

# RANCANG BANGUN ALAT MONITORING KADAR UDARA BERSIH DAN GAS BERBAHAYA CO, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI DALAM RUANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Slamet Widodo<sup>1</sup>, M.Miftakhul Amin<sup>2</sup>, Adi Sutrisman<sup>2</sup>, Aldo Aziiz Putra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang  
30139 Telp.0711-353414 Fax.0711-355918 website: <http://polsri.ac.id>

<sup>1</sup>slamet\_widodo2003@yahoo.com

**Abstrak:** Dalam kehidupan manusia tidak terlepas dari adanya Gas karbon monoksida, Gas CO, Gas Karbondioksida CO<sub>2</sub>, dan Gas Metana yaitu hidrokarbon CH<sub>4</sub>. Gas CO yang tidak berbau sangat berbahaya bagi manusia yang menghirup udara secara langsung karena kekurangan oksigen dan menyebabkan lemas karena pengaruh gas beracun. Metana (*Methane*) adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas. Metana murni tidak berbau, tidak berwarna, *extremely flammable* (sangat mudah terbakar), *asphyxiant* (mampu menggeser oksigen), *non toxic* dan *non corrosive*. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (karbondioksida). Gas CO<sub>2</sub> bersifat *asphyxiant* yaitu pada konsentrasi yang tinggi dapat menggantikan *oxygen* di udara, dan menimbulkan sesak napas dan rasa tercekik. Bahaya Gas Metana adalah salah satu gas rumah kaca atau (*greenhouse gas*) disingkat GHG dan merupakan penyebab terbesar pemanasan global dalam beberapa tahun terakhir. Dari fenomena di atas pada penelitian ini bagaimana perancangan alat yang digunakan untuk mendeteksi besar kandungan dari gas CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di udara pada suatu ruangan tertutup. Alat ini menggunakan sensor gas MQ 135 dengan tipe berbeda berdasarkan sensitivitas dari ketiga gas tersebut. Pengendali utama alat dengan mikrokontroler ATMEGA 8535 yang digunakan memonitor kadar gas yaitu output tampilan LCD, indikator LED dan blower sebagai netralisir udara bersih dari polutan gas berbahaya. Dari hasil pengujian alat dengan menggunakan sensor MQ 135 terhadap kandungan gas CO, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> data yang diterima oleh sensor masih dalam satuan ppm dan dikonversi dalam bentuk persen berdasarkan maksimum ppm *detection range* oleh masing-masing sensor. Sensor CO dengan maksimum *range* 2000 ppm, CO<sub>2</sub> dengan maksimum *range* 10000 ppm, dan CH<sub>4</sub> dengan maksimum *range* 20000 ppm. Hasil dari lima kali pengujian masing-masing kadar gas pengukuran sensor CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> menunjukkan nilai rata-rata untuk gas CO 0.0562 % dengan nilai tegangan 0.428 Volt, untuk Gas CO<sub>2</sub> nilai rata-rata 0.0127 % dengan nilai tegangan 0.476 Volt, dan nilai rata-rata untuk gas CH<sub>4</sub> 0.00488 % dengan nilai tegangan 0.364 Volt. Dari data hasil pengukuran sensor CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> dapat disimpulkan bahwa tegangan yang didapat dari hasil pengukuran dipengaruhi oleh jumlah kadar gas berbahaya. Semakin tinggi kadar gas maka semakin tinggi pula tegangan yang diperoleh masing-masing sensor.

Kata kunci: Sensor Gas MQ 135, mikrokontroler ATMEGA 8535, Gas CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.

