</i>)
Quasi stabil	1 (<i>High</i>)

Keluaran sebesar 5,2 Volt digunakan untuk menggerakkan *relay* dengan cara membuat transistor saturasi. Cara yang dipakai sama dengan cara menggerakkan *relay* untuk alarm. Dengan bekerjanya *relay* maka kapasitor yang dipakai untuk meredam sinyal akan terpasang secara paralel pada saluran, sehingga semua sinyal informasi yang dibutuhkan untuk membangun hubungan telepon menjadi terputus. Harga dari kapasitor ini perlu diperhatikan agar sinyal pada saluran betul-betul teredam. Tegangan maksimum pada kapasitor juga diatur pada level aman dengan tegangan yang ada pada saluran. Dalam alat ini digunakan kapasitor sebesar $1000 \mu\text{F}$.

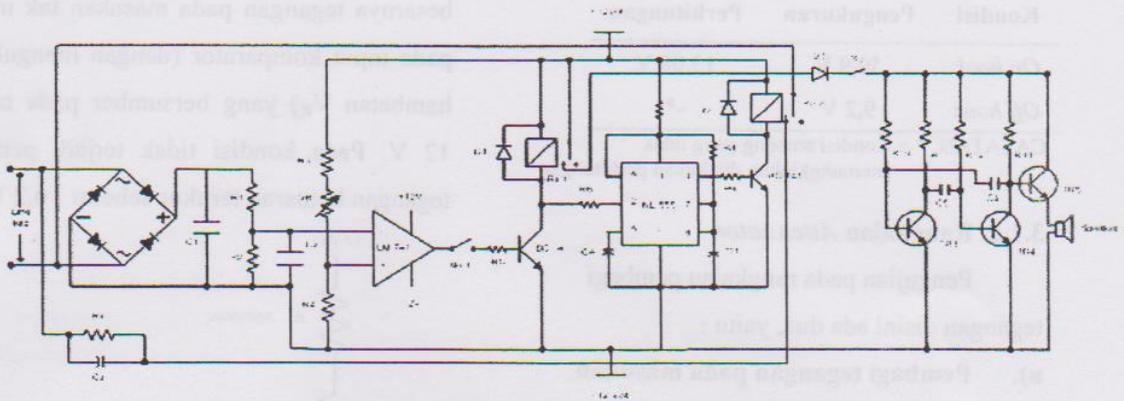
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari perancangan rangkaian pendeteksi pamaralelan ilegal ini adalah berupa satu set perangkat keras lengkap dengan skema rangkaian seperti dalam gambar 18.

Untuk menguji apakah rangkaian tersebut dapat berjalan dengan baik, maka dilakukan dua jenis pengujian yaitu pengujian blok rangkaian dan pengujian rangkaian keseluruhan. Pengujian

blok rangkaian dilakukan untuk memeriksa kesalahan dari setiap blok rangkaian dan memperbaikinya bila diperlukan. Pengujian

rangkaiannya keseluruhan dilakukan setelah seluruh blok disatukan dan alat dijalankan sesuai dengan fungsi yang dikehendaki.



Gambar 18. Skema Rangkaian Keseluruhan

3.1. Pengujian Blok Rangkaian

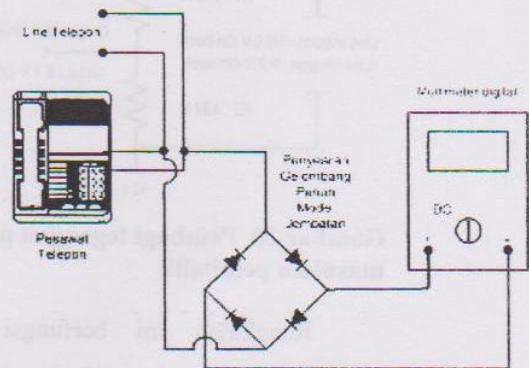
3.1.1. Rangkaian Rectifier

Pengujian pada rangkaian penyearah saluran telepon bertujuan untuk mengetahui apakah fungsi penyearahan tegangan dari *rectifier* berjalan dengan baik. Pada pengujian ini tegangan masukan berasal dari *line* telepon rumah sebagaimana dalam Gambar 19.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah :

1. Pemasangan pesawat telepon dan rangkaian penyearah secara paralel pada *line* telepon.
2. Setelah terpasang, rangkaian diukur dengan menggunakan multimeter digital.
3. Sesuai gambar berikut ini, pengukuran dilakukan saat handset tertutup (*on hook*) dan saat handset diangkat (*off hook*).

