

SISTEM KONTROL KADAR GAS CO DAN GAS ELPIJI DALAM MODEL RUANG SIMULASI

Kukuh Priyanga^{*)}, Iwan Setiawan, and Sumardi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : kukuh_priyanga@yahoo.com

Abstrak

Salah satu cirri dari masyarakat modern adalah mereka menghabiskan sebagian besar waktunya untuk bekerja di dalam ruangan dan beranggapan bahwa bekerja di dalam ruangan tidak mempunyai resiko atau paling aman dan nyaman. Kenyataannya bahwa kualitas udara dalam suatu ruangan merupakan faktor yang signifikan yang dapat mempengaruhi derajat kesehatan tenaga kerja dan menurunkannya produktivitas. Dalam penelitian ini, dirancang suatu alat untuk mengontrol kualitas kadar gas dalam ruangan. Sebuah alat yang mampu mendeteksi kadar gas CO dan gas LPG lalu mengontrol kadar gas tersebut dalam ruang simulasi dan monitoring dengan pengiriman informasi secara *wireless* (tanpakabel). Secara keseluruhan alat ini menggunakan TGS2442 sebagai sensor gas CO, MQ-6 sebagai sensor gas LPG, kipas, buzzer, led, motor servo, AVR ATmega8535, wireless RFM12, dandisplay LCD M1632. Berdasarkan pengujian, alat ini telah bekerja dengan baik dalam menjaga kualitas udara agar selalu berada di bawah batas ambang yang telah ditentukan baik untuk kesehatan yakni <200ppm untuk CO dan <1600ppm untuk LPG. Kadar normal CO dan LPG udara bebas dalam ruangan berkisar 30ppm dan 200ppm. Jarak maksimum komunikasi wireless sejauh 30m.

Kata Kunci: AVR Atmega8535, Sensor TGS2442, Sensor MQ-6, dan wireless RFM12.

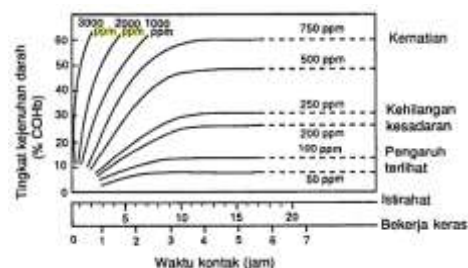
Abstract

One characteristic of modern society is that they spend most of his time working in the room and thought that working in the room did not have the risk or the most secure and comfortable. The fact that the air quality in a room are significant factors that can affect health status and declining labor productivity. In this final task, designed a tool to control the quality of the gas levels in the room. A tool that is able to detect levels of CO and LPG gas and control the levels of those gas in a chamber simulating and monitoring the delivery of wireless information. Overall this tool using tgs2442 as CO gas sensor, MQ-6 as LPG gas sensor, fan, buzzer, led, servo motor, AVR ATmega8535, RFM12 wireless, and LCD M1632display. Based on testing, the tool has worked well in maintaining the quality levels of CO gas and LPG in order to stay below the specified threshold for the health of <200ppm for CO and <1000ppm for LPG. Normal levels of free air CO and LPG indoor ranges 30ppm and 200ppm. The maximum distance wireless communication as far as 30m.

Key Word : AVR Atmega8535, TGS2442 Sensor, MQ-6 Sensor, and RFM12 BP wireless.

1. Pendahuluan

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Orang yang berada dalam di dalam ruangan akan menghirup lebih banyak polutan dari pada orang yang berada di luar karena polutan akan terakumulasi dengan konsentrasi yang semakin pekat.



Gambar 1. Bahaya keracunan gas CO pada manusia.

Selain itu di dalam ruangan, ancaman ledakan gas elpiji dari tabung yang bocor sangat berbahaya. Ledakan tabung elpiji yang kerap terjadi di sekitar kita menunjukkan betapa rendahnya tingkat kewaspadaan dan antisipasi terhadap kebocoran gas tersebut.

Tabel 1. Data Insiden Ledakan ELPIJI s/d Juni 2010 (Data Badan Perlindungan Konsumen Nasional sampai dengan JUNI 2010. sumber <http://vivanews.com> 8 Juli 2010).

Tahun	2007	2008	2009	2010
Jumlah kasus	5	27	30	33
Korban tewas	0	2	12	8
Korban luka-luka	4	35	48	44

Beberapa cara dapat dilakukan untuk mengontrol kadar CO maupun mendeteksi kebocoran gas LPG. Salah satunya yaitu dengan merancang suatu perangkat yang mampu memonitoring dan mengontrol kadar gas CO maupun LPG sehingga apabila kadar CO berada pada batas tertentu atau terdeteksi kebocoran gas LPG, maka sistem akan melakukan proses sirkulasi udara secara otomatis serta mengaktifkan peringatan dini berupa alarm.

2. Metode

2.1. Sensor Gas CO (TGS2442)

TGS2442 memiliki kemampuan yang tinggi dalam mendeteksi gas karbon dioksida (CO). Selain itu TGS2442 memiliki stabilitas yang baik dan daya tahan yang sangat baik terhadap pengaruh kelembaban, sehingga sangat cocok digunakan sebagai aplikasi pengendalian kualitas udara di dalam ruangan.

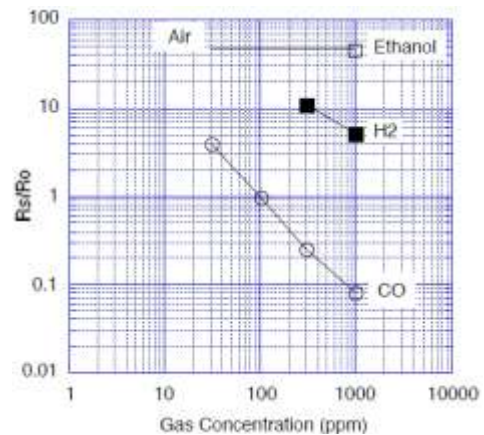


Gambar 2. Sensor gas CO (TGS2442)

TGS2442 menggunakan struktur sensor multilayer. Sebuah lapisan kaca untuk isolasi termal dicetak antara pemanas oksida ruthenium (RuO₂) dan substrat alumina. Sepasang elektroda Au untuk pemanas terbentuk pada isolator termal. Lapisan sensor gas, yang dibentuk dioksida timah (SnO₂), dicetak pada lapisan isolasi listrik yang menutupi pemanas. Sepasang elektroda Au untuk mengukur resistansi sensor dibentuk pada isolator listrik. Arang aktif diisi antara penutup internal dan penutup luar untuk mengurangi pengaruh gangguan gas lainnya.

Model number		TGS 2442
Sensing element type		M1
Standard package		TO-5 metal can
Target gases		Carbon monoxide
Typical detection range		30 ~ 1000 ppm
Standard circuit conditions	Heater voltage cycle	V _H V _{HH} =4.8V±0.2V DC, 14ms V _{HL} =0.0, 986ms
	Circuit voltage cycle	V _C V _C =0V for 995ms, V _C =5.0V±0.2V DC for 5ms
	Load resistance	R _L variable (≥10kΩ)
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R _H 17 ± 2.5Ω at room temp.
	Heater current	I _H approx. 203mA(in case of V _{HH})
	Heater power consumption	P _H approx. 14mW (ave.)
	Sensor resistance	R _S 13.3kΩ ~ 133kΩ in 100ppm of carbon monoxide
	Sensitivity (change ratio of R _S)	β 0.13 ~ 0.31
Standard test conditions	Test gas conditions	Carbon monoxide in air at 20±2°C, 65±5%RH
	Circuit conditions	Same as Std. Circuit Condition (above)
	Conditioning period before test	2 days or more

Gambar 3. Karakteristik sensor TGS2442.



Gambar 4. Sensitifitas sensor TGS2442.

Gambar 4 merupakan grafik sensitifitas sensor TGS2442. Grafik pada gambar 4 menjadi acuan untuk penentuan kadar PPM gas CO dalam udara yaitu rasio perbandingan nilai R_s/R_o yang menunjukkan nilai PPM gas dalam udara. Nilai grafik di bagi menjadi tiga bagian dengan perbandingan yang linear antara lain :

- Rasio perbandingan R_s/R_o : 4 - 1
Nilai PPM : 30 - 100
- Rasio perbandingan R_s/R_o : 1 - 0,25
Nilai PPM : 100 - 300
- Rasio perbandingan R_s/R_o : 0,25 - 0,08
Nilai PPM : 300 - 1000

Sehingga persamaan yang digunakan untuk mencari bilai PPM sensor TGS2442 menggunakan 3 persamaan yang berbeda.

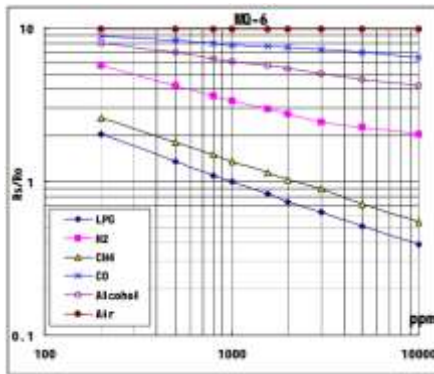
2.2. Sensor gas Elpiji (MQ-6)

Secara umum sensor MQ-6 memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Sensitivitas tinggi pada metana, propana, dan butana.
- Mampu mengukur kadar gas dari 200 hingga 10.000 PPM.
- Memiliki sensitivitas terhadap gas yang baik pada jarak cukup jauh.
- Konsumsi daya yang rendah yaitu < 900mWatt.
- Tahan lama atau berumur panjang.
- Penggunaan rangkaian yang sederhana.



Gambar 5. Sensor gas elpiji (MQ-6)



Gambar 6. Sensitifitas sensor MQ-6

Range ADC 10 bit : 0 – 1024 sebanding dengan range PPM Sensor MQ-6: 200 ppm – 10.000 ppm. Sehingga untuk pendekatan menggunakan persamaan perbandingan.

Misalkan pembacaan nilai data ADC 100 maka nilai PPM-nya adalah:

$$Y = 200 + ((9800 / 1024) * \text{data ADC})$$

$$Y = 200 + (9,5703125 * 100)$$

$$Y = 1157,03125$$

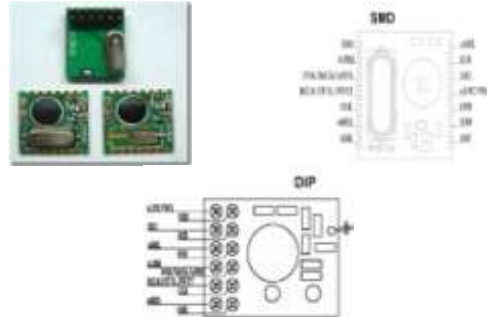
Y = 1158 ppm (mikrokontroller melakukan pembulatan ke atas)

2.3. Modul Wireless RFM12

Karakteristik modul RFM12 sebagai berikut:

- *Transmitter receiver* yang memiliki keluaran dengan keluaran hingga 500 mW.
- Bekerja pada frekuensi 315, 433, 868, 915 Mhz.

- Bersifat half duplex, yaitu fungsi *transmitter* (pengirim) maupun *receiver* (penerima) aktif secara bergantian.



Gambar 7. Modul Wireless RFM12

Penjelasan beberapa pin-pin RFM12B/BP :

- VDD (required) - Sumber tegangan RFM12B/BP antara 2,2Vdc - 3,8Vdc, bukan 5V.
- SDI (required) - Serial Data Input, sebagai Input jika MCU ingin memberikan *command* atau data yang akan dikirimkan melalui RFM12B/BP.
- SDO (required) - Serial Data Output, sebagai Output jika RFM12B/BP akan memberikan data ke MCU.
- SCK (required) - Serial Clock pin sinyal sinkronisasi pada komunikasi data yang diberikan oleh MCU ke RFM12B/BP.
- nSEL (required) - Chip Select (rendah aktif). Pin ini harus diberi logika 0 jika RFM12B/BP ingin diakses.
- FSK/DATA/nFFS (optional) - jika tidak digunakan harus diberikan resistor pullup.

Protokol RFM12 sebagai berikut:

1. Satu perangkat sebagai *master* dan perangkat lainnya sebagai *slave*.
2. Perangkat *master* selalu berada pada mode *receiver* dan menunggu data PPM LPG dan PPM CO dari *slave*.
3. Ketika *slave* mengirimkan data PPM LPG dan PPM CO maka data tersebut akan diterima oleh *master* dan selanjutnya di tampilkan di LCD karakter 16x2 lalu dikirim ke komputer untuk proses monitoring.
4. Protokol transmisi data wireless pada modul RFM12 terdiri dari 4 byte wake up data yang bernilai 0xAA, 2 byte data sinkronisasi yang bernilai 0x2D 0xD4, data yang dikirimkan minimal 3 byte data, 1 byte Check sum, dan 1 byte bernilai 0xAA.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Gambaran Umum Perancangan Alat

Perangkat ini dirancang untuk memiliki kemampuan sebagai berikut :

A. Master :

1. Mampu menampilkan kada gas dalam PPM ditampilan LCD 16x2.

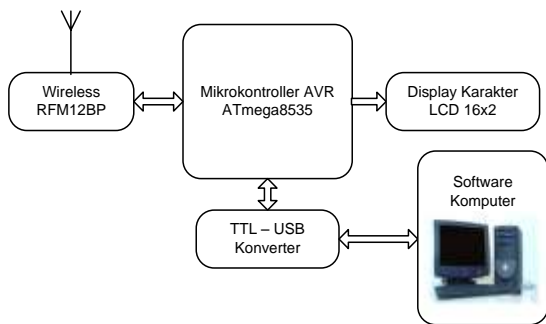
2. Berkomunikasi data dengan komputer secara serial UART.
3. Mengirimkan perintah-perintah ke perangkat *slave* secara wireless.

B. Slave :

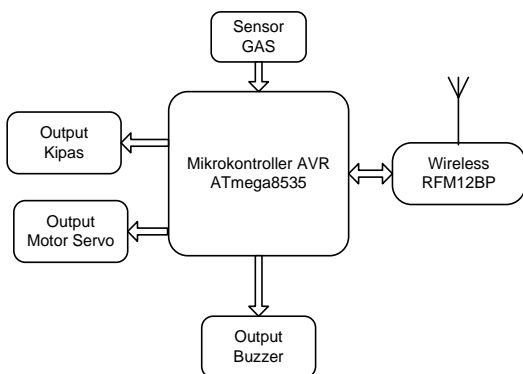
1. Memiliki sensor yang dapat mengukur kadar gas dalam ruang simulasi.
2. Mampu menyalakan atau mematikan buzzer, kipas 12Vdc, indikator LED, dan membuka atau menutup ventilasi menggunakan motor servo.
3. Mengirim data kadar gas dalam udara kepada *master* secara wireless.
4. Dapat menjalankan perintah-perintah yang diberikan oleh perangkat *master*.
5. Memiliki kemampuan untuk berjalan sendiri (*Autorunning*) meskipun perangkat *master* tidak dinyalakan.
6. Ambang batas kadar gas CO sebesar 200ppm dan pada gas LPG sebesar 1600ppm.

Perangkat master terdiri dari power supply 5Vdc dan 12Vdc, Mikrokontroler AVR ATmega8535, display LCD karakter 16x2, modul wireless RFM12, dan konverter TTL-USB.

Perangkat slave terdiri dari power supply 5Vdc dan 12Vdc, Mikrokontroler AVR ATmega8535, modul wireless RFM12, output buzzer, indikator LED, output kipas, sensor gas, dan output motor servo.

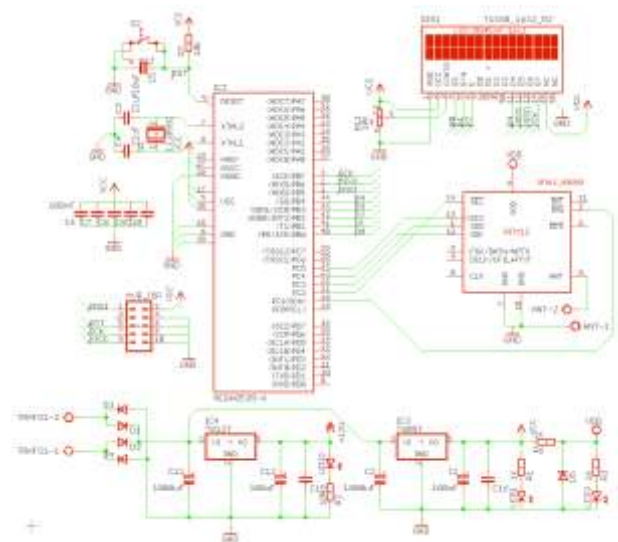


Gambar 8. Blok diagram perangkat master.

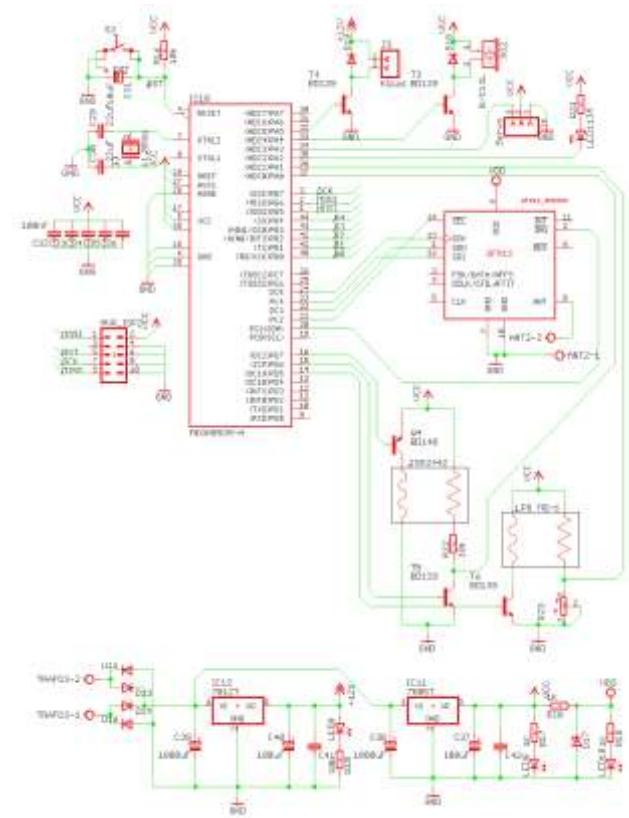


Gambar 9. Blok diagram perangkat slave.

Modul transceiver RFM12 di hubungkan ke PORTC pada mikrokontroler baik perangkat *master* maupun perangkat *slave*. RFM12 memiliki beberapa pin seperti SEL, SCK, SDO, SDI, FSK, DCLK, CLK, INT, IRQ, RES dan ANT, akan tetapi pin-pin modul RFM12 yang dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535 hanya beberapa pin saja sesuai dengan kebutuhan dan fitur RFM12 yang digunakan.



Gambar 10. Skematik perangkat master.



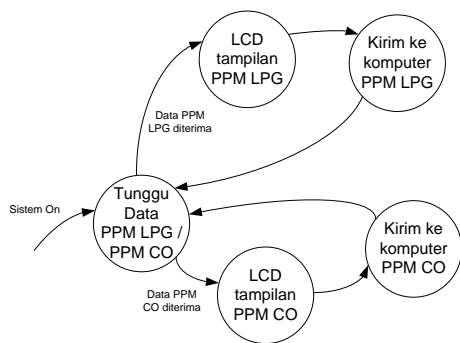
Gambar 11. Skematik perangkat slave.

Keluaran maksimum yang dapat diberikan oleh sensor TGS2442 dan sensor MQ-6 memiliki rentang tegangan 0 – 5Vdc sehingga nilai tegangan ini dapat dibaca secara langsung menggunakan ADC mikrokontroler ATmega8535.

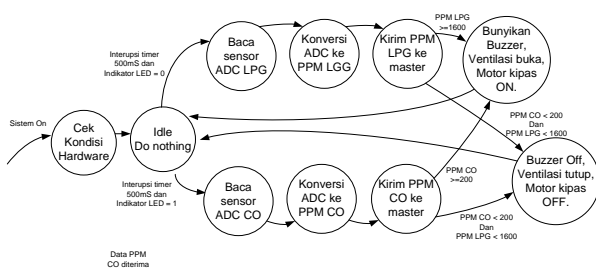
Perangkat yang digunakan terdiri dari perangkat *master* dan *slave* dengan fungsi yang berbeda sehingga memiliki 2 buah diagram alir (flowchart) utama.

Perangkat *master* berisi tentang pengiriman perintah permintaan data kadar gas CO dan gas elpiji kepada perangkat *slave*, serta menampilkan data tersebut ke display LCD dan grafis pada komputer secara aktual.

Perangkat *slave* berisi tentang pembacaan data kadar gas CO dan gas elpiji secara actual, menjalankan kontrol pada buzzer, led, kipas, dan motor servo (buka tutup jendela) apabila kadar gas melebihi ambang batas, dan pengiriman informasi data dari perangkat *slave* menuju perangkat *master* secara aktual.



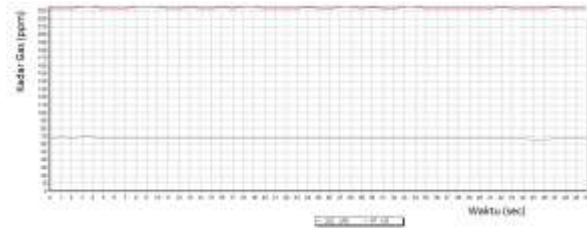
Gambar 12. Diagram state perangkat master.



Gambar 13. Diagram state perangkat slave.

3.2. Analisa

Pada penerapannya, alat ini dapat memantau kadar gas CO dan LPG dengan baik. Seperti pada gambar dibawah ini, alat dapat bekerja dengan baik dalam memonitoring kadar gas secara normal tanpa diberikan treatment gas CO dari obat nyamuk bakar atau gas LPG dari isi gas pemantik korek api. Pengujian dilakukan pada ruangan yang normal dan cukup bersih dari polusi udara.



Gambar 14. Monitoring kadar gas dalam ruangan normal.

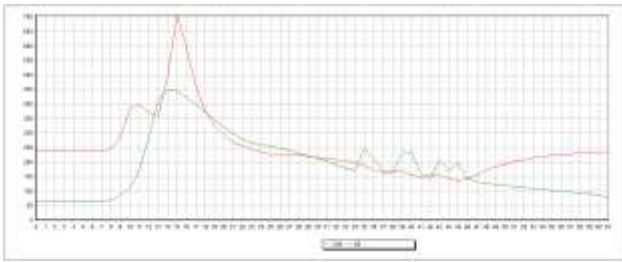
Tabel 2. Data ppm gas CO dan LPG pada ruangan normal.

No	Data ppm LPG	Data ppm CO	Status Buzzer	Status Kipas	Status Ventilasi
1	232	68	OFF	OFF	TUTUP
2	232	69	OFF	OFF	TUTUP
3	232	68	OFF	OFF	TUTUP
4	236	69	OFF	OFF	TUTUP
5	236	69	OFF	OFF	TUTUP
6	232	68	OFF	OFF	TUTUP
7	232	68	OFF	OFF	TUTUP
8	232	67	OFF	OFF	TUTUP
9	236	68	OFF	OFF	TUTUP
10	236	68	OFF	OFF	TUTUP
11	236	68	OFF	OFF	TUTUP
12	232	68	OFF	OFF	TUTUP
13	232	68	OFF	OFF	TUTUP
14	236	68	OFF	OFF	TUTUP
15	232	68	OFF	OFF	TUTUP
16	232	68	OFF	OFF	TUTUP
17	236	68	OFF	OFF	TUTUP
18	232	68	OFF	OFF	TUTUP
19	236	68	OFF	OFF	TUTUP
20	236	68	OFF	OFF	TUTUP
21	232	68	OFF	OFF	TUTUP
22	232	68	OFF	OFF	TUTUP
23	232	68	OFF	OFF	TUTUP
24	232	68	OFF	OFF	TUTUP
25	236	68	OFF	OFF	TUTUP
26	232	68	OFF	OFF	TUTUP
27	232	68	OFF	OFF	TUTUP
28	236	68	OFF	OFF	TUTUP
29	236	68	OFF	OFF	TUTUP
30	232	68	OFF	OFF	TUTUP

Pada gambar diatas menunjukkan kadar gas LPG pada ruangan normal berkisar 230 ppm, sedangkan kadar gas CO berkisar 68 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa ruangan tersebut sudah termasuk dalam kategori ruangan yang bersih karena nilainya tidak jauh dari konsentrasi gas CO dan LPG pada udara bebas yakni 200 ppm untuk gas LPG dan 30 ppm untuk gas CO.

Pengujian sistem kontrol kadar gas dilakukan dengan menempatkan alat dalam sebuah *plant* model ruang simulasi yang dilengkapi dengan sebuah kipas, jendela / ventilasi, alarm buzzer, dan indikator LED.

Proses pengamanan dan pengamatan kadar CO dilakukan dengan memberikan gas CO yang berasal dari asap obat nyamuk bakar. Pada pengujian ini ambang batas yang diberikan sebesar 200 ppm karena pada kadar 200 ppm manusia yang berada dalam sebuah ruangan akan mulai merasakan dampak negatif dari gas CO.



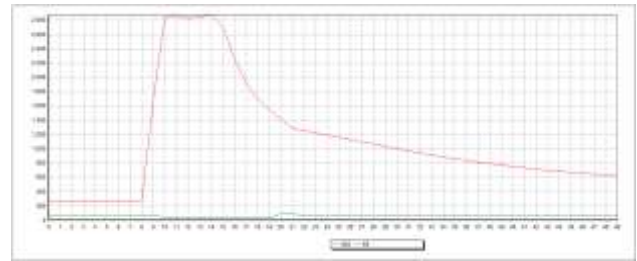
Gambar 15. Pengujian monitoring gas CO dalam ruangan.

Tabel 3. Hasil pengujian kadar gas CO.

No	Data ppm LPG	Data ppm CO	Status Buzzer	Status Kipas	Status Ventilasi
1	240	67	OFF	OFF	TUTUP
2	240	67	OFF	OFF	TUTUP
3	240	67	OFF	OFF	TUTUP
4	240	67	OFF	OFF	TUTUP
5	240	67	OFF	OFF	TUTUP
6	240	67	OFF	OFF	TUTUP
7	240	67	OFF	OFF	TUTUP
8	240	67	OFF	OFF	TUTUP
9	244	69	OFF	OFF	TUTUP
10	288	87	OFF	OFF	TUTUP
11	384	112	OFF	OFF	TUTUP
12	400	174	OFF	OFF	TUTUP
13	372	283	ON	ON	BUKA
14	356	416	ON	ON	BUKA
15	500	447	ON	ON	BUKA
16	708	446	ON	ON	BUKA
17	596	424	ON	ON	BUKA
18	460	401	ON	ON	BUKA
19	376	373	ON	ON	BUKA
20	328	346	ON	ON	BUKA
21	296	321	ON	ON	BUKA
22	268	299	ON	ON	BUKA
23	256	278	ON	ON	BUKA
24	244	266	ON	ON	BUKA
25	236	260	ON	ON	BUKA
26	228	254	ON	ON	BUKA

27	228	248	ON	ON	BUKA
28	224	240	ON	ON	BUKA
29	224	230	ON	ON	BUKA
30	220	221	ON	ON	BUKA
31	216	213	ON	ON	BUKA
32	212	202	ON	ON	BUKA
33	208	190	OFF	OFF	TUTUP

Ketika kadar CO yang teramati melebihi 200 ppm maka sistem pengamanan akan bekerja dengan cara membuka ventilasi terlebih dahulu, selanjutnya sistem akan menyalakan motor kipas angin. Lalu sistem akan memberikan tanda peringatan bahaya dengan cara menyalakan buzzer (alarm) dan mengkedap-kedip kan indikator LED.



Gambar 16. Pengujian monitoring gas elpiji dalam ruangan.

Tabel 4. Hasil pengujian kadar gas LPG.

No	Data ppm LPG	Data ppm CO	Status Buzzer	Status Kipas	Status Ventilasi
1	272	63	OFF	OFF	TUTUP
2	272	60	OFF	OFF	TUTUP
3	272	62	OFF	OFF	TUTUP
4	272	62	OFF	OFF	TUTUP
5	272	63	OFF	OFF	TUTUP
6	272	62	OFF	OFF	TUTUP
7	272	62	OFF	OFF	TUTUP
8	272	62	OFF	OFF	TUTUP
9	268	63	OFF	OFF	TUTUP
10	1692	64	ON	ON	BUKA
11	2844	41	ON	ON	BUKA
12	2864	30	ON	ON	BUKA
13	2828	30	ON	ON	BUKA
14	2848	30	ON	ON	BUKA
15	2876	35	ON	ON	BUKA
16	2696	44	ON	ON	BUKA
17	2256	44	ON	ON	BUKA
18	1924	42	ON	ON	BUKA
19	1700	38	ON	ON	BUKA
20	1544	32	OFF	OFF	TUTUP
21	1416	87	OFF	OFF	TUTUP
22	1280	88	OFF	OFF	TUTUP

23	1256	65	OFF	OFF	TUTUP
24	1224	59	OFF	OFF	TUTUP
25	1192	57	OFF	OFF	TUTUP
26	1160	58	OFF	OFF	TUTUP
27	1128	57	OFF	OFF	TUTUP
28	1096	58	OFF	OFF	TUTUP
29	1064	58	OFF	OFF	TUTUP
30	1032	58	OFF	OFF	TUTUP
31	1000	58	OFF	OFF	TUTUP
32	968	59	OFF	OFF	TUTUP
33	940	59	OFF	OFF	TUTUP

Proses pengamanan dan pengamatan kadar gas elpiji dilakukan dengan memberikan gas elpiji yang berasal dari larutan isi pemantik korek api yg dibuka, dalam hal ini sebagai masukan elpiji ke dalam model ruangan. Pada pengujian ini ambang batas yang diberikan sebesar 1600 ppm karena pada kadar tersebut gas elpiji dalam konsentrasi cukup tinggi dan rawan ledakan. Jika kadar gas elpiji yang teramati melebihi 1600 ppm maka sistem pengamanan akan bekerja dengan cara membuka ventilasi, menyalakan kipas, buzzer (alarm), dan mengkedap-kedip kan indikator LED. Pada grafik di atas dapat menunjukkan bahwa pengujian sistem kontrol gas LPG berjalan dengan baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisa di atas telah berhasil dibangun sebuah sistem pengontrol kadar gas CO dan LPG dengan baik. Tegangan keluaran sensor TGS2442 maupun MQ-6 cukup besar yaitu $5V \pm 0,1V$ sehingga dapat dihubungkan langsung dengan fungsi ADC mikrokontroler.

Dari uji coba yang dilakukan dengan memberikan asap dari obat nyamuk bakar dan mengatur ambang batas kadar CO sebesar 200 ppm serta ambang batas sensor LPG 1600 ppm, sistem pengamanan dengan ventilasi, motor kipas, alarm buzzer, dan indikator LED dalam miniatur rumah dapat menjaga kadar CO dan LPG di bawah ambang batas tersebut. Modul Wireless RFM12 dapat digunakan dengan baik pada sistem ini dengan jarak maksimum 30m dan jarak komunikasi berkurang apabila ada penghalang seperti dinding tembok, perangkat power supply tidak stabil atau daya yang tidak mencukupi, antena yang tidak sesuai dengan frekuensi kerjanya, perangkat atau rangkaian lainnya seperti sensor gas, motor kipas 12 Vdc, motor servo yang mengkonsumsi daya lebih besar dari modul RFM12.

Sebagai masukan guna pengembangan lebih lanjut dari Penelitian ini, sebaiknya pengujian dapat dilakukan pada sejumlah ruang tertutup lainnya agar hasil pengujian lebih variatif. Dapat menggunakan sensor yang berbeda dengan tingkat keakuratan pembacaan kadar CO yang lebih

tinggi. Sumber catu daya dapat diganti dengan daya yang berasal dari baterai agar lebih praktis dalam penggunaannya. Sebaiknya menggunakan metode kontrol PID atau Fuzzy untuk hasil yang lebih maksimal.

Referensi

- [1] Bejo, A., *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2008.
- [2] Pratama, Lius weny, *Sistem Absensi Otomatis Pengunjung Perpustakaan Dengan Menggunakan Radio Frequency Identification*, Laporan Penelitian Politeknik Negeri Sriwijaya, Januari, 2009.
- [3] SeikoInstrument Inc. *Liquid Crystal Display Module M1632 : User Manual*. Japan. 1987.
- [4] Sudjadi, *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [5] Wardhana, Lingga, *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
- [6] -----, *ATmega8535 Data Sheet*, <http://www.atmel.com>. Januari 2010.
- [7] -----, *Komunikasi USART*, <http://payztronics.blogspot.com>. Januari 2010.
- [8] RFID - Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>). Agustus 2012
- [9] <http://elektronika-dasar.com/komponen/limit-switch-dan-saklar-push-on>. Agustus 2012
- [10] <http://www.dudung.net/teknologi-informasi/rfid-sebagai-peranti-pengenal-identitas>. September 2012
- [11] <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID-12-Datasheet.pdf>. September 2012
- [12] <http://teknopreneur.com/informatika/apilkasi-rfid-di-indonesia-mungkinkah>. September 2012