**Abstrack:** *In our life, we can not be separated from the Carbon Monoxide (CO) Gas, Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Gas, and Methane Gas (CH<sub>4</sub>) hydrocarbons. CO gas that does not have smell is very harmful to people who inhale air directly due to lack of oxygen and causes weakness due to the influence of toxic gases. Methane is the simplest form hydrocarbon gas. Pure methane is odorless, colorless, extremely flammable, asphyxiant (non-toxic and non corrosive). Burning one molecule of methane with oxygen will release one molecule*

*of CO<sub>2</sub> (carbon dioxide). CO<sub>2</sub> gas is asphyxiant that is at a high concentration can replace oxygen in the air and causes shortness of breath and sense of choking. Dangers of Gas Methane is one of greenhouse gas (GHG) and is the biggest caused of global warming in recent years. Based on the above phenomenon in this study how the design of tools used to detect the large content of CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> in the air in a closed room. This tool uses gas sensor MQ 135 with different types based on the sensitivitas of the three gases.*

*The main controller of the device with the ATMEGA 8535 microcontroller used to monitor gas kadas is LCD display output, LED indicators and blowers as neutralizing clean air from harmful gas pollutants. Based on the result of the testing of the instrument using the MQ 135 sensor to the CO, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> gas content received by the sensor is still in ppm unit and converted in percent form based on the maximum ppm detection range by each sensor. Sensor CO with maximum range 2000 ppm, CO<sub>2</sub> with maximum range of 10000 ppm, and CH<sub>4</sub> with maximum range of 20000 ppm. The results of the five tests of each gas measurement of CO, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> measurements show the average value for CO 0,0562% gas with a voltage value of 0.428 Volts, for CO<sub>2</sub> gas an average value of 0.0127% with a voltage value of 0.476 Volts, and the average value for CH<sub>4</sub> 0.00488% gas with a voltage value of 0.364 Volts. From the measurement data of sensors CO, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> can be concluded that the voltage obtained from the measurement results are influenced by the amount of dangerous gas levels. The higher the gas content the higher the voltage obtained by each sensor.*

**Keywords:** Gas Sensor MQ 135, ATMEGA 8535 microcontroller, Gas CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Ruangan yang bersih adalah ruangan yang sehat. Dari kalimat tersebut dapat dijelaskan bahwa sebuah ruangan perlu dijaga kebersihannya dari debu, sampah, dan bahkan udara kotor dengan cara diberikan sistem sirkulasi udara yang baik. Namun tidak semua ruangan bisa terjamin kebersihan udaranya. Misalnya saja ruangan dengan kedalaman tertentu di bawah permukaan bumi seperti pertambangan, galian sumur, *drainase sewerage*, dan sebagainya. Berbagai macam kegiatan dari penelitian, proses produksi, perawatan hingga perbaikan alat atau mesin, sering dilakukan didalam ruangan tersebut.

Pada kedalaman tertentu di bawah permukaan bumi terdapat gas berbahaya seperti Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas Metana (CH<sub>4</sub>). Sedangkan gas Karbon Monoksida (CO) bisa dihasilkan dari

kebocoran ataupun emisi bahan bakar yang digunakan sebagai sumber tenaga penggerak dari genset dan pengatur suhu ruangan. Ketiga gas tersebut sangat berbahaya jika menumpuk didalam ruangan tanpa sirkulasi udara yang kurang baik. Gas berbahaya yang menumpuk akan sering terhirup oleh pekerja yang berada di dalam ruangan tersebut.

Karbon Monoksida (CO) adalah pembunuh yang tidak tampak, karena keberadaannya tidak dapat dideteksi dengan penglihatan atau bau. Lazimnya orang mengaitkan keracunan Karbon Monoksida dengan kendaraan yang beroperasi di daerah tertutup atau pemanas ruangan yang dirancang kurang baik.

