

# RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SIRKULASI UDARA DALAM RUANGAN BERDASARKAN KADAR GAS KARBON MONOKSIDA (CO)

Slamet Raharjo<sup>1</sup>, Jamaluddin<sup>2</sup>, Azhar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Instrumentasi dan Otomasi Industri

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan km 280,3. Buket rata, Lhokseumawe

slammetrahardjo@gmail.com

**Abstrak**—Polusi udara di dalam ruangan menjadi masalah kesehatan yang lebih serius dibanding di luar ruangan. Ini disebabkan secara umum sebagian besar waktu dihabiskan di dalam ruangan. Pada ruangan kondisi lebih tertutup sehingga bahan pencemar justru tidak mengalir bebas tetapi terakumulasi. Salah satu polutan yang banyak ditemui di dalam ruangan adalah gas karbon monoksida (CO) yang merupakan gas anorganik hasil pembakaran. Berdasarkan masalah tersebut maka penulis membuat alat yang dapat mengendalikan sirkulasi udara dalam ruangan berdasarkan kadar Gas CO. Dalam penelitian ini, digunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar gas CO dalam ruangan. Kadar gas CO yang terukur ditampilkan pada LCD dalam satuan PPM (Part Per Million). Apabila gas CO dalam ruangan melebihi 35 PPM maka exhaust fan akan aktif untuk membuang gas CO keluar ruangan dan modul suara ISD1760 juga akan aktif untuk memberitahukan bahwa gas CO dalam ruangan sudah melebihi nilai ambang batas. Dari hasil pengujian yang diukur dengan alat ini, kadar rata-rata gas CO pada ruangan tertutup dengan volume 30000m<sup>3</sup> saat kondisi normal adalah 4,6 PPM. Waktu rata-rata penyaliran gas CO pada 38,36 PPM ke kondisi aman yaitu < 35 PPM adalah 5,675 detik. Alat yang dirancang dapat bekerja dengan baik untuk menetralkan gas CO dalam ruangan.

**Kata Kunci** : Gas CO, PPM, Arduino Uno, Sensor MQ-7, dan ISD1760

## I. PENDAHULUAN

Polusi udara di dalam ruangan menjadi masalah kesehatan yang lebih serius dibanding di luar ruangan. Ini disebabkan secara umum sebagian besar waktu dihabiskan di dalam ruangan, pada ruangan kondisi lebih tertutup sehingga bahan pencemar justru tidak mengalir bebas tetapi terakumulasi. Sesuai perkembangan teknologi banyak temuan yang diaplikasikan di dalam ruangan berupa benda-benda sintetis yang justru memaparkan bahan berbahaya diantaranya pelitur, deodorant ruangan, cat dinding, dan salah satu yang cukup besar pajanannya adalah rokok. (Nurullita dan Mifbakhuddin, 2015)

Salah satu polutan yang banyak ditemui di dalam ruangan adalah gas karbon monoksida (CO) yang merupakan gas anorganik hasil pembakaran. (Sumantri, 2015). Sumber utama CO di dalam ruangan berasal dari asap rokok. Menurut Terry dan Horn kandungan zat kimia yang terdapat di dalam sebatang rokok itu berjumlah 3000 macam, tetapi hanya 700 macam zat saja yang dikenal. Secara umum hanya 15 macam zat berbahaya yang biasa dipelajari yaitu *acrolein*, karbon monoksida, *nikotin*, *amonia*, *formic acid*, *hidrogen cyanida*, *nitrogen oksida*, *formaldehide*, *phenol*, *acetol*, *hidrogen sulfida*, *pyridine*, *methyl chlorida*, *methanol*, *TAR*, *butane*, *cadmium*, *asam stearad*, *toluene*, *arsenic* racun bagi sel biologis. (Depkes RI, 2010)

Gas CO berbahaya bagi manusia karena melibatkan hemoglobin dan eritrosit. Hemoglobin yang berfungsi mengikat oksigen untuk dikonsumsi ke dalam jaringan tubuh yang membutuhkan akhirnya mengikat CO karena daya afinitas yang lebih tinggi. Dalam keracunan oleh gas ini menampakkan gejala seperti rasa berat di kepala, sakit

kepala yang hebat, pingsan, bahkan dapat berakhir dengan kematian. (Sarudji, 2010)

