

APLIKASI SENSOR CAHAYA UNTUK ALARM ANTI PENCURI

Asita Shoman Muzaki, Arief Hendra, Wahyu Pamungkas
Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra purwokerto

ABSTRAK

Kasus pencurian di rumah kosong yang ditinggal pergi oleh pemiliknya belakangan ini marak terjadi. Berangkat dari pemikiran ini penulis mencoba merancang *alarm* yang dapat mendeteksi pergerakan seseorang saat rumah dalam kondisi kosong, ditinggalkan oleh pemiliknya. Alat ini mempunyai prinsip kerja yaitu mendeteksi bayangan seseorang yang melewati titik tertentu. Perancangan dan pembuatan perangkat ini menggunakan sensor cahaya berupa LASER dan LDR yang dirangkai dengan transistor sebagai saklar otomatis serta LED dan telepon rumah untuk melakukan panggilan kepada nomor telepon pemilik rumah. Komponen yang dipakai dalam pembuatan perangkat ini antara lain IC LM7805, LASER *pointer*, resistor, transistor BC108, LED, *relay* dan telepon rumah. Perancangan dan pembuatan alat menggunakan *software multisim* 10.1 sebagai simulator rangkaian, dan *software eagle* 5.1.1 untuk mendesain jalur rangkaian pada papan PCB. Saat cahaya LASER tidak sampai ke LDR karena terhalang oleh sesuatu, maka rangkaian output yang berupa indikator LED dan panggilan dari telepon rumah akan aktif.

Kata kunci: *alarm*, sensor cahaya, saklar otomatis, *relay*.

1. PENDAHULUAN

Tingkat pengangguran yang tinggi mengakibatkan tindak kejahatan semakin meningkat, khususnya tindakan pencurian atau perampokan yang dilakukan di perumahan atau perkantoran yang ditinggal oleh pemiliknya.

Pengamanan yang dilakukan dengan memberikan pengamanan yang konvensional yaitu dengan brankas ternyata masih menimbulkan persoalan ketika pencuri berusaha membawa lari brankas. Dari kejadian tersebut dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana melakukan pengamanan terhadap barang-barang berharga dan dapat mengetahui bila ada orang yang masuk di wilayah rumah tanpa sepengetahuan pemilik rumah.

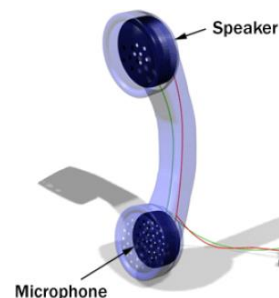
Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah menciptakan suatu sistem *alarm* yang memberikan tanda bila ada orang yang mulai memasuki wilayah rumah dengan bantuan sensor cahaya.

1.1. Telepon Rumah

Mempunyai beberapa komponen utama, antara lain:

a. *Microphone* dan *Speaker*

Microphone berfungsi untuk mengubah sinyal suara menjadi sinyal listrik yang berfluktuasi sesuai gelombang suara aslinya. Sedangkan *speaker* berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara.



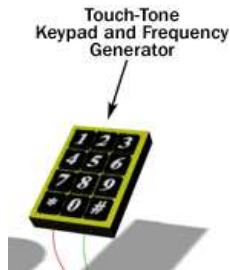
Gambar 1. *Microphone* dan *Speaker*

b. *Hook Switch*

Hook Switch berfungsi untuk menghubungkan (*connects*) dan memutuskan (*disconnects*) telepon dari jaringan telepon. *Hook switch* ini terletak pada tempat gagang telepon, sehingga jaringan hanya terhubung jika telepon diangkat.

c. *Keypad*

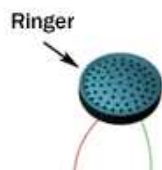
Keypad terdiri dari bermacam-macam tombol. Digitnya terdiri dari digit 0-9 serta digit * dan #.



Gambar 2. *Keypad*

d. *Ringer*

Ringer merupakan sebuah bel yang berdering untuk mengindikasikan bila ada panggilan telepon.

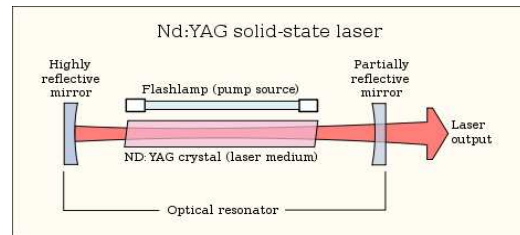


Gambar 3. *Ringer*

1.2. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

Sumber cahaya umum, seperti bola lampu *incandescent*, memancarkan foton hampir ke seluruh arah, biasanya melewati spektrum elektromagnetik dari panjang gelombang yang luas, laser biasanya memancarkan foton dalam cahaya yang sempit sehingga sinar laser dapat terfokus pada satu titik.

Konstruksi dari sebuah laser dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4. Konstruksi Laser

Pump source adalah bagian yang menghasilkan energi kepada sistem laser (sebagai pembangkit). *Laser medium* adalah bagian yang menentukan operasi panjang gelombang dari sebuah laser.

Optical resonator dalam bentuk paling sederhana adalah dua buah cermin yang mempunyai tingkat refleksi yang berbeda. Cermin dengan tingkat refleksi yang tinggi ditempatkan di bagian belakang dari *laser medium*, sedangkan cermin dengan tingkat refleksi rendah akan ditempatkan membelakangi *output* laser (sebagai *output coupler*).

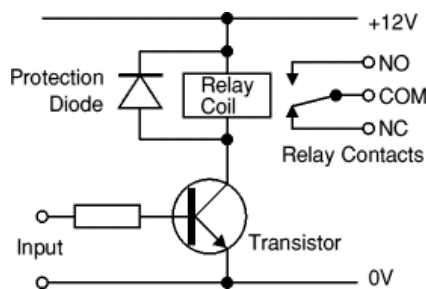
1.3. Light Emitting Diode (LED)

LED terbuat dari berbagai material setengah penghantar campuran seperti misalnya *gallium arsenida fosfida* (GaAsP), *gallium fosfida* (GaP), dan *gallium aluminium arsenida* (GaAsP). Karakteristik LED yaitu jika diberi *forward bias*, maka pertemuan arus akan mengeluarkan cahaya dan warna cahaya bergantung pada jenis dan kadar material pertemuan. Ketandasan cahaya berbanding lurus dengan arus maju yang mengalirinya. Dalam kondisi menghantar, tegangan maju pada LED merah adalah 1,6 sampai 2,2 volt, LED kuning 2,4 volt, LED hijau 2,7 volt. Sedangkan tegangan terbaik maksimum yang

diperbolehkan pada LED merah adalah 3 volt, LED kuning 5 volt, LED hijau 5 volt.

1.4. Diode proteksi

Sinyal *diode* biasanya juga digunakan untuk melindungi transistor dan IC dari tegangan ringkas yang dihasilkan ketika sebuah Relay *coil* dimatikan. Gambar di bawah memperlihatkan bagaimana sebuah *protection diode* dihubungkan dengan Relay *coil*.

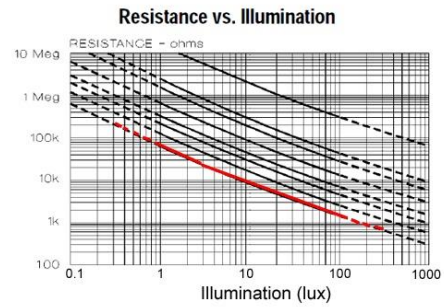


Gambar 5. Pengaplikasian *Diode* Proteksi

Protection diode memungkinkan tegangan listrik untuk mengarahkan satu arus ringkas melalui *coil* (dan *diode*) sehingga medan magnet menghilang dengan cepat dibandingkan dengan tanpa dioda. Hal ini mencegah tegangan listrik terimbas menjadi cukup tinggi untuk menyebabkan kerusakan terhadap transistor dan IC

1.5. Light Dependent Resistor (LDR)

LDR dibuat dari bahan semikonduktor beresistansi tinggi yang tidak dilindungi dari cahaya. Jika cahaya yang mengenainya memiliki frekuensi yang cukup tinggi, foton yang diserap oleh semikonduktor akan menyebabkan elektron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Elektron bebas yang dihasilkan akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Antara Resistansi LDR dengan Kadar Cahaya^[15]

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa semakin terang pencahayaan yang mengenai LDR, maka resistansinya akan semakin mengecil. Jadi, resistansi LDR berbanding terbalik dengan iluminasi/ kadar cahaya yang mengenainya.

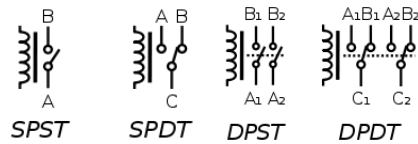
1.6. Relay

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara elektrik. Arus yang mengalir melalui kumparan relay menciptakan medan magnet yang menarik tuas dan merubah kontak saklar. Arus kumparan dapat di-“on” atau “off”-kan sehingga relay memiliki dua posisi saklar.

Ada beberapa jenis relay antara lain:

- Single Pole Single Throw* (SPST) mempunyai satu kutub (*common*) dan satu kaki sebagai *output* dari relay (*single switch*).
- Single Pole Double Throw* (SPDT) mempunyai satu kutub (*common*) dan dua kaki sebagai *output* relay (*double switches*).
- Double Pole Single Throw* (DPST) mempunyai dua kutub (*common*) dan masing-masing satu kaki sebagai *output* relay (*single switch*).

- d. *Double Pole Double Throw* (DPDT) mempunyai dua kutub (*common*) dan masing-masing dua kaki sebagai *output* relay (*double switches*).



Gambar 7. Jenis-jenis Relay

1.7. Voltage Divider Transistor

Untuk dapat mengoperasikan transistor, diperlukan rangkaian pembiasan. Bias bagi tegangan digunakan dalam perangkat untuk membandingkan 2 buah resistor basis yang kemudian dapat diatur sesuai kebutuhan. Dengan asumsi nilai $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ (*silicone transistor*), maka titik operasi (Q) dapat dihitung:

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$V_{BB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} \quad (2)$$

$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta_{DC} + 1) \cdot R_E} \quad (3)$$

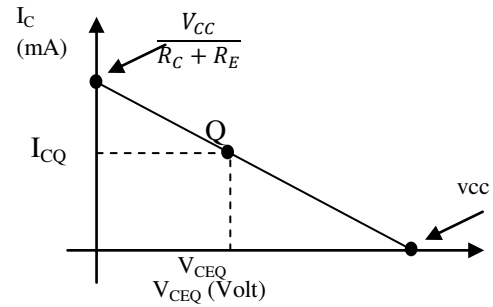
$$I_{CQ} = \beta_{DC} \cdot I_{BQ} \quad (4)$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot (R_C + R_E) \quad (5)$$

Nilai maksimal dari arus dan tegangan dapat ditentukan dengan persamaan garis beban, dan dapat dibentuk dalam diagram berikut:

$$I_C = 0 \rightarrow V_{CC} = V_{CE} \quad (6)$$

$$V_{CE} = 0 \rightarrow V_{CC} = I_C \cdot (R_C + R_E) \rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \quad (7)$$



Gambar 8. Garis Beban DC Untuk Rangkaian Bias Pembagi Tegangan

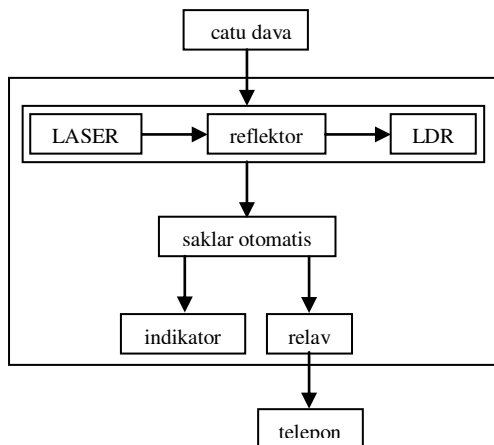
2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan perangkat ini, jenis metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental. Metode ini dilakukan guna 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 Sistem

Secara umum, konfigurasi *alarm* dengan sistem kerja saklar otomatis terdiri dari *input*, pensaklaran otomatis, dan *output*. Dalam perancangan dan pembuatan alat ini, diperlukan beberapa komponen utama, antara lain LASER dan LDR sebagai *input*, transistor sebagai saklar otomatis, dan relay yang berfungsi untuk menghubungkan rangkaian keluaran dengan telepon rumah yang sudah disiapkan.

Bentuk blok diagram *alarm* anti pencuri dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah:



Gambar 9. Blok Diagram Alat

Input dari rangkaian terdiri dari reflektor berupa cermin untuk memantulkan sinar yang dihasilkan oleh LASER dan LDR sebagai sensor yang mengawasi keberadaan sinar LASER. Saklar otomatis akan memutuskan dan menyambungkan aliran arus pada kondisi tertentu. *Output* dari rangkaian yang dibuat terdiri dari indikator berupa LED dan sambungan ke relay yang berfungsi untuk mengaktifkan tombol *redial* pada pesawat telepon.

2.2. Perancangan Rangkaian

2.2.1. Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya ini digunakan untuk memberikan tegangan masukan sebesar 5 volt pada rangkaian alat. Rangkaian catu daya ini terdiri dari beberapa blok rangkaian antara lain:

a. *Transformer*

Transformer yang dipakai adalah jenis *transformator step down*. Tegangan masukan dari PLN sebesar 220 V diturunkan menjadi 12 V dengan nilai arus 1 A. Tegangan puncak pada *transformator* dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_P = \frac{V_{rms}}{0,707} \quad (8)$$

Jadi,

$$V_P = \frac{12}{0,707} = 16,97 \text{ V}$$

b. *Penyearah (rectifier)*

Penyearah yang digunakan adalah jenis penyearah jembatan yang terdiri dari empat buah dioda. Arus bolak-balik (AC) dari *transformator* diubah menjadi arus searah (DC) untuk mencatu IC *regulator*. Besar tegangan DC yang dihasilkan oleh penyearah ini yaitu sebesar:

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi} \quad (9)$$

Jadi,

$$V_{DC} = \frac{2 \times 16,97}{\pi} = 10,81 \text{ V}$$

c. *Filter (smoothing)*

Filter terdiri dari kapasitor polar yang disusun paralel dengan *output* dari penyearah jembatan. Efek arus AC yang masih ada pada arus DC konstan diminimalkan sehingga tegangan *ripple* akan berkurang. Semakin besar nilai kapasitor yang digunakan, maka akan semakin mengurangi tegangan *ripple*.

$$V_{rip} = \frac{I}{fC} \quad (10)$$

Dengan:

$$f = 2f_{in} = 2 \times 60 \text{ Hz} = 120 \text{ Hz}$$

$$C = 220 \mu\text{F}$$

Jadi,

$$V_{rip} = \frac{1}{120 \times 0,22} = 0,038 \text{ V}$$

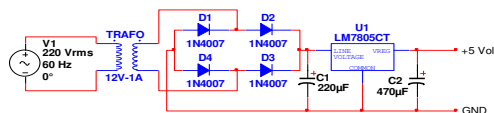
d. *Regulator*

Voltage regulator berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran dari penyearah. *Regulator* yang digunakan adalah IC jenis LM7805 yang berfungsi untuk

menghasilkan tegangan keluaran sebesar 5 volt.

Dari perhitungan di sisi *output* dari penyearah tegangan dihasilkan tegangan keluaran sebesar 10,81 volt. tegangan ini adalah tegangan masukan yang mencatu IC LM7805. Dari *datasheet* IC LM7805, diketahui tegangan *input* yang diperbolehkan untuk mencatu IC yaitu antara 7 volt - 20 volt, dan akan menghasilkan tegangan *output* sebesar 4,80 volt – 5,20 volt.

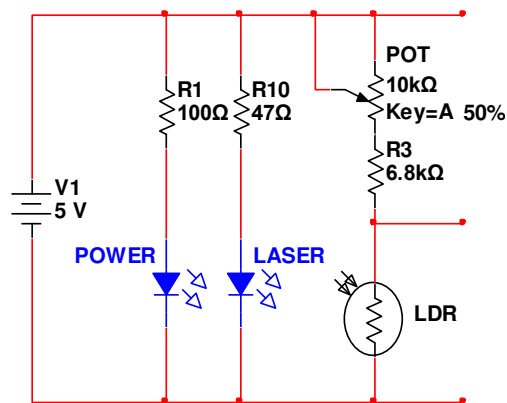
Berikut ini merupakan gambar rangkaian catu daya yang digunakan pada alat:



Gambar 10. Rangkaian Catu Daya Alarm

2.2.2. Rangkaian Sensor (*sensor part*)

Berikut ini gambar rangkaian penyalas laser dan rangkaian pengindikasi:



Gambar 11. Rangkaian Sensor (*Sensor Part*)

Pada rangkaian penyalas LASER dipasang resistor seri 47 Ω guna membatasi arus yang mencatu LASER sehingga perangkat LASER tidak mudah rusak.

Berikut ini adalah perhitungan mencari besar nilai resistor seri pada rangkaian LASER:

Diketahui:

V_{in} = Tegangan sumber (5 V)

V_{LASER} = Tegangan LASER diberikan 2V (maksimal dari *datasheet* 2,7 V)

I = Arus yang melewati LASER (*typical* dari *datasheet* 55 mA)

Sehingga,

$$V_{in} = V_R + V_{LASER} \quad (11)$$

$$5 V = R_s \cdot I + 2 V$$

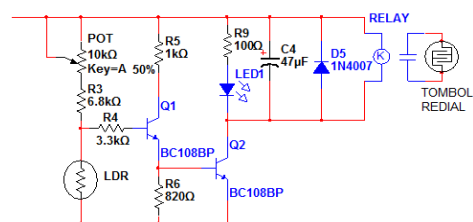
$$\rightarrow R_s \cdot I = 3 V$$

Maka,

$$R_s = \frac{3 V}{0,055 A} = 54,545 \Omega$$

Pada rangkaian pengindikasi, diberikan potensiometer 10 KΩ yang berfungsi untuk membatasi arus yang melewati rangkaian, dan juga dimanfaatkan untuk mengatur sensitifitas LDR. Semakin kecil harga potensiometer, maka nilai sensitifitas LDR akan semakin tinggi. Artinya, nilai tahanan LDR yang dibutuhkan untuk mengaktifkan *output* akan semakin kecil.

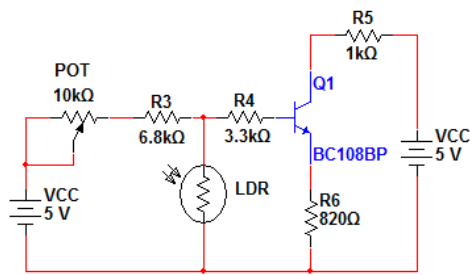
2.2.3. Rangkaian Transistor



Gambar 12. Rangkaian Saklar Otomatis

Dalam gambar, ada 2 buah transistor dengan rangkaian *darlington transistor* yang berfungsi untuk menaikkan arus.

Rangkaian ekuivalen transistor Q1:



Gambar 13. Rangkaian Ekuivalen Transistor Q1

Berdasarkan gambar di atas, R_B dan V_{BB} dapat diperoleh:

$$R_B = ((POT + R_3) // LDR) + R_4 \quad (12)$$

$$V_{BB} = \frac{LDR}{POT + R_3 + LDR} \cdot V_{CC} \quad (13)$$

Dengan:

R_B = Tahanan Basis (Ω)

R_C = Tahanan Kolektor (Ω)

R_E = Tahanan Emitor (Ω)

POT = Tahanan Potensiometer (akan diset dalam tiga kondisi yaitu saat bernilai $1K\Omega$, $5K\Omega$ dan $10K\Omega$)

LDR = Tahanan LDR (ada dua kondisi, yaitu saat keadaan gelap, bernilai $> 2M\Omega$ dan saat keadaan terang, bernilai $< 1K\Omega$)

V_{BB} = Tegangan Basis

V_{CE} = Tegangan Kolektor-Emitor

V_{CC} = Tegangan Sumber (5 volt)

V_{BE} = Tegangan Basis-Emitor (0,7 volt)

Tabel 1. Perhitungan Transistor Q1 Saat

Kondisi Gelap ($LDR > 2M\Omega$)

POT (Ω)	R_B (Ω)	V_{BB} (V)	I_{BQ1} (μA)	I_{CQ1} (mA)	V_{CEQ1} (V)
1K	11K	4,98	45,619	4,562	-3,303
5K	15K	4,97	43,652	4,365	-2,945
10K	20K	4,958	41,412	4,141	-2,537

Tabel 2. Perhitungan Transistor Q1 Saat

Kondisi Terang ($LDR < 1K\Omega$)

POT (Ω)	R_B (Ω)	V_{BB} (V)	I_{BQ1} (μA)	I_{CQ1} (mA)	V_{CEQ1} (V)
1K	418,364	0,568	-1,517	-0,152	5,276
5K	4221,875	0,391	-3,554	-0,355	5,647
10K	4243,82	0,281	-4,814	-0,481	5,876

Arus kolektor dari transistor Q2 dicari dengan persamaan:

$$I_{CQ2} = I_{EQ1} \cdot \beta_{DC} \quad (14)$$

Dengan:

$$I_{EQ1} = I_{BQ2}$$

= Arus yang melewati basis transistor Q2 (diasumsikan sama dengan nilai I_{CQ1}) (mA)

I_{CQ2} = Arus yang melewati kolektor (A)

Tabel 3. Perhitungan Transistor Q2 Saat

Kondisi Gelap ($LDR > 2M\Omega$)

POT (Ω)	I_{BQ2} (mA)	I_{CQ2} (A)
1K	4,562	0,456
5K	4,365	0,436
10K	4,141	0,414

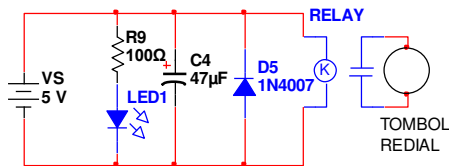
Tabel 4. Perhitungan Transistor Q2 Saat

Kondisi Terang ($LDR > 1K\Omega$)

POT (Ω)	I_{BQ2} (mA)	I_{CQ2} (A)
1K	-0,152	-0,015
5K	-0,355	-0,035
10K	-0,581	-0,058

2.2.4. Rangkaian Output

Output rangkaian berupa LED dan relay dengan tegangan masukan 5 volt. Rangkaian LED diparalel dengan relay, bertujuan agar keduanya dapat aktif secara bersamaan.

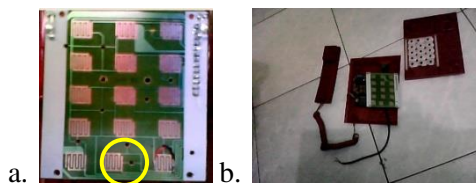


Gambar 14. Rangkaian *Output*

Pada rangkaian relay diparalel dengan kapasitor 47 μ F untuk menghilangkan *bouncing*^[14] dan dioda proteksi yang berfungsi untuk melindungi komponen lain dari medan magnet yang jatuh secara tiba-tiba.

2.2.5. Perancangan *Auto Dial*

Pada *output relay* disambungkan kabel *jumper* yang akan dihubungkan dengan *slot redial* pada pesawat telepon. Berikut merupakan gambar pemasangan *auto dial* yang terhubung dengan rangkaian:



Gambar 15. Koneksi *Auto Dial* Pada Pesawat Telepon. a. Koneksi Kabel Ke *Slot Redial* b. Rangkaian *Auto Dial*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Rangkaian

Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan perencanaan atau belum.

Presentase kesalahan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$Error = \left| \frac{ns - np}{ns} \right| \cdot 100\% \quad (15)$$

Dengan:

Error = Persentase kesalahan yang terjadi (%)

ns = Hasil perhitungan

np = Hasil pengukuran

3.1.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian catu daya bertujuan untuk mengukur nilai tegangan keluaran trafo, penyearah jembatan, dan tegangan keluaran dari *regulator*.

Tabel 5. Hasil Uji Rangkaian Catu Daya

Perhitungan			Pengukuran			<i>Error</i> (%)		
V_P (V)	$V_{rectifie}$ r (V)	V_{reg} g (V)	V_P (V)	$V_{rectifie}$ r (V)	V_{reg} r (V)	V_P	$V_{rectifie}$ r	V_{reg} g
16,9 7	10,81	5	14,6 5	11,24	5,1 1	13,67 1	3,978	2,2

3.1.2. Pengujian Rangkaian Transistor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai arus basis pada rangkaian transistor Q1 (*input*) dan arus kolektor pada transistor Q2 (*output*).

Tabel 6. Hasil Uji Rangkaian Transistor

Kondisi	Perhitungan			Pengukuran			<i>Error</i> (%)		
	POT (K Ω)	I_{bQ1} (μ A)	I_{cQ2} (A)	POT (K Ω)	I_{bQ1} (μ A)	I_{cQ2} (A)	POT	I_{bQ1}	I_{cQ2}
Gelap	1	45,619	0,456	1,01	39,2	0,4	1	14,07	14
	5	43,652	0,436	4,94	39,1	0,4	1,2	10,428	8,257
	10	41,412	0,414	10,28	38,2	0,4	2,8	7,756	3,382
Terang	1	-1,517	-0,015	1,01	-1,7	-0,02	1	12,063	33,333
	5	-3,554	-0,035	4,94	-3	-0,03	1,2	15,588	14,286
	10	-4,814	-0,048	10,28	-4	-0,04	2,8	16,909	16,667

3.1.3. Pengujian Rangkaian *Input*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai arus dan tegangan pada LASER serta tahanan LDR saat kondisi terang dan gelap.

Tabel 8. Hasil Uji Rangkaian Penyalas LASER

Perhitungan		Pengukuran		Error (%)	
I_{LASER} (mA)	V_{LASER} (V)	I_{LASER} (mA)	V_{LASER} (V)	I_{LASER}	V_{LASER}
55	2	63,0	1,88	14,545	1%

Tabel 9. Hasil Uji Nilai Tahanan LDR

Kondisi	Tahanan Terukur (Ω)
Malam hari, terkena cahaya bulan	>2M
Dalam ruangan, siang hari	987K
Terang, terkena cahaya LASER	30,4K
Terang, tidak terkena matahari langsung	7,56K
Terang, terkena cahaya matahari langsung	3,04K

3.1.4. Pengujian Nilai Tahanan Input Minimal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan minimal yang dibutuhkan suatu LDR untuk dapat mengaktifkan *output*.

Tabel 10. Pengujian Nilai Tahanan Input

Nilai Tahanan POT (Ω)	Tahanan LDR (Ω)	Kondisi
1K	0	Mati
	4,21K	Transisi dari Mati ke Nyala
	100K	Nyala
5K	0	Mati
	5,74K	Transisi dari Mati ke Nyala
	100K	Nyala
10K	0	Mati
	6,5K	Transisi dari

		Mati ke Nyala
	100K	Nyala

3.2. Pengujian Sistem

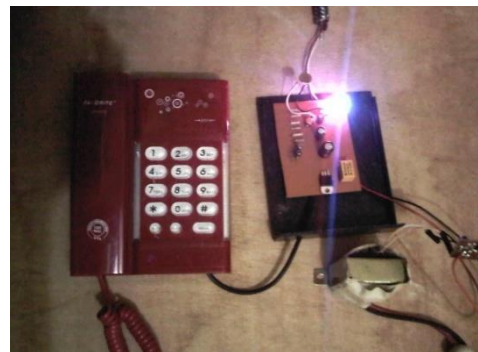
Pengujian sistem dilakukan untuk menguji apakah rangkaian sudah berjalan sesuai dengan sistem yang telah ditentukan.

Kondisi pertama yaitu saat alat dinyalakan dan sinar LASER langsung mengenai LDR tanpa ada halangan.



Gambar IV.8. Pengujian Sistem Saat Kondisi LDR Tekena Cahaya LASER

Kondisi Kedua yaitu saat alat dinyalakan dan sinar LASER tidak mengenai LDR karena terhalang oleh benda.



Gambar IV.9. Pengujian Sistem Saat Cahaya LASER Terhalang Oleh Benda

4. KESIMPULAN

1. *Alarm* anti pencuri dapat dibuat dengan menggunakan sinar LASER dan LDR sebagai sensor cahaya.

2. Pada pengujian catu daya terjadi persentase *error* sebesar 13,671%, 3,978%, dan 2,2% yang disebabkan karena naik turunnya tegangan PLN.
3. Pada pengujian rangkaian transistor *error* terjadi karena nilai potensiometer dan nilai LDR yang tidak sama persis dengan saat pengukuran.
4. Pada pengujian rangkaian penyalas LASER terjadi persentase *error* yang disebabkan karena nilai tahanan yang dibutuhkan yaitu sebesar 54,545 Ω tidak dapat ditemukan di pasaran, sehingga dipakai nilai tahanan yang mendekati hasil perhitungan yaitu sebesar 47 Ω .
5. Dari pengujian nilai tahanan *input* minimal dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai potensiometer yang digunakan, maka nilai tahanan minimal yang dibutuhkan untuk menyalakan *output* juga akan bertambah besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous. Diodes
<http://www.kpsec.freeuk.com/components/diodes.htm>
Diakses pada tanggal 13 Oktober 2010 pukul 15.00 wib
2. Anonymous. LED
<http://www.kpsec.freeuk.com/components/led.htm>
Diakses pada tanggal 13 Oktober 2010 pukul 15.00 wib
3. Anonymous. Relay
<http://www.kpsec.freeuk.com/components/relay.htm>
Diakses pada tanggal 13 Oktober 2010 pukul 15.00 wib
4. Anonymous. Sejarah Transistor
http://www.unej.ac.id/fakultas/mipa/web_fisika/webkuliah/diktatedas1/10sepuluh.pdf
Diakses pada tanggal 13 Oktober 2010 pukul 15.00 wib
5. Anonymous. 2008. Percobaan 5 transistor sebagai saklar. Teknik Elektro STEI ITB. Bandung.
6. Arifin, Irwan. 2004. Elektronika I.
7. Diktat kuliah elektronika. 2009. AKATEL Sandhy Putra Purwokerto.
8. Malvino, Albert Paul. 2003. Prinsip-Prinsip Elektronika. Jakarta: Salemba Teknik.
9. Prasetyono, Dwi Sunar. 2003. Belajar Sistem Cepat Elektronika. Yogyakarta: Absolut.
10. Suratman. 2001. Kamus Elektronika. Bandung: CV, Pustaka Grafika.
11. Wibawanto, Hari. 2007. Elektronika Dasar: Pengenalan Praktis. Semarang.
12. Yuliana, Mike. Pesawat Telepon
<https://lecturer.eeips-its.edu/~mieke/dasartelephony/toeri/t2-pesawat%20telepon.pdf>
Diakses pada tanggal 20 November 2010 pukul 16.00 wib
13. Zamidra Zam, Efvy. 2005. Panduan Praktis Belajar Elektronika. Surabaya: Indah.