Lima karyawan klinik telah meninggal dunia setelah menjadi korban keracunan gas genset di Klinik dan apotik Sapta Mitra, Pondok Timur Bekasi, Jawa Barat, Selasa (11/2). Kalangan medis menilai peristiwa tersebut dipicu kebocoran karbon monoksida dari genset yang terlalu lama dihirup korban. "Karbon monoksida merupakan gas yang berbahaya bagi tubuh bila dihirup dalam jangka waktu lama," kata dokter Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kota Bekasi Firdaus Jaya di Bekasi, Selasa (11/2). Menurutnya, korban tak akan menyadari telah menghirup gas tersebut karena karbon monoksida tidak berwarna. Meskipun berbau, korban yang sedang tertidur tidak akan menyadarinya. "Karena sedang tidur, mereka sulit membedakannya karena karbon monoksida otomatis terhirup layaknya proses bernafas," katanya. (Republika, 2014)

Karbon Monoksida merupakan senyawa molekul kembar yang berupa gas, tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dipakai dalam pembuatan berbagai macam senyawa organik dan anorganik. Gas ini juga sangat beracun terhadap manusia (Arty, 2005:398).

Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) tidak mudah terbakar, tidak berwarna, tidak berbau, berasa sedikit asam, dan tidak menyala pada suhu ruangan. Jika sering terhirup maka akan terjadi gejala-gejala seperti perubahan tekanan darah, telinga mendenging, mual, kesulitan bernafas, detak jantung tidak teratur, sakit kepala, mengantuk, pusing, sensasi *tingling*, tremor, lemah, gangguan penglihatan, konvulsi, hilang kesadaran, dan bahkan koma (Badan POM RI, 2010).

Tiga orang penggali sumur meninggal dunia setelah menghirup gas beracun  $CO_2$  konsentrasi tinggi, kejadian berlangsung disaat ketiga orang tersebut menggali sumur pada kedalaman 16 meter, dilokasi sekitar G. Dieng. Kepala Badan Geologi, Bambang Dwiyanto menjelaskan, bahwa kejadian meninggalnya 3 orang penggali sumur pada tanggal 3 Desember 2007, pukul 13:30 WIB, di Desa Gerlang, Kecamatan Blado, Kabupaten Batang, Propinsi Jawa Tengah, disebabkan oleh gas beracun  $CO_2$  konsentrasi tinggi, pada kedalaman penggalian 16 meter, dimana menurut pengecekan dilapangan kedalaman diatas 6 meter terdapat kandungan gas  $CO_2$  dengan kadar diatas ambang normal (*esdm.go.id*, 2016).

Metana ( $CH_4$ ) merupakan gas yang tidak berwarna, sehingga tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Tetapi metana dapat diidentifikasi melalui indra penciuman karena baunya yang khas. Metana dapat ditemukan pada kotoran hewan. Selain pada kotoran, hewan juga menyuplai gas metana melalui proses sendawa. Metana juga ditemukan pada kotoran manusia. Gas elpiji yang kita gunakan juga mengandung gas metana. Metana terdapat pada sampah-sampah organik setelah dilakukan perombakan oleh bakteri (Safrizal, 2012).

Biasanya, gas metana ( $CH_4$ ) dan gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) ada di kedalaman 50 meter di bawah

permukaan tanah. Jadi semakin dalam kita mengebor, kemungkinan menemukan gas tersebut semakin besar (Arfan, 2016).

Tambang Batu Bara di daerah Ngalau Cigak, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumbar, Jumat (24/2) meledak diduga akibat gas metana. Menurut dia, kemungkinan ledakan berasal dari percikan api bersumber dari listrik atau besi yang jatuh, sehingga menyambar gas metana yang ada pada lobang tambang batu bara. Kondisi kandungan gas metana yang diambang normal, akan mudah meledak jika tersulut percikan api. Hal tersebut diperparah dengan kondisi lubang tambang dalam yang tidak menggunakan ventilasi buatan dan hanya mengandalkan ventilasi alami. (*antaranews.com*, 2014).

Masalah kesehatan akan timbul jika terhirup gas metana dalam konsentrasi tinggi. Gejala-gejala yang timbul adalah kekurangan oksigen, nafas menjadi cepat, denyut nadi meningkat, koordinasi otot menurun, emosi meningkat, mual, muntah, kehilangan kesadaran, gagal nafas, dan kematian (Ansyari, 2014).