Paparan karbon monoksida terhadap tubuh manusia memberikan dampak negatif dari yang paling ringan yaitu pusing, rasa tidak enak pada mata, sakit kepala, dan mual. Keadaan yang lebih berat dapat berupa detak jantung meningkat, rasa tertekan di dada, kesukaran bernafas, kelemahan otot-otot, gangguan pada sistem kardiovaskuler, serangan jantung sampai pada kematian. (Depkes RI, 2010)

Batas paparan karbon monoksida yang diperbolehkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50% kejenuhan dari karboksihemoglobin (COHb) dan dapat berakibat fatal. (Rivanda, 2015)

Dalam penelitian ini, maka penulis merancang bangun alat yang dapat membantu mensirkulasi udara dalam ruangan untuk meminimalisir polusi gas karbon monoksida dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Sirkulasi Udara Dalam Ruangan Berdasarkan Kadar Gas Karbon Monoksida (CO)". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempertahankan kadar gas karbon monoksida (CO) dalam ruangan agar tidak lebih dari 35 ppm.

Dalam merancang suatu sistem instrumentasi, seperti halnya sistem detektor asap rokok ini, banyak hal yang dapat ditinjau. Pada penelitian ini penulis membatasi pada beberapa hal berikut : Sistem detektor yang akan dibuat ini direncanakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) didalam ruangan tertutup. Pemograman dilakukan dengan *software* Arduino Uno. Bahasa pemograman yang digunakan adalah Bahasa C.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Karbon Monoksida

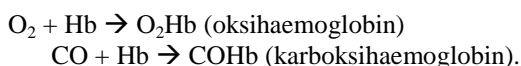
Karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Karena sifat tersebut gas yang memiliki diameter 0,113 nm ini sangat sulit dideteksi keberadaannya. Gas CO memiliki densitas yang lebih rendah dari udara dan sulit larut dalam air.

Menurut (Fardiaz, 1992) dalam bukunya yang berjudul "Polusi Air dan Udara", keberadaan gas CO di alam dapat terbentuk secara alamiah ataupun buatan (antropogenik). Secara alamiah, gas CO dengan jumlah relatif sedikit dapat terbentuk dari hasil kegiatan gunung berapi dan proses biologi. Sedangkan secara buatan (antropogenik), gas CO dapat dihasilkan dari salah satu proses berikut :

1. Kebakaran tidak sempurna terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
2. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu yang tinggi.
3. Hasil penguraian karbon dioksida pada suhu tinggi.

Gas CO dikenal sebagai polutan yang sangat berbahaya bagi manusia sehingga kandungannya dalam udara perlu dikurangi. Gas CO sangat berbahaya karena pada konsentrasi relatif rendah yaitu <100 ppm dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Gas CO jika terhisap kedalam paru-paru maka akan ikut peredaran darah dan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini terjadi karena gas CO bersifat racun metabolis yang ikut bereaksi secara metabolis dengan darah (Suraputra, 2011).

Menurut (Goldstein, 2008) seperti oksigen, gas CO juga mudah bereaksi dengan haemoglobin darah. Ikatan CO dengan haemoglobin darah (karboksahaemoglobin-CO<sub>2</sub>Hb) lebih stabil dibandingkan ikatan O<sub>2</sub> dengan haemoglobin darah (oksihaemoglobin-O<sub>2</sub>Hb). Kestabilan CO<sub>2</sub>Hb sekitar 200 kali kestabilan O<sub>2</sub>Hb, hal ini menyebabkan haemoglobin darah lebih mudah menangkap gas CO dibandingkan O<sub>2</sub> dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Reaksi antara CO dan O<sub>2</sub> dengan haemoglobin dapat dilihat dari reaksi berikut :



Apabila hal ini terjadi maka berakibat fatal bagi tubuh manusia. Pertama, O<sub>2</sub> akan kalah bersaing dengan CO saat berikatan dengan molekul haemoglobin sehingga kadar O<sub>2</sub> dalam darah akan berkurang. Kedua, gas CO akan menghambat oksidasi sitokrom. Hal ini menyebabkan respirasi intraseluler menjadi kurang efektif. Terakhir, gas CO dapat berikatan secara langsung dengan sel otot jantung dan tulang. Efek paling serius adalah keracunan secara langsung terhadap sel-sel tersebut dan menyebabkan gangguan pada sistem saraf (DR. P. V. Chadha, *Karbon Monoksida*, Ilmu Forensik dan Toksikologi, 1995). Sifat-sifat gas CO dan efek pajanan gas CO di tunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Sifat-Sifat Gas CO

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	CO
Wujud	Gas tidak berwarna dan tidak berbau
Berat molekul	28,0101 g/mol
Titik beku	-205°C
Titik didih	-192°C
Densitas	0,789 g/cm <sup>3</sup> liquid 1,250 g/L pada 0°C, 1 atm, 1,145 g/L pada 25°C, 1 atm
Kelarutan dalam air	0,0026 g/100 ml (20°C)

(Sumber : Suraputra, 2011)

Tabel 2. Efek Pajanan Gas CO

CO (ppm)	COHb (%)	Tanda dan Gejala
10	2	Tidak ada gejala
70	10	Tidak ada efek yang berarti, kecuali sesak napas saat aktivitas kuat, tidak nyaman di dahi, pelebaran pembuluh darah kulit
120	20	Sesak napas saat aktivitas sedang sakit kepala sesekali dengan denyutan di pelipis
220	30	Sakit kepala, mudah marah, mudah lelah, keremangan penglihatan
350 - 520	40 - 50	Sakit kepala, kebingungan, kolaps, pingsan
800 - 1220	60 - 70	Tidak sadar, kejang intermiten, gagal napas, kematian jika paparan terus menerus
1950	80	Fatal

(Sumber : Rivanda, 2015)

### B. Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. Gambar Arduino Uno R3 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2 Arduino Uno R3 Sisi Depan dan Belakang

**C. Sensor MQ-7**

Sensor MQ-7 merupakan sensor yang memiliki kepekaan tinggi terhadap gas CO dan hasil kalibrasinya stabil serta tahan lama. Sensor MQ-7 tersusun oleh tabung keramik mikro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, lapisan sensitif timah dioksida (SnO<sub>2</sub>), elektroda pengukur dan pemanas sebagai lapisan kulit yang terbuat dari plastik dan permukaan jaring *stainless steel*. Alat pemanas (*heater*) menyediakan kondisi kerja yang diperlukan agar komponen sensitif dapat bekerja.



Gambar 3. Bentuk Sensor MQ-7

**D. LCD (Light Crystal Display)**

LCD (Liquid Crystal Display) berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus yang rendah. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah.



Gambar 4. LCD (Light Crystal Display)

**E. Exhaust Fan**

*Exhaust fan* berfungsi untuk menghisap udara didalam ruang untuk dibuang ke luar. *Exhaust fan* merupakan salah satu jenis kipas angin yang difungsikan untuk sirkulasi udara dalam ruang atau rumah. Oleh karena itu, peletakkannya diantara indoor dan outdoor.



Gambar 5. Fan AC

**F. ISD1760 Recording Sound Modul**

ISD1760 adalah sebuah modul yang dapat digunakan untuk merekam dan memainkan suara dengan penggunaan yang sangat mudah dan dengan kemampuan penyimpanan suara dari 60 – 75 detik. Tegangan *supply* dari modul ini adalah 5volt DC.

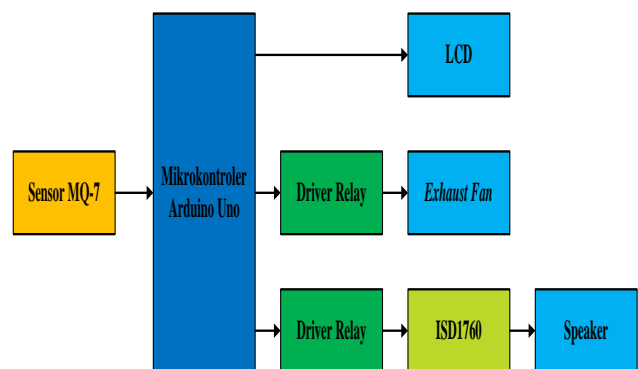


Gambar 6. ISD1760

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**A. Blok Diagram Rancangan Sistem**

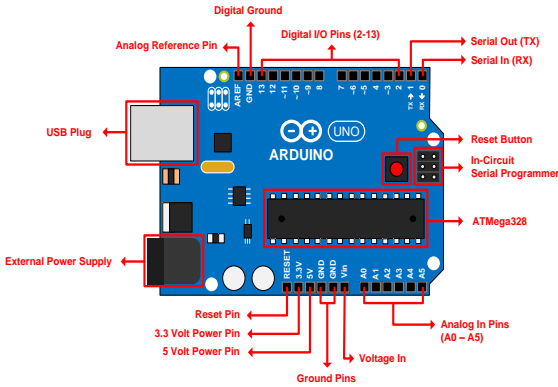
Rancangan sistem dibagi kedalam tiga bagian yaitu masukan, pemrosesan dan keluaran. Piranti masukan menggunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) di dalam ruangan. Data yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor MQ-7 terhadap gas karbon monoksida (CO), akan di teruskan ke piranti keluaran dengan sebelumnya data diproses oleh Mikrokontroler Arduino Uno.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

**B. Rangkaian Mikrokontroler Arduino**

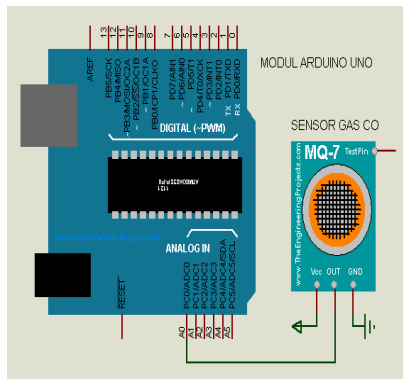
Rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno merupakan pengendali keseluruhan sistem berdasarkan masukan sensor, mikrokontroler mengolah setiap masukan dari sensor sesuai dengan algoritma pemrograman sistem sehingga dapat mengeluarkan output yang diinginkan seperti mengaktifkan driver relay motor, menampilkan data pada LCD, dan membuka atau menutup valve.



Gambar 8. Rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno

**C. Rangkaian Sensor MQ-7**

Pada perancangan ini sensor MQ-7 berfungsi untuk mendeteksi kadar gas karbon monoksida di dalam ruangan.



Gambar 9. Konfigurasi MQ7 Untuk Arduino Uno

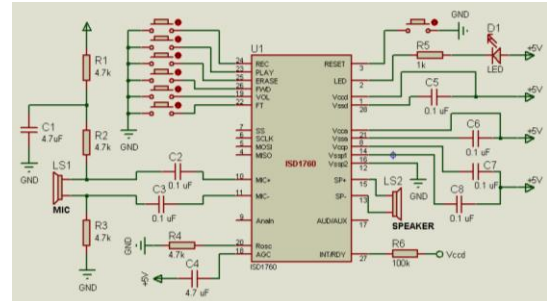
Sensor MQ-7 sudah dilengkapi dengan ADC resolusi 10 bit dalam modulnya, sehingga data yang dikirimkan ke mikrokontroler ATmega328 sudah dalam bentuk digital. Jika data yang dikirim dan diterima oleh mikrokontroler ATmega328 adalah 10 bit, maka nilai satuan ke PPM (*Part Per Million*) nya dapat dicari dengan cara berikut :

- Konversi dari ADC ke PPM  
10 bit = 0 – 1023
- Range deteksi sensor gas MQ-7  
20 – 2000 PPM CO
- Linierisasi ADC ke PPM  
 $(2000 - 20) / 1024 = 1980/1024 = 1,934$  PPM  
Jadi, didapat nilai 1 karakter ADC adalah 1,934 PPM.

**Uno**

**D. Rangkaian ISD1760**

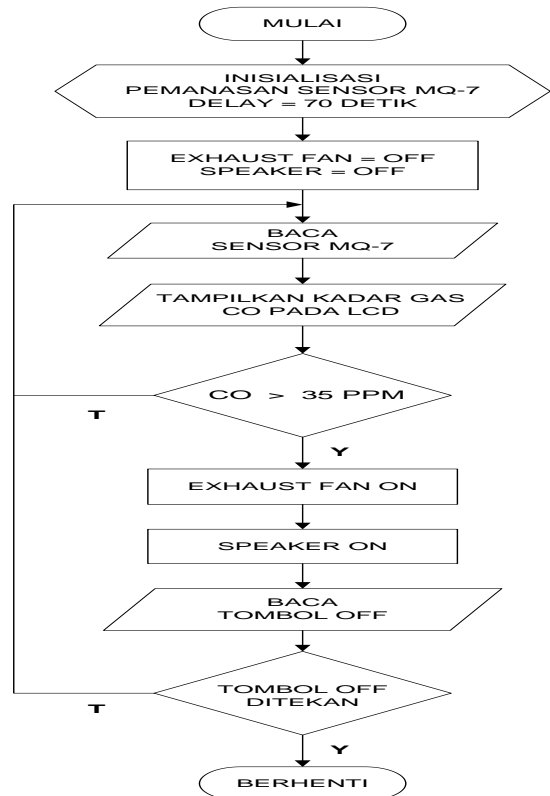
ISD1760 pada perancangan ini digunakan sebagai modul perekam dan pemutar suara yang akan memberi peringatan bahwa kadar gas karbon monoksida dalam ruangan sudah melebihi nilai ambang batas. Modul suara ISD1760 ini akan menyala ketika gas karbon monoksida dalam ruangan lebih dari 35 PPM.



Gambar 10. Rangkaian ISD1760

**E. Perancangan Software**

Tahapan perancangan software ini menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrograman. Tahap awal dalam perancangan software adalah *flowchart* yang berfungsi sebagai acuan dan koreksi apabila terjadi kesalahan saat eksekusi program. Berikut flowchart sistem nya.



Gambar 11. Flowchart Sistem

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Sensor MQ-7**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keluaran kaki Sensor MQ-7 ketika mendapat masukan gas karbon monoksida, dengan menggunakan multimeter sehingga mendapatkan data berupa besaran tegangan. Tabel data hasil dari pengukuran di tunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Tegangan Keluaran Sensor MQ-7

No	Gas CO (PPM)	Vout (Volt)
1	20,5	1,67
2	25,3	1,78
3	30,6	1,88
4	35,4	2,05

Berdasarkan data hasil pengujian tegangan keluaran sensor MQ-7 pada Tabel 3 dapat di analisis bahwa semakin banyak kadar Gas karbon monoksida (CO) yang terdeteksi oleh sensor MQ-7 maka tegangan keluaran sensor MQ-7 semakin besar.

**B. Pengukuran Gas Karbon Monoksida**

Pengukuran gas karbon monoksida dilakukan untuk mengetahui kadar gas CO dalam ruangan pada kondisi normal. Pengukuran ini dilakukan di dalam ruangan tertutup. Pengukuran gas CO dilakukan sampai dengan lima kali pengujian. Adapun data hasil pengukuran gas karbon monoksida (CO) saat kondisi normal pada ruangan tertutup di tunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Gas CO Pada Kondisi Normal

Pengujian Ke -	Kadar Gas CO
Ke - 1	4,60 PPM
Ke - 2	4,68 PPM
Ke - 3	4,52 PPM
Ke - 4	4,45 PPM
Ke - 5	4,75 PPM
Rata-rata Kadar Gas CO	4,6 PPM

Berdasarkan data hasil pengukuran pada Tabel 4.2 dapat di analisis bahwa pengukuran gas CO dilakukan sebanyak lima kali pengujian dalam ruangan tertutup. Dari kelima pengujian tersebut didapatkan hasil rata-rata kadar gas CO dalam ruangan tertutup pada kondisi normal adalah 4,6 PPM.

**C. Pengujian Netralisir Gas Karbon Monoksida**

Pengujian netralisir gas karbon monoksida dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menetralsir gas CO dalam ruangan yang melebihi nilai ambang batas yaitu lebih dari 35 PPM. Pengujian dilakukan pada ruangan tertutup dengan dimensi : panjang = 40 cm, lebar = 25 cm, tinggi = 30 cm atau dengan volume 30000 m<sup>3</sup>. Adapun data hasil pengujian di tunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Netralisir Gas CO

Pengujian Ke -	Kadar Gas CO	Waktu Netralisir
Ke -1	39,8	5,935 detik
Ke -2	38,1	5,555 detik
Ke -3	37,2	5,535 detik
Rata-rata Gas CO		38,36 PPM
Rata-rata waktu netralisir		5,675 detik

Berdasarkan data hasil pengujian penetralisir gas CO pada Tabel 5 dapat di analisis bahwa, pada pengujian pertama ketika kadar gas CO 39,8 PPM waktu yang dibutuhkan untuk menetralsir gas CO tersebut adalah 5,935 detik. Pada pengujian kedua, yaitu saat kadar gas CO 38,1 PPM waktu yang dibutuhkan untuk menetralsir adalah 5,555 detik. Pengujian terakhir pada saat kadar gas CO 37,2 PPM waktu menetralsir yang dibutuhkan adalah selama 5,535 detik. Dari ketiga pengujian tersebut didapatkan hasil rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menetralsir gas CO dalam ruangan adalah selama 5,675 detik.

**D. Pengujian Driver Relay**

Pengujian *driver relay* dilakukan dengan cara mengukur tegangan kerja pada saat *relay* bekerja atau dalam keadaan tidak bekerja dengan menggunakan multimeter. *Driver relay* disini digunakan sebagai pengendali keluaran sistem yang diinginkan apabila *driver* menerima data dari mikrokontroler seperti mengaktifkan *exhaust fan* dan ISD1760. Adapun data hasil pengujian *driver relay* yang digunakan pada sistem pengendalian sirkulasi udara berdasarkan kadar gas karbon monoksida dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Tegangan Driver Relay

No	Relay	Kondisi	Tegangan
1	Relay 1 (Exhaust Fan)	Aktif	4,56 V
		Nonaktif	0 V
2	Relay 2 (ISD1760)	Aktif	4,92 V
		Nonaktif	0 V

Berdasarkan data hasil pengujian *driver relay* seperti pada Tabel 6 dapat di analisis bahwa tegangan *relay* penggerak *exhaust fan* yang diperoleh ketika sedang aktif adalah 4,56 volt. Sedangkan tegangan *relay* modul suara ISD1760 ketika sedang aktif adalah 4,92 volt. Saat relay tidak aktif, tegangan yang terukur pada multimeter adalah 0 volt.

**E. Pengujian Keseluruhan**

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai perencanaan yaitu berdasarkan *flowchart*. Adapun hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 7.



Tabel 7. Data Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Pengendalian Sirkulasi Udara Dalam Ruangan Berdasarkan Kadar Gas CO

No	Peralatan	Kondisi	Tegangan
1	Sensor MQ-7	Aktif	4,53 V
2	Exhaust Fan	Aktif	224,3 V
		Nonaktif	0,015 V
3	ISD1760	Aktif	0,028 V
		Nonaktif	0 V

Berdasarkan data hasil pengujian yang diperoleh seperti pada Tabel 7 dapat di analisis bahwa tegangan kerja sensor MQ-7 ketika aktif adalah 4,53 volt. Semakin banyak kadar gas CO yang terdeteksi maka tegangan keluaran sensor MQ-7 yang dihasilkan semakin besar. sensor MQ-7 dapat bekerja dengan baik sebagai detektor gas karbon monoksida. Ketika sensor MQ-7 mendeteksi adanya gas karbon monoksida dalam ruangan maka sensor MQ-7 akan mengirimkan data berupa sinyal analog ke mikrokontroler. Sinyal tersebut kemudian diolah dan diproses oleh mikrokontroler sehingga informasi gas karbon monoksida (CO) tersebut dapat ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) berupa satuan PPM (*Part Per Million*). Selain menampilkan kadar gas karbon monoksida, LCD juga menampilkan informasi aktif atau tidak nya *exhaust fan*.

Ketika sensor MQ-7 mendeteksi bahwa kadar gas karbon monoksida dalam ruangan sudah lebih dari 35 PPM maka *exhaust fan* akan aktif untuk membuang gas CO ke luar ruangan. Tegangan *exhaust fan* ketika aktif adalah 224,3 volt dan tegangan ketika *exhaust fan* tidak aktif adalah 0,015 volt. Modul suara ISD1760 juga akan aktif untuk memberikan memberitahukan bahwa gas karbon monoksida dalam ruangan sudah melebihi nilai ambang batas. Tegangan keluaran modul suara ISD1760 ketika sedang aktif adalah 0,028 volt dan tegangan modul suara ISD1760 ketika tidak aktif adalah 0 volt.

## V. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan pada sistem pengendalian sirkulasi udara dalam ruangan berdasarkan kadar gas karbon monoksida (CO), menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak kadar gas karbon monoksida yang terdeteksi oleh sensor MQ-7 maka tegangan keluaran yang dihasilkan juga semakin besar dengan range 1 volt sampai dengan 5 volt.
2. Sistem pengendalian sirkulasi udara dalam ruangan berdasarkan kadar gas karbon monoksida yang dihasilkan dapat bekerja dengan baik untuk meminimalisir kadar gas CO pada range lebih dari 35 PPM.
3. Rata-rata kadar gas karbon monoksida (CO) yang terukur dalam ruangan tertutup pada kondisi normal adalah 4,6 PPM.

4. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menetralkan gas CO dalam ruangan tertutup dengan volume 30000 m<sup>3</sup> adalah selama 5,675 detik.

## Saran

1. Gunakan sensor gas karbon monoksida tipe lain dengan tingkat sensitivitas yang lebih baik untuk mendapatkan hasil pembacaan yang lebih akurat.
2. Alat dilengkapi dengan sensor kecepatan sehingga kecepatan putar (RPM) dari exhaust fan dapat ditampilkan pada LCD.
3. Diusahakan ada data perbandingan antara sensor yang dipakai dengan standar alat ukur gas CO agar dapat diketahui error dari rancang bangun yang dibuat.

## REFERENSI

- [1] Agustinus, Leonard, dkk. *Rancang Bangun Prototype Pendeteksi Kadar CO Sebagai Informasi Kualitas Udara Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Coding Sistem Komputer Untan, Volume 3, No. 2 (2015).
- [2] Arduino. *Arduino Board Uno*. Online <http://arduino.cc>. Di Akses 21 April 2017.
- [3] Arif, Sumantri. 2015. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : Kencana.
- [4] Didik, Sarudji. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung : Karya Putra Darwati.
- [5] DR.P.V. Chadha. 1995. *Karbon Monoksida, Ilmu Forensik dan Toksikologi*. Edisi ke-5. Jakarta : Widya Medika.
- [6] Fardiaz, Sriandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius.
- [7] Goldstein, Mark. *Carbon Monoxide Poisoning*. Journal of Emergency Nursing (2008).
- [8] Khalidin. 2015. *Pemberi Pakan Ayam Secara Otomatis Menggunakan PLC*. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [9] Nurullita, Ulfa dan Mifbakhuddin. 2015. *Adsorpsi Das Karbon Monoksida (CO) Dalam Ruangan Dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dan Kulit Durian*. Universitas Muhammadiyah, Semarang.
- [10] P. Wulan Apriliyanti. 2012. *Rancang Bangun dan Analisis Sistem Pemantau Polusi Udara Pada Area Parkir Tertutup Menggunakan FPGA Xilinx Spartan 3E Dan Sensor Gas Co MQ-7*. Universitas Indonesia, Depok.
- [11] Rezki, Nanda, dkk. 2013. *Rancang Bangun Prototype Pengurang Bahaya Gas Polutan Dalam Ruangan Dengan Metode Elektrolisis Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Andalas, Padang.
- [12] Rivanda, Andrian. *Pengaruh Paparan Karbon Monoksida Terhadap Daya Konduksi Trakea*. Jurnal Majority, Volume 4, No. 8 (2015).
- [13] RI Departemen Kesehatan. 2010. *Kandungan Zat Berbahaya Dalam Rokok*. Online <http://promkes.depkes.go.id>. Di akses 14 Februari 2017.
- [14] Setiawan, Dany. *Arduino Uno*. Online <http://ilmuti.org>. Di Akses 21 April 2017.[15] Suraputra, Reza. 2011. *Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Penjerap Asap Kebakaran Menggunakan Zeolit Alam Lampung Termofifikasi TiO<sub>2</sub>*. Universitas Indonesia, Depok.
- [16] Victor V. Kosegeran. *Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Hidro Karbon (HC) Pada Gas Buang Kendaraan Bermotor*. e-Journal Teknik Elektro dan Komputer (2013).