

# Rancang Bangun Alat Pendeteksi dan Penanggulangan Kebocoran Gas LPG Berbasis Sensor TGS2610

## *Design and Build Detector and Overcome LPG Gas Leakage Based TGS2610 Sensor*

**Rida Angga Kusuma**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Komputer Indonesia

[Rida\\_angga@yahoo.co.id](mailto:Rida_angga@yahoo.co.id)

### **Abstrak**

Dalam penelitian ini telah dirancang suatu sistem pendeteksi kebocoran gas elpiji serta cara penanggulangannya yang bekerja secara otomatis. Sistem mekanik akan membuka tuas yang berada di dalam regulator gas ketika sensor mendeteksi adanya kebocoran gas elpiji di sekitar sumber gas tersebut dengan bunyi alarm yang nyaring, sehingga kejadian kecelakaan ledakan dan kebakaran dapat dihindari. Sensor yang digunakan pada perancangan penelitian ini menggunakan tipe TGS2610 dimana sistem pendeteksian gas Elpiji dilakukan berdasarkan perbandingan tegangan keluaran dari sensor gas terhadap kadar gas yang ada di udara.

Sistem mekanik yang digunakan untuk menggerakkan tuas regulator gas adalah dengan motor servo yang putarannya di kontrol dengan sejumlah pulsa tertentu, sehingga ketika memasang dan melepas regulator gas dapat dilakukan hanya dengan satu tombol saja melalui panel kontrol. Rangkaian sistem pendeteksi gas Elpiji ini dilengkapi dengan baterai cadangan sehingga jika terjadi padam listrik dari PLN rangkaian akan tetap bekerja dengan baik. Dengan desain mekanik yang telah dirancang, regulator gas dapat diganti dengan mudah dengan ukuran yang umum beredar di pasaran.

**Kata Kunci:** detektor gas lpg, TGS2610, motor servo

### **Abstract**

*In this research has designed LPG leak gas detection system along with to overcome that works automatically. The mechanic system will open stem in the gas regulator when the sensor detecting of LPG gas leakage around the gas source with a loud alarm sound, so the incidence of accidental explosions and fires can be avoided. Sensor is used in the design of this research using TGS2610 type which of LPG gas detection system is based on comparison of the output voltage from the gas sensor to the gas levels on the air. The Mechanic system is used to move the gas regulator stem is a servo motor that spins in control with a certain pulse, so when installing and removing the gas regulator can be done with a single button from control panel. The LPG gas detection system is equipped with a battery backup so in case of electric outages from PLN the circuit will keep work fine. With a mechanical design that has been designed, the gas regulator can be replaced easily by the size of the general market.*

**Keywords:** LPG gas detector, TGS2610, servo motors.

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Maraknya kebakaran dan kecelakaan yang disebabkan oleh bocor dan meledaknya tabung gas elpiji akhir-akhir ini, menjadi hal yang menakutkan bagi masyarakat pengguna gas tersebut. Maraknya kejadian tersebut tidak hanya menimbulkan kontroversi tapi juga ancaman dari berbagai kalangan terhadap pemerintah yang telah

melakukan konversi gas. Elpiji sudah tidak lagi menjadi barang mewah, dan telah menjelma menjadi barang kebutuhan rumah tangga modern. Meskipun demikian, kewaspadaan saat menggunakan gas elpiji tidak boleh dilupakan. Apalagi belakangan ini telah banyak beredar tabung gas palsu tanpa logo Standar Nasional Indonesia (SNI). Salah satu resiko penggunaan gas elpiji adalah terjadinya kebocoran pada sela-sela tabung atau instalasi gas tersebut.

Pada awalnya gas elpiji tidak berbau, tetapi bila demikian akan sulit di deteksi apabila terjadi kebocoran pada tabung gas. Menyadari hal tersebut, Pertamina menambahkan gas mercaptane, yang baunya khas dan menusuk hidung. Langkah ini sangat berguna untuk mendeteksi bila ada kebocoran tabung gas. Melalui gas mercaptane tersebut masyarakat sudah dapat menghindari ledakan gas elpiji, yaitu dengan cara pendeteksian bau gas dengan indra pencium/hidung. Namun karena terkadang tidak dihiraukan dan tidak menjadikannya waspada sehingga kecelakaan yang diakibatkan oleh kebocoran tabung gas pun tidak dapat dihindari. Gas elpiji terkenal dengan sifatnya yang mudah terbakar sehingga kebocoran peralatan elpiji beresiko tinggi terhadap kebakaran. Dikarenakan sifatnya yang sangat sensitif, maka perlu adanya perhatian khusus terhadap bahan bakar jenis ini.