Alat yang akan dibuat akan digunakan untuk mendeteksi seberapa besar kandungan dari gas  $CO$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$  pada suatu ruangan tertutup. Alat ini menggunakan sensor gas MQ dengan tipe berbeda berdasarkan sensitivitas dari ketiga gas tersebut. Ketiga sensor ini nantinya akan terhubung dengan mikrokontroler ATMEGA 8535 untuk perancangan sistem secara keseluruhan. Jumlah kadar gas bisa dimonitor lewat tampilan LCD dan indikator LED. Selain itu alat ini juga dilengkapi dengan blower. Jika terdapat kadar gas yang berlebih maka secara otomatis LED merah menyala dan blower akan membuang udara kotor dari dalam simulasi ruangan tertutup. Jika udara

sudah bersih maka LED hijau menyala dan blower akan berhenti berputar.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa ketiga gas tersebut sangat berbahaya jika menumpuk didalam ruangan tanpa sirkulasi udara yang kurang baik. Gas berbahaya yang menumpuk akan sering terhirup oleh orang yang berada di dalam ruangan tersebut. Oleh karena itu penulis ingin merancang sebuah alat dengan judul “Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> Di Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler”

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah pembunuh yang tidak tampak, karena keberadaannya tidak dapat dideteksi dengan penglihatan atau bau. Lazimnya orang mengaitkan keracunan karbon monoksida dengan mobil yang beroperasi di daerah tertutup atau pemanas ruangan (*heater*) yang dirancang kurang baik. Namun demikian setiap hari jutaan manusia menghirup udara yang tercemar dengan karbon monoksida (Arty, 2005:398).

Karbon monoksida merupakan senyawa molekul kembar yang berupa gas, tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dipakai dalam pembuatan berbagai macam senyawa organik dan anorganik. Gas ini juga sangat toksik terhadap manusia. Setelah udara dihirup, karbon monoksida berikatan dengan molekul hemoglobin pada sel darah merah, menggantikan oksigen. Karbon monoksida mengikat hemoglobin dua ratus kali lebih efektif daripada oksigen. Hal ini mencegah butir darah merah membawa oksigen ke jaringan tubuh. Oleh karena itu karbon monoksida merupakan racun yang kerjanya cepat.

Karbon monoksida terbentuk, bila senyawa yang mengandung karbon dibakar dalam udara

yang mengandung sedikit oksigen (miskin oksigen). Pada puncak kesibukan jalan-jalan di jalan raya, karbon monoksida diudara dapat mencapai 100 ppm. Di USA mobil baru harus dilengkapi dengan pengubah katalitik, yang merubah karbon monoksida toksik menjadi karbon dioksida yang tidak toksik. Karbon monoksida juga terdapat pada asap rokok. Seseorang setelah menghisap rokok, memerlukan beberapa jam untuk menggantikan karbon monoksida yang terikat pada hemoglobinnnya. Pada jam sibuk, udara di jalanan mengandung karbon monoksida yang menyebabkan kepala terasa pening, atau merasa ingin muntah.

### B. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Pada bentuk padat dan cair, karbon dioksida bersifat sangat mudah menguap sehingga dapat melepaskan gas dengan segera. Pada konsentrasi 2-10 % dapat menimbulkan rasa asam, dyspnea, sakit kepala, vertigo, mual, kesulitan bernafas, lemah, mengantuk, *mental confusion*, peningkatan tekanan darah, peningkatan denyut jantung, peningkatan laju pernafasan. Paparan 10% karbon dioksida selama beberapa menit dapat menyebabkan gangguan penglihatan, *tinnitus*, tremor, keringat berlebih, gelisah, parestesi, ketidaknyamanan secara umum, hilang kesadaran, dan koma. Pada konsentrasi 25-30 % dapat menyebabkan koma dan konvulsi dalam satu menit. Takikardia dan aritmia juga mungkin terjadi. Pada konsentrasi 50% dapat menimbulkan gejala hipokalsemia termasuk spasme karpopedal (Badan POM RI, 2010).