Dari hasil pengujian menggunakan alat ukur multimeter digital menunjukkan bahwa rangkaian penyearah berfungsi dengan baik. Tegangan setelah disearahkan yaitu 50,9 Volt DC (*on hook*) dan 9,2 Volt DC (*off hook*).



Gambar 19. Rangkaian Pengujian Rectifier

Apabila terjadi pamaralelan ilegal tanpa sepengetahuan pemilik maka tegangan *line* telepon 50,9 Volt DC akan turun menjadi 9,2 Volt DC.

Tabel 4. Hasil Pengujian Rangkaian Rectifier

Kondisi	Pengukuran	Perhitungan
<i>On hook</i>	50,9 V	45,02 V
<i>Off hook</i>	9,2 V	-*

CATATAN: * = Kondisi ambang yang tidak memungkinkan dilakukan perhitungan

3.1.2. Rangkaian Filter

Tegangan pada rangkaian *filter* tidak berubah yaitu sebesar 50,9 Volt DC (*on hook*) dan 9,2 Volt DC (*off hook*) karena pada

rangkaian *filter* hanya berfungsi untuk menghilangkan riak.

Tabel 5. Hasil Pengujian Filter

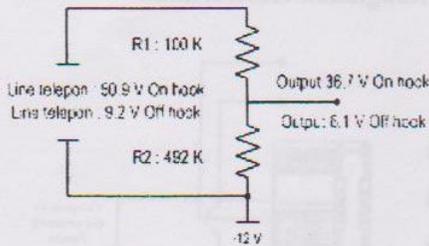
Kondisi	Pengukuran	Perhitungan
<i>On hook</i>	50,9 V	13,08 V
<i>Off hook</i>	9,2 V	-*

CATATAN: * = Kondisi ambang yang tidak memungkinkan dilakukan perhitungan

3.1.3. Rangkaian Attenuator

Pengujian pada rangkaian pembagi tegangan disini ada dua, yaitu :

a). Pembagi tegangan pada masukan pembalik



Gambar 20. Pembagi tegangan pada masukan pembalik

Rangkaian ini berfungsi untuk membagi tegangan yang bersumber pada saluran telepon yang disearahkan oleh rangkaian penyearah. Setelah diukur menggunakan multimeter, besar tegangan dari penyearah 50,09 Volt DC (*on hook*) dan 9,2 Volt DC (*off hook*). Setelah masuk pada rangkaian pembagi tegangan, menjadi 36,7 Volt DC (*on hook*) dan 6,1 Volt DC (*off hook*).

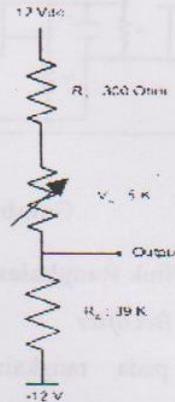
Tabel 6. Hasil Pengujian Attenuator di masukan pembalik

Kondisi	Pengukuran	Perhitungan
<i>On hook</i>	36,7 V	10,89
<i>Off hook</i>	6,1 V	-*

CATATAN: * = Kondisi ambang yang tidak memungkinkan dilakukan perhitungan

b). Pembagi tegangan pada masukan tak membalik

Rangkaian ini berfungsi untuk mengatur besarnya tegangan pada masukan tak membalik pada input komparator (dengan mengubah nilai hambatan V_R) yang bersumber pada catu daya 12 V. Pada kondisi tidak terjadi pamaralelan tegangan keluaran terukur sebesar 10,2 Volt.



Gambar 21. Pembagi tegangan pada masukan tak membalik

Tabel 7. Hasil Pengujian Attenuator di masukan tak membalik

Kondisi	Pengukuran	Perhitungan
<i>On hook</i>	10,2 V	10,68 V
<i>Off hook</i>	-*	-*

CATATAN: * = Kondisi ambang yang tidak memungkinkan dilakukan perhitungan

3.1.4. Rangkaian Komparator

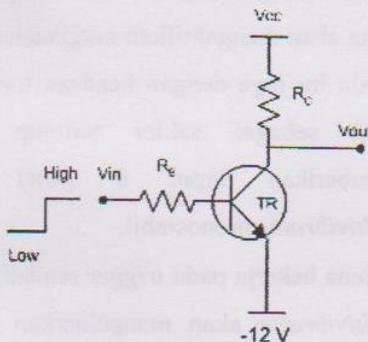
Pengujian pada rangkaian komparator ini bertujuan untuk memeriksa keluaran pembanding tegangan. Untuk mengaktifkan OP-AMP, catu daya sebesar +12 V diberikan pada pin 7 dan -12 V diberikan pada pin 4. Masukan pembalik pada pin 2 diukur tegangannya yaitu sebesar 36,7 V pada kondisi *on hook* dan 6,1 V pada kondisi *off hook*. Masukan tak membalik pada pin 3 diukur tegangannya sebesar 10,2 V baik pada kondisi *on hook* maupun *off hook*.

Sedangkan keluaran pada komparator terukur sebesar 1,9 V pada kondisi *on hook* dan 12,8 V pada kondisi *off hook*.

Dari hasil pengamatan diatas maka jika tegangan masukan tak membalik pada pin 3 lebih kecil dari tegangan masukan pembalik pada pin 2, maka besar tegangan keluaran komparator akan bernilai kecil dan jika sebaliknya maka tegangan komparator akan bernilai besar. Dengan demikian rangkaian komparator tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan.

3.1.5. Rangkaian Saklar Elektronik

Pengujian pada rangkaian *switch* elektronik bertujuan untuk mengetahui apakah fungsi pensaklaran untuk aktivasi peredam sinyal dan alarm berfungsi dengan baik.



Gambar 22. Rangkaian Pengujian saklar Elektronik

Pengujian dilakukan pada dua kondisi:

a). *On hook*

Pada kondisi ini tegangan output sebesar 1,9 V setelah melewati R_B menuju basis transistor tegangan menjadi 12,38 V. *Relay* terbuka.

b). *Off hook*

Pada kondisi ini tegangan output OP-AMP sebesar 12,8 V setelah melewati

R_B menuju basis tegangannya menjadi 1,62 V. *Relay* tertutup.

Dari pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian tersebut telah sesuai dengan yang dikehendaki. Sehingga jika basis transistor dibias positif (untuk mencapai keadaan saturasi) maka transistor berfungsi sebagai saklar tertutup dan arus yang mengalir digunakan untuk menggerakkan *relay*. Sebaliknya jika basis dibias negatif maka transistor tidak berada pada kondisi saturasi, sehingga transistor berfungsi sebagai saklar yang terbuka.

3.1.6. Rangkaian Peredam Sinyal

Pengujian untuk blok ini bertujuan untuk mengetahui apakah fungsi pemblok sinyal saat terjadi pamaralelan telah berjalan. Tegangan yang terukur pada pin 2 (*trigger*) adalah sebesar 12,32 V pada saat *on hook* dan 2,23 V pada saat *off hook*. Sedangkan tegangan yang terukur pada pin keluaran adalah sebesar 0 V saat *on hook* dan 5,2 V saat *off-hook*.

Dengan adanya tegangan sebesar 5,2 V pada *output* tersebut maka akan memicu transistor pada keadaan saturasi sehingga berfungsi sebagai saklar tertutup. Arus selanjutnya digunakan untuk menggerakkan *relay* dari keadaan terbuka ke keadaan tertutup sehingga pada kondisi ini saluran telepon diblok. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa rangkaian ini telah bekerja dengan baik.

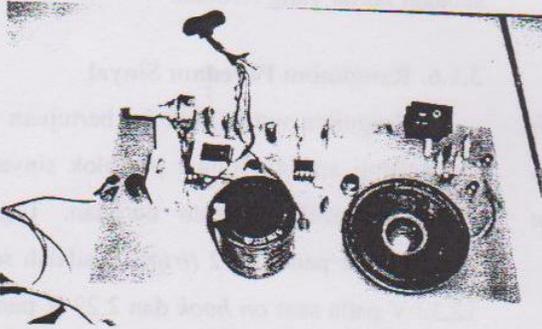
3.1.7. Rangkaian Alarm

Pengukuran pada rangkaian alarm berfungsi untuk memeriksa apakah alarm akan aktif saat terdeteksi pamaralelan. Setelah rangkaian ini diaktifkan maka dilakukan

pengukuran pada *relay* dan hasilnya adalah 11,5 V. Selanjutnya tegangan pada kaki positif (+) *speaker* diukur dan hasilnya adalah sebesar 6,2 V. Dari hasil pengukuran tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa alarm siap digunakan.

3.2. Pengujian Sistem Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran pada masing-masing bagian rangkaian secara terpisah, maka seluruh blok disusun menjadi satu perangkat lengkap sebagaimana dalam gambar 23.



Gambar 23. Rangkaian Lengkap

Berikutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan menghubungkannya terlebih dahulu ke saluran telepon rumah. Tegangan yang diukur adalah tegangan *line* telepon yang telah disearahkan (setelah melewati *rectifier*) dan tegangan keluaran dari komparator. Pengujian dilakukan pada kondisi *on-hook* dan *off-hook*.



Gambar 24. Pemasangan pada Saluran Telepon

Pengukuran *line* telepon pada kondisi *on-hook* menunjukkan 50,9 V dan pada kondisi *off-hook* 9,2 V. Pada bagian keluaran, saat *on-hook* tegangan terukur sebesar 0,22 Volt dan saat *off-hook* 6,2 V.

Cara kerja alat secara keseluruhan dapat dijelaskan sebagaimana berikut ini:

- Pada saat terjadi pematikan telepon (atau saat *line* telepon terputus) maka tegangan pada saluran telepon akan turun dan komparator akan mengeluarkan logika tinggi (*high*) dan selanjutnya memicu basis transistor ke keadaan saturasi.
- Transistor (T_{R1}) lalu berfungsi sebagai saklar tertutup sehingga arus mengalir digunakan untuk menggerakkan *relay* dari keadaan terbuka ke keadaan tertutup.
- Dengan Bergeraknya kontak *relay* (R_{E1}) maka akan mengaktifkan rangkaian alarm. Selain itu juga dengan keadaan transistor (T_{R1}) sebagai saklar tertutup akan memberikan input 0 (*low*) bagi *multivibrator* monostabil.
- Karena bekerja pada *trigger* rendah, maka *multivibrator* akan mengeluarkan *output* tinggi selama waktu T yang telah ditentukan oleh nilai R dan C.
- Hal ini akan memicu basis transistor (T_{R2}) pada keadaan saturasi sebagai saklar tertutup dan selanjutnya menggerakkan *relay* (R_{E2}) dari keadaan terbuka ke keadaan tertutup yang mengakibatkan terhubungnya kapasitor pada saluran telepon.
- Dengan kondisi tersebut maka alat akan meredam semua sinyal AC yang

dibutuhkan dalam pensinyalan pada saluran telepon sehingga saluran telepon akan aman dari pencurian pulsa secara linier.

- Untuk menghentikan bunyi alarm dan me-reset rangkaian peredam sinyal maka saklar S_1 dan S_2 perlu dimatikan terlebih dahulu. Setelah rangkaian paralel dilepas dari saluran telepon, kedua saklar tersebut kembali diaktifkan.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Rangkaian secara Keseluruhan

Kondisi	Tegangan <i>Line</i> telepon	Tegangan <i>Output</i>
<i>On hook</i>	50,9 Volt DC	0,22 Volt DC
<i>Off hook</i>	9,2 Volt DC	6,2 Volt DC

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat dan data-data yang telah diperoleh dari hasil pengujian maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

1. Alat pendeteksi ini terdiri dari rangkaian detektor tegangan, *switch* elektronik, saklar mekanik, peredam sinyal dan rangkaian alarm yang secara keseluruhan telah bekerja dengan baik.
2. Alat ini diaplikasikan pada sisi pelanggan telepon rumah. Sehingga bila mendeteksi pamaralelan maka telepon rumah tidak dapat digunakan baik untuk panggilan keluar (*outgoing call*) maupun panggilan masuk (*incoming call*). Ini karena bila terjadi penurunan tegangan (*off hook*) pada rangkaian komparator (dengan komponen inti IC LM741) maka saluran

telepon akan langsung diblok oleh rangkaian peredam sinyal oleh IC LM555 yang berfungsi sebagai multivibrator monostabil.

4.2. Saran

Sebagai pertimbangan untuk perbaikan alat ini dan kemungkinan pengembangannya di masa mendatang, maka berikut ini adalah beberapa masukan yang diusulkan:

1. Terjadinya perbedaan hasil antara pengukuran dan perhitungan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain kualitas komponen, kondisi alat yang tidak stabil atau alat ukur yang kurang presisi. Desain alat yang masih bersifat eksperimental, khususnya dalam tata letak PCB maupun teknis pemasangan komponen dan penyolderannya juga cukup berpengaruh.
2. Pada pengembangan lebih lanjut, saklar mekanik dapat digantikan menggunakan saklar elektronis yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Sehingga bila jalur paralel ilegal telah terdeteksi dan telah dilepas dari *line* telepon, maka alarm maupun peredam sinyal tidak perlu dinonaktifkan secara manual.
3. Dalam upaya meningkatkan sekuriti, alat ini dapat dilengkapi sistem proteksi dengan kata sandi (*password*) untuk menyalakan dan mematikannya. Selain itu perangkat ini juga dapat dikemas menjadi satu dengan pesawat telepon di dalam suatu *casing* yang terkunci sehingga meminimalkan kemungkinan untuk memusnahkannya dari *line* telepon.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Fairchild Semiconductor. 2003. *1N4001-1N4007*. Fairchild Semiconductor Corporations.
- Franco, Sergio. 2003. *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*. Mc. Graw Hill Higher Education.
- Kaplan, Daniel M. White, Christopher G. 2003. *Hands-on Electronics*. Cambridge University Press.
- Leven, Andrew. 2000. *Telecommunication Circuits and Technology*. Butterworth-Heinemann.
- Maini, Anil K. 2007. *Digital Electronics: Principles, Devices and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.
- Multicomp. 2005. *BC140, 141 NPN Medium Power Transistors*. Multicomp Corporations.
- Multicomp. 2006. *BC107/BC108 Series Low Power Bipolar Transistors*, Multicomp Corporations.
- National Semiconductor. 2000. *LM741 Operational Amplifier*. National Semiconductor Corporations.
- National Semiconductor. 2006. *LM555 Timer*, National Semiconductor Corporations.
- Predko, Myke. 2005. *Digital Electronics Demystified*. Mc.Graw Hill.
- Protel. 2001. *Protel 99 SE Training Manual: PCB Design*. Protel International Limited.
- Protel. 2001. *Protel 99 SE Training Manual: Schematic Capture*. Protel International Limited.
- Robertson, Christopher R. 2008. *Fundamental Electrical and Electronic Principles*. Newnes-Elsevier. Massachussettes.
- Sinclair, Ian R. Dunton, John. 2007. *Practical Electronics Handbook*. Newnes - Elsevier. Massachussettes.
- Van der Puije, Patrick D. 2002. *Telecommunication Circuit Design*. John Wiley & Sons, Inc.