Berdasarkan latar belakang diatas, timbul pemikiran mencoba diwujudkan suatu sistem pendeteksi bau gas elpiji yang dilengkapi dengan LED indikator dan alarm peringatan dini jika terjadi kebocoran di sekitar tabung gas elpiji. Selain itu sistem ini juga dilengkapi dengan mekanik pengendali katup gas yang dapat menutup secara otomatis jika terdeteksi adanya gas yang bocor dan membuka ketika dalam keadaan normal.

## B. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan mengimplementasikan suatu sistem yang dapat mendeteksi adanya kebocoran gas elpiji dengan menggunakan sensor TGS2610.
2. Mengkondisikan sistem rangkaian sensor TGS2610 agar sesuai dengan sistem pendeteksi gas elpiji yang diinginkan.
3. Mengaplikasikan sistem rangkaian sensor TGS2610 sebagai sensor pendeteksi gas pada saat terjadi bahaya kebocoran gas elpiji serta cara menanggulangannya.

## C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor gas TGS2610.
2. Peringatan tanda bahaya dari kebocoran gas akan ditampilkan melalui indikator LED dan bunyi dari buzzer.

3. Penanggulangan dini terhadap kebocoran gas adalah dengan menutupnya katup gas pada regulator secara otomatis sehingga mengakibatkan tidak adanya aliran gas yang keluar dari tabung elpiji.
4. Untuk penyesuaian karakteristik sensor gas, digunakan rangkaian komparator sebagai pembanding tegangan.
5. Sistem yang dibuat tidak mendeteksi dimana sumber kebocoran gas elpiji.

## II. DASAR TEORI

### A. Alat Pendeteksi Gas Elpiji

Alat pendeteksi gas elpiji yang sudah beredar dipasaran pada umumnya terdiri dari beberapa rangkaian sensor gas sebagai alat pendeteksinya dan beberapa rangkaian tambahan lainnya dengan keluaran berupa bunyi alarm buzzer sebagai peringatan jika terjadi kebocoran gas elpiji. Alat ini hanya berfungsi sebagai peringatan saja melalui bunyi alarm jika terjadi kebocoran gas elpiji dan tidak ada sistem *backup* jika terjadi mati listrik dari PLN.

### B. Sensor Gas

Sudah banyak di pasaran beredar sensor dengan berbagai jenis dan tipe untuk mendeteksi bau gas, salah satunya adalah tipe TGS 2610. Sensor TGS 2610 adalah suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera bau gas elpiji produksi FIGARO yang berasal dari Jepang. Sensor ini terkenal dengan kualitas dan kemudahan untuk mendapatkannya. Disini dapat dikemukakan bahwa pengindera gas semacam itu dapat dikatakan sebagai resistor dengan *Negative Pollution Coefficient* (NPC). Karena secara teknis sensor gas tersebut sama dengan resistor NPC, maka semakin tinggi konsentrasi gas yang tidak diinginkan, maka nilai hambatannya akan semakin rendah.



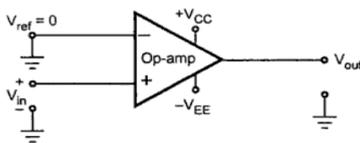
Gambar 1. Sensor TGS2610

### C. Komparator (pembanding)

Komparator merupakan sebuah rangkaian pembanding yang menggunakan dua tegangan masukan dan memiliki satu tegangan keluaran. Bila tegangan masukan di bagian positif lebih besar dari tegangan masukan di bagian negatif, maka pembanding akan menghasilkan tegangan keluaran yang tinggi. Bila masukan tegangan positif lebih kecil dari tegangan masukan negatif maka tegangan keluarannya rendah.

**D. Komparator Tak-Membalik (Non-Inverting Comparator)**

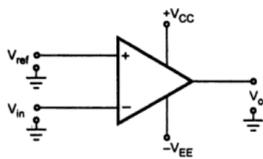
Pada rangkaian komparator *non-inverting*, tegangan input dipasang pada saluran positif (+) dari *Op-Amp*. Sehingga pada saluran input pada bagian *inverting*-nya dihubungkan ke *ground*. Tegangan masukan komparator di simbolkan dengan  $V_{in}$  dan tegangan referensinya disimbolkan dengan  $V_{ref}$ .



**Gambar 2.** Komparator *Non-Inverting*

**E. Komparator Membalik (Inverting Komparator)**

Pada rangkaian komparator *inverting* tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) pada saluran positif (+) dan tegangan input ( $V_{in}$ ) pada saluran negatif (-). Ketika tegangan input  $V_{in}$  kurang dari tegangan referensi  $V_{ref}$ , maka tegangan keluarannya akan mendekati tegangan  $+V_{CC}$ .

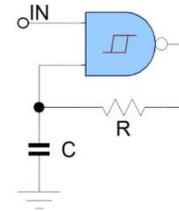


**Gambar 3.** Komparator *Inverting*

**F. Osilator**

Osilator adalah sebuah alat atau *device* yang menghasilkan suatu sinyal dengan frekuensi dan amplitudo tertentu. Konfigurasi rangkaian sebuah osilator tergantung pada frekuensi yang diinginkan. Rangkaian osilator untuk membangkitkan frekuensi rendah, pada frekuensi 20 Hz – 20kHz yang stabil dapat menggunakan osilator dengan IC CMOS yang keluarannya berupa gelombang

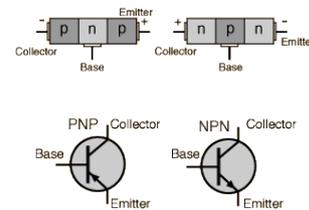
persegi. Pembangkitan frekuensi osilator dengan CMOS dapat dikendalikan melalui jalur inputnya. Agar osilator CMOS bisa aktif, masukannya harus memiliki kondisi tinggi.



**Gambar 4.** Osilator Terkendali dengan CMOS

**G. Transistor sebagai Saklar**

Transistor merupakan salah satu jenis komponen aktif yang tersusun dari *monokristal semikonduktor* dengan menggunakan prinsip pertemuan antara P-N. Transistor pada prinsipnya dibangun dari sebuah dioda sambungan (*junction*) yang sambungannya itu membentuk sebuah transistor PNP atau NPN. Transistor mempunyai tiga buah kaki yang dikenal dengan emitor, kolektor dan basis. Basis selalu berada di tengah, di antara kolektor dan emitor. Bahan utama yang di pergunakan untuk transistor adalah *silikon* dan *germanium*. Transistor pertama kali ditemukan oleh tiga fisikawan amerika, yaitu William Schockley, John Bardeen dan Walter Brattain pada tahun 1948.



**Gambar 5.** Simbol Transistor PNP dan NPN

**H. Buzzer**

Buzzer adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengubah getaran/vibrasi yang beresonansi menjadi gelombang suara yang berasal dari sinyal listrik dengan frekuensi tertentu. Buzzer terbuat dari elemen *piezoceramics* pada suatu diafragma yang dapat bergetar. Buzzer dapat di aktifkan dengan memberikan sinyal AC dengan tegangan dan frekuensi tertentu. Pada umumnya buzzer dapat bekerja dengan tegangan minimal 3V dan maksimal 28 V dengan arus sekitar 20 mA.



Gambar 6. Bentuk Fisik Buzzer

**I. Motor Servo**

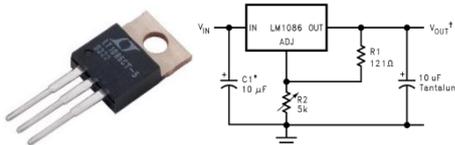
Motor servo merupakan sebuah motor DC yang dilengkapi dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo sedangkan sudut dari motor servodiatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo tersebut.



Gambar 7. Bentuk Fisik Motor Servo

**J. Regulator Tegangan Catu Daya**

Catu daya merupakan salah satu rangkaian yang memiliki peranan yang sangat penting agar rangkaian yang di catu dapat bekerja. Jika rangkaian dalam perangkat elektronika tidak diberikan catu daya dengan baik, maka kinerja rangkaian yang di catu juga tidak akan baik. Secara umum ada dua jenis catu daya, yaitu catu daya tegangan tetap dan catu daya tegangan variabel. Catu daya tegangan tetap adalah catu daya yang memiliki keluaran tegangan yang tetap dan tidak bisa diatur. Sedangkan catu daya variabel merupakan catu daya yang tegangan keluarannya dapat di atur dengan range tertentu.

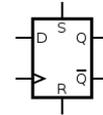


Gambar 8. Bentuk dan Rangkaian IC Regulator LM1086

**K. D Flip-flop**

D Flip-flop adalah rangkaian flip-flop yang memiliki dua keadaan yang stabil, yaitu tinggi dan rendah. Keluaran ini akan tetap rendah atau tinggi

sampai terdapat tegangan pemicu pada masukan clock nya. Pada kondisi dua keadaan yang stabil ini disebut juga sebagai multivibrator bistabil. Pemanfaatan multivibrator bistabil ini dapat digunakan sebagai saklar digital yang keluarannya memiliki dua keadaan stabil, yaitu kondisi 1 dan kondisi 0.



Gambar 9. Simbol D Flip-flop

Tabel 1. Tabel Kebenaran D Flip-flop

Input			Output		
Set	Reset	CLK	D	Q	Q̄
0	1	X	X	1	0
1	0	X	X	0	1
0	0	X	X	Tidak stabil	
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1

**L. Multivibrator Astabil**

Multivibrator astabil merupakan sebuah multivibrator yang keluarannya mempunyai dua keadaan namun tidak stabil pada salah satu keadaannya. Dalam waktu tertentu keadaannya akan berubah pada keadaan yang lain. Perpindahan keadaan pada keluaran multivibrator astabil ini menghasilkan suatu gelombang segi empat dengan periode tertentu. Multivibrator astabil dapat dibuat dengan menggunakan IC pewaktu 555 sebagai pembangkitnya.

**M. Charger Baterai**

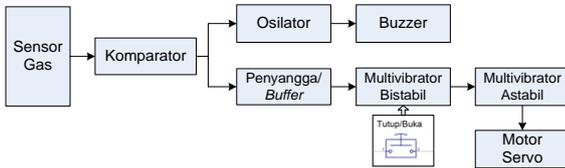
Charger baterai merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengisi energi dari baterai yang telah habis dipakai. Banyak jenis dan tipe charger yang beredar dipasaran dari charger biasa sampai dengan charger otomatis. Untuk pengisian baterai jenis Li-ion tidak boleh sampai terlalu lama dalam pengisiannya karena akan mengakibatkan baterai menjadi overcharged akan mengurangi umur baterai tersebut atau bahkan dalam keadaan tertentu bisa merusaknya.



Gambar 10. Charger Baterai yang Umum di Pasaran

### III. CARA KERJA DAN PERANCANGAN SISTEM

Blok diagram sistem ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 11.** Blok Diagram Sistem

Blok diagram diatas dapat dijelas-kan bahwa sensor gas mendeteksi adanya bau gas yang akan mempengaruhi nilai hambatan internal pada sensor gas tersebut. Semakin kecil nilai hambatan internal dari sensor gas tersebut, maka tegangan keluaran yang dihasilkan akan semakin besar. Rangkaian komparator berfungsi untuk membandingkan tegangan masukan dari sensor dengan tegangan referensi. Ketika tegangan masukan dari sensor lebih besar dari tegangan referensi, maka keluaran dari komparator akan tinggi sehingga akan mengaktifkan rangkaian osilator. Rangkaian osilator akan menghasilkan frekuensi sekitar 80 Hz yang dapat terdengar keras oleh telinga.

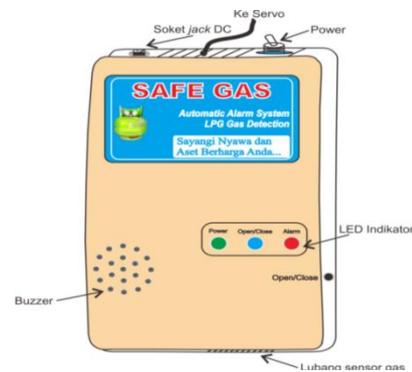
Rangkaian multivibrator bistabil berfungsi untuk mengontrol putaran servo, dimana rangkaian ini membuat keluarannya menjadi dua keadaan yang stabil pada saat ada *trigger* yang berasal dari rangkaian *buffer*. Dalam hal ini ketika keluaran dari multivibrator bistabil bernilai 1 maka motor servo berputar +90 derajat, sedangkan jika keluaran multivibrator bernilai 0 maka motor servo akan berputar -90 derajat. Keluaran dari rangkaian multivibrator dapat dikondisikan 1 atau 0 melalui sebuah tombol ketika sensor tidak mendeteksi adanya kebocoran gas.

Pada saat yang bersamaan ketika terjadi kebocoran gas elpiji yang mengakibatkan tegangan keluaran komparator bernilai tinggi, maka rangkaian multivibrator bistabil akan dipaksa memiliki keadaan yang terkunci (*locked*) yang dilewatkan melalui rangkaian penyangga atau *buffer*. Ketika multivibrator bistabil dalam keadaan terkunci (*locked*), maka tombol untuk menutup/membuka katup regulator gas tidak akan berfungsi dan servo terkunci pada putaran -90 derajat.

Pada saat sensor gas sudah tidak lagi mendeteksi bau gas yang bocor, maka keluaran rangkaian komparator akan berkondisi *Low* sehingga rangkaian osilator dan buzzer tidak akan

aktif. Pada saat yang bersamaan nilai multivibrator bistabil akan memiliki keadaan yang tidak terkunci (*unlocked*). Dengan demikian secara otomatis tombol tutup/buka katup gas regulator dapat berfungsi kembali.

Rangkaian pendeteksi dan penanggulangan gas elpiji dikemas dalam bentuk box kecil yang ringan yang terdiri dari tiga LED indikator yaitu indikator power, *open/close* dan alarm. Selain itu di dalam panel terdapat sebuah tombol tutup/buka tuas regulator. Panel box ini memiliki dua lubang yaitu lubang untuk pendeteksian sensor dan sebuah lubang udara untuk bunyi buzzer. Adapun gambaran desain perancangan sistem pendeteksi dan penanggulangan gas Elpiji adalah sebagai berikut.

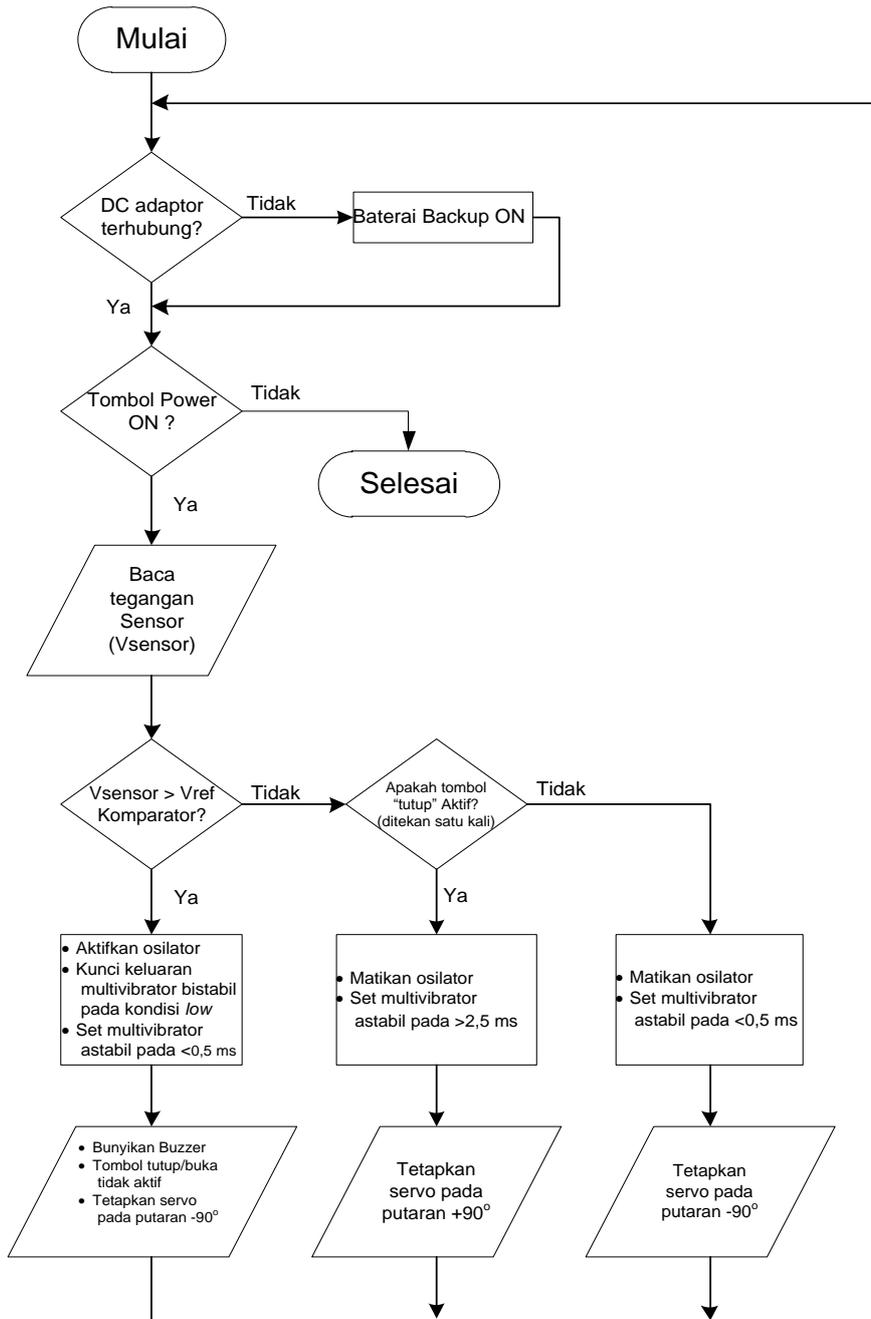


**Gambar 13.** Desain Panel Box Sistem

Selain panel box, untuk menggerakkan sebuah tuas regulator gas elpiji yang terpasang pada tabungnya diperlukan rangkaian mekanik yang dapat dikontrol melalui panel box. Rangkaian mekanik tersebut terdapat sebuah motor servo yang dipadukan dengan lempengan berbahan *acrylic*. Mekanik ini harus dirancang sekuat mungkin agar dapat menahan putaran servo pada saat menggerakkan tuas regulator gas.



**Gambar 14.** Rangkaian Sistem Mekanik



Gambar 12. Diagram Alur Sistem

#### IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

##### A. Pengujian Sensor Gas

Pada pengujian rangkaian sensor gas diperlukan gas yang memiliki kandungan hampir mirip dengan gas elpiji, yaitu korek gas yang banyak beredar di masyarakat. Pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan tegangan keluaran pada sensor gas ketika tidak ada gas dan ketika terdapat gas di udara. Karena sumber gas pada pengujian ini menggunakan korek gas biasa maka pengujian

dilakukan dengan jarak dekat karena kadar gas yang dikeluarkan korek gas ini sangat kecil.

Tabel 2. Pengukuran Rangkaian Sensor Gas

Kondisi gas di udara	Vout Sensor
Tidak ada gas	0,5 Volt
Terdapat gas	4,85 Volt

Pada sensor gas agar dapat bekerja dengan optimal, diperlukan waktu satu sampai tiga menit

pertama untuk melakukan pemanasan pada heater sensor gas tersebut. Ketika sensor mendeteksi adanya gas yang mengandung *propane* dan *butane* di udara maka hambatan sensor akan semakin kecil sehingga tegangan keluarannya akan semakin besar.



**Gambar 15.** Pengujian Sensor Gas terhadap Kadar Gas Maksimum

**B. Pengujian Multivibrator Astabil**

Pengujian multivibrator astabil dilakukan untuk mengamati dan membuktikan apakah realisasi kepada pergerakan motor servo yang dilakukan sesuai dengan perancangan atau tidak. pengujian dilakukan dengan mengamati pergerakan motor servo ketika multivibrator astabil memiliki keluaran sebesar 3,25 ms dan 0,3 ms.

**Tabel 3.** Pengujian Pergerakan Motor Servo

Pulsa	Bentuk Pulsa	Putaran servo
0,3 ms		
3,25 ms		

**C. Pengujian Keseluruhan**

Pengujian keseluruhan dilakukan dengan mencoba keseluruhan rangkaian beserta sistem mekanik yang sudah terpasang pada tabung gas elpiji. Setelah mekanik rangkaian terpasang, kemudian sistem rangkaian di hidupkan. Selanjutnya adalah dengan mencoba menutup dan melepas regulator gas dengan menggunakan satu tombol yang berada pada panel box. Setelah itu dicoba dengan memberikan sejumlah kadar gas yang kandungannya hampir sama dengan gas elpiji. Dalam hal ini sumber gas yang digunakan adalah berasal dari korek gas yang umum beredar

dimasyarakat. Adapun hasil pengujian sistem pendeteksi dan penanggulangan kebocoran gas elpiji adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.** Pengujian Keseluruhan

Kondisi sensor	Tidak mendeteksi kebocoran gas	Mendeteksi kebocoran gas
Kondisi Tombol “tutup/buka”	<i>Unlock</i>	<i>Lock</i>
Indikator LED	LED Power menyala, LED Alarm Mati	LED Power menyala, LED Alarm menyala
Putaran Servo	-90° atau +90° tergantung tombol “tutup/buka”	-90°
Kondisi katup regulator	Tertutup/terlepas	Terlepas
Aliran Gas	Mengalir/tidak mengalir	Tidak mengalir



**Gambar 16.** Regulator Gas dengan Mekanik yang sudah Terpasang

Pada saat sensor tidak mendeteksi adanya kebocoran gas, maka kondisi katup regulator dapat dengan mudah ditutup/dibuka dengan menggunakan satu tombol “tutup/buka”. Pada saat katup regulator tertutup, maka aliran gas pada tabung akan terbuka sedangkan ketika katup regulator sedang terbuka maka aliran gas pada tabung akan tertutup.

Pada saat sensor mendeteksi adanya kebocoran gas diudara disekitar, maka seketika tombol “tutup/buka” tidak akan berfungsi karena dalam kondisi “*lock*” dan katup regulator akan dipaksa dalam kondisi terbuka sampai sensor sudah tidak lagi mendeteksi adanya gas di udara sekitar. Pada kondisi

ini akan ada peringatan melalui bunyi alarm yang mengindikasikan bahwa telah terjadi kebocoran gas elpiji.

#### D. Ketahanan Baterai

Analisa ketahanan baterai bertujuan untuk mengukur seberapa lama baterai dapat bertahan menghidupkan rangkaian. Pada kondisi *stanby*, percobaan yang dilakukan dengan menggunakan baterai 7,4 Volt/2000 mAh rangkaian dapat bertahan sampai sekitar 36 jam.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Telah berhasil dibuat seperangkat sistem peringatan dini kebocoran gas elpiji dengan sensor TGS2610 sekaligus penanggulangannya yang bekerja secara otomatis jika terjadi kebocoran gas elpiji.
- Penempatan sistem harus dekat dengan sumber gas karena jika ditempatkan agak jauh dari sumber gas maka sistem pendeteksiannya menjadi tidak sensitif.
- Dengan desain mekanik yang telah dirancang, regulator gas dapat diganti dengan mudah dengan ukuran yang sama atau yang umum beredar di pasaran.

### B. Saran

- Baterai *backup* yang digunakan pada perancangan alat pendeteksi dan penanggulangan kebocoran gas elpiji adalah dengan menggunakan baterai jenis Li-Ion, oleh karena itu disarankan sesekali menggunakan baterai secara penuh sampai habis setidaknya satu bulan sekali karena baterai ini tidak boleh dibiarkan dalam kondisi penuh pada waktu yang terlalu lama agar performa dan umur baterai tetap terjaga.
- Sebaiknya ketika mengganti regula-tor gas yang lama dengan yang baru menggunakan model tuas yang bentuknya *rounded rectangle* bukan bentuk segi lima. Rata-rata hampir semua model regulator gas yang baru memiliki tuas gas dengan bentuk *rounded rectangle*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malvino, Albert (1991). *Prinsip-prinsip Elektronika Dasar*, Jilid 2, Jakarta: Erlangga, Edisi ketiga.
- [2] G H Nachbar (1991). *Rangkaian Elektronika Populer*, Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [3] Rusmadi, Deddy (1989). *Mengenal Teknik Digital*, Bandung: Sinar Baru.
- [4] [www.figarosensor.com](http://www.figarosensor.com), TGS2610, 2012, Bandung.
- [5] [www.datasheet.com](http://www.datasheet.com), LM1086, 2012, Bandung.
- [6] [www.datasheet.com](http://www.datasheet.com), LM393, 2012, Bandung.
- [7] [www.datasheet.com](http://www.datasheet.com), LM555, 2012, Bandung.