Kelebihan karbon dioksida untuk waktu tidak lebih dari 5 menit dapat menimbulkan efek pada penglihatan berupa penyempitan area penglihatan, pembesaran *blind spot*, fotofobia, hilangnya konvergensi dan akomodasi, berkurangnya adaptasi terhadap gelap, sakit kepala, insomnia, perubahan kepribadian, sebagian besar depresi dan

iritabilitas. Meskipun terdapat cukup oksigen untuk mencegah terjadinya asfiksia karena karbon dioksida, konsentrasi tinggi dapat menimbulkan efek berat melalui gangguan eliminasi normal dari tubuh.

Pada mulanya, peningkatan konsentrasi paparan karbon dioksida menimbulkan peningkatan laju dan kedalaman ventilasi. Melewati titik tertentu, dapat berbalik menjadi hipoventilasi yang menghasilkan pernafasan asidosis. Kematian karena asfiksia dapat terjadi jika konsentrasi dan durasi paparan memadai.

### C. Metana (CH<sub>4</sub>)

Sampah adalah salah satu sektor hasil dari aktivitas manusia yang berkontribusi dalam pemanasan global. Sampah menyumbang gas rumah kaca dalam bentuk gas metana (CH<sub>4</sub>) dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Sampah yang tertimbun dalam jangka waktu tertentu akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas-gas yang menyebar diudara, Gas-gas yang dihasilkan dari proses degradasi sampah organik diantaranya yang paling banyak dihasilkan yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Gas metana yang dilepaskan ke udara begitu saja memiliki emisi gas rumah kaca sebesar 21 kali lebih buruk dari CO<sub>2</sub>. (Hapsari dan Wilujeng, 2011)

Metana merupakan komponen utama dari gas alam. Komposisi gas alam adalah: 75% *methane*, 15% *ethane*, 5% *hidrocarbon* lain seperti: *propane*, *butane*. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (karbondioksida) dan dua molekul H<sub>2</sub>O (air):  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$  Metana termasuk salah satu gas rumah kaca atau (*greenhouse gas*) disingkat GHG dan merupakan penyebab terbesar pemanasan global dalam beberapa tahun terakhir.

Konsentrasi metana di atmosfer pada tahun 1998, dinyatakan dalam fraksi mol, adalah 1.745

nmol/mol (bagian per miliar), naik dari 700 nmol/mol pada tahun 1750. Pada tahun 2008, kandungan gas metana di atmosfer sudah meningkat kembali menjadi 1.800 nmol/mol.

Metana adalah molekul tetrahedral dengan empat ikatan C-H yang ekuivalen. Struktur elektroniknya dapat dijelaskan dengan 4 ikatan orbital molekul yang dihasilkan dari orbital valensi C dan H yang saling melengkapi. Energi orbital molekul yang kecil dihasilkan dari orbital 2s pada atom karbon yang saling berpasangan dengan orbital 1s dari 4 atom hidrogen.

Pada suhu ruangan dan tekanan standar, metana adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Bau dari metana (yang sengaja dibuat demi alasan keamanan) dihasilkan dari penambahan odoran seperti metanathiol atau etanathiol. Metana mempunyai titik didih -161 °C (-257.8 °F) pada tekanan 1 atmosfer. Sebagai gas, metana hanya mudah terbakar bila konsentrasinya mencapai 5-15% di udara. Metana yang berbentuk cair tidak akan terbakar kecuali diberi tekanan tinggi (4-5 atmosfer).

Efek akut dari terpapar oleh gas metana adalah kekurangan oksigen, yaitu < 16%. Masalah kesehatan akan timbul jika terhirup gas metana dalam konsentrasi tinggi. Gejala-gejala yang timbul adalah kekurangan oksigen, nafas menjadi cepat, denyut nadi meningkat, koordinasi otot menurun, emosi meningkat, mual, muntah, kehilangan kesadaran, gagal nafas, dan kematian.

### D. Udara

Udara merupakan salah satu unsur alam yang pokok bagi makhluk hidup yang ada di muka bumi terutama manusia. Tanpa udara yang bersih maka manusia akan terganggu terutama kesehatannya yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer

dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti.

Tabel 1. Komposisi Udara Bersih  
 (Sumber: <http://www.trinitydemo3.net>)

Jenis gas	Formula	Konsentrasi (% volume)	Ppm
1. Nitrogen	N <sub>2</sub>	78,08	780,800
2. Oksigen	O <sub>2</sub>	20,95	209,500
3. Argon	Ar	0,934	9,340
4. Karbon Dioksida	CO <sub>2</sub>	0,0314	314
5. Neon	Ne	0,00812	18
6. Helium	He	0,000524	5
7. Methana	CH <sub>4</sub>	0,0002	2
8. Krypton	Kr	0,000114	1

Tabel 2. Udara Bersih dan Udara Tercemar

Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
Bahan Partikel	0,01 – 0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,07 – 0,7 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 2 ppm
CO	< 1 ppm	5 – 200 ppm
NO <sub>2</sub>	0,003 – 0,02 ppm	0,02 > ppm
CO <sub>2</sub>	310 – 330 ppm	350 > ppm
Hidro karbon	< 1 ppm	1 – 20 ppm

#### E. Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll (Heryanto, 2008).

Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATmega8535.

ATmega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega8535 dapat dikonfigurasi, baik secara *single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, ADC ATmega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

ATmega8535 memiliki 3 modul timer yang terdiri dari 2 buah *timer/counter* 8 bit dan 1 buah *timer/counter* 16 bit. Ketiga modul *timer/counter* ini dapat diatur dalam mode yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, semua *timer/counter* juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing *timer/counter* ini memiliki register tertentu yang digunakan untuk mengatur mode dan cara kerjanya.

*Serial Peripheral Interface* (SPI) merupakan salah satu mode komunikasi serial *synchronous* kecepatan tinggi yang dimiliki oleh ATmega8535. *Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter* (USART) juga merupakan salah satu mode komunikasi serial yang dimiliki oleh ATmega8535. USART merupakan komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi, yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART.

#### F. Sensor MQ



Gambar 1. Sensor MQ  
(Sumber: <http://www.mindkits.co.nz>)

Sensor MQ adalah sensor yang memonitor kualitas udara untuk mendeteksi gas-gas di udara. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistensi analog di pin keluarannya. Pin keluaran ini bisa disambungkan dengan pin ADC (*analog-to-digital converter*) di mikrokontroler / pin analog input Arduino dengan menambahkan satu buah resistor saja (*arduino playground*, 2015). Pada modul sensor gas MQ terdapat 2 buah LED indikator yaitu LED indikator merah dan LED indikator hijau. Pada saat power-up, LED merah akan berkedip sesuai dengan alamat I2C modul. Jika alamat I2C adalah 0xE0 maka LED indikator akan berkedip 1 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE2 maka LED indikator akan berkedip 2 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE4 maka LED indikator akan berkedip 3 kali dan demikian seterusnya sampai alamat I2C 0xEE maka LED indikator akan berkedip 8 kali.

Pada sensor gas MQ ini terdapat internal heater. Kondisi heater pada sensor sangat penting, karena sensor baru bisa bekerja dalam keadaan stabil jika heating voltage pada sensor sudah terpenuhi. Spesifikasi sensor gas MQ untuk heating voltage (high) sebesar 5V dengan waktu heating selama 60 detik untuk mencapai kondisi stabil sensor. Sedangkan untuk heating voltage (low) sebesar 1.4V dengan waktu heating selama kurang lebih 90 detik untuk mencapai kondisi sensor yang stabil. Pada kondisi operasi normal (setelah kondisi power-up), LED merah akan menyala atau padam sesuai dengan hasil pembacaan sensor dan mode operasi yang dipilih. Sedangkan selama hasil

pembacaan sensor stabil, LED hijau akan tetap menyala dan hanya berkedip pelan (tiap 1 detik) jika ada perubahan konsentrasi gas.

#### G. Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 Module



Gambar 2. Liquid Crystal Display 16x2 Module  
(Sumber: <https://electrosome.com/interfacing-lcd-atmega32-microcontroller-atmel-studio/>)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. Pada bab ini aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah "0". Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table diskripsi, interface LCD merupakan sebuah parallel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu.

#### H. Blower



Gambar 3. Blower  
(Sumber: <http://www.rudydewanto.com/2010/01/a3.html>)

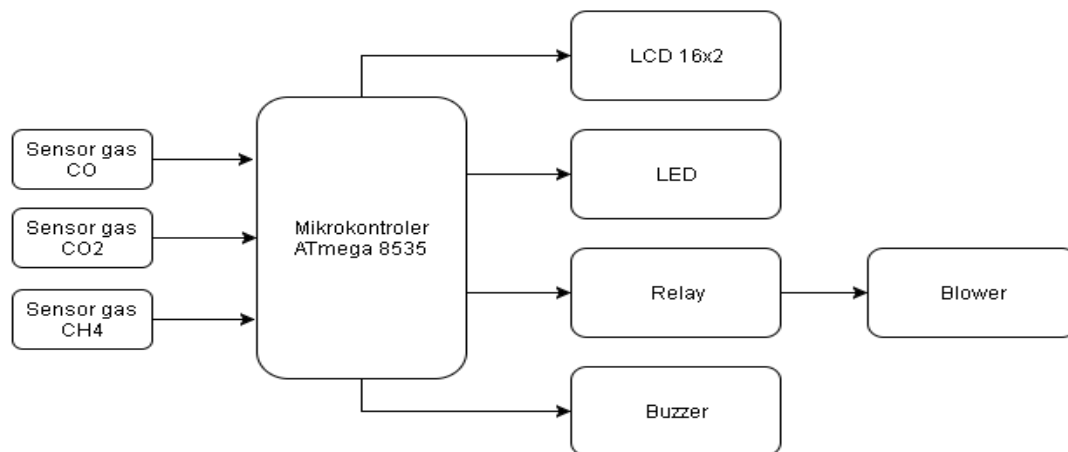
Penghisap udara atau yang kita kenal dengan *Blower* adalah sebuah alat untuk menyedot atau menyaring udara yang tidak kita inginkan supaya keluar, seperti udara sisa pembakaran atau udara

saat kita memasak. Proses kerja dari blower sangatlah sederhana, dengan menggunakan kipas seperti kipas angin pada umumnya. Berbeda dengan kipas angin, blower memiliki lekukan kipas yang mengarah keluar karena fungsinya adalah mengeluarkan udara dari dalam (Anonim, 2012)

Udara yang di sedot oleh *blower* biasanya udara atau asap yang bisa menyesak nafas kita seperti ruangan ber AC yang penuh sesak dengan asap rokok. Udara tersebut di sedot oleh blower keluar ruangan dan biasanya tempat pembuangannya itu di arahkan ke atas.

*Blower* banyak sekali di gunakan di sekitar kita baik di rumah, kantor, atau dapur di rumah dan

#### 1. Diagram Blok



Gambar 4. Diagram Blok Alat

Kerja rangkaian blok diagram:

1. Tiga buah sensor gas yang berfungsi mendeteksi kadar gas *CO*, *CO2*, dan *CH4* pada simulasi ruangan.
2. Mikrokontroler *ATMega8535* sebagai pengontrol sistem pada semua perangkat, selain itu Mikrokontroler juga berfungsi sebagai pengolah data analog dari sensor menjadi data digital untuk mengaktifkan LCD, blower, LED dan buzzer.
3. LCD berfungsi sebagai penampil data hasil konversi Mikrokontroler dari sinyal analog menjadi sinyal digital.

restoran. Model dan ukuran *blower* sangat bervariasi tergantung kebutuhan.

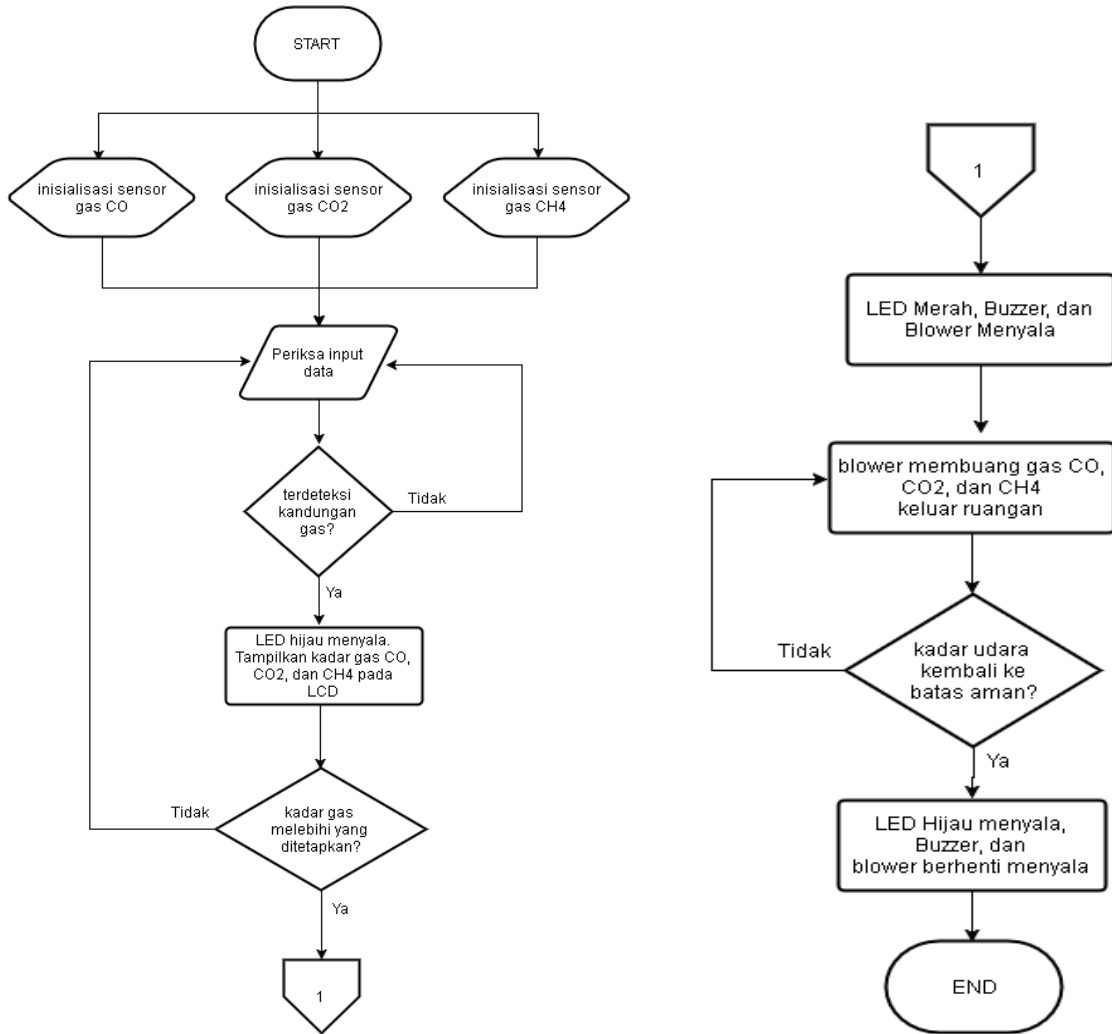
Walaupun daya listrik untuk *blower* sangat besar yaitu sekitar 200- 350 watt setiap penggunaannya, ternyata banyak juga orang yang menggunakan blower karena memang sangat penting.

Contoh penghisap udara atau *blower* yang sering kita lihat adalah yang berukuran kecil, biasanya di pasang di kamar untuk mengeluarkan udara yang pengap atau asap serta debu dari dalam kamar seperti asap rokok.

4. LED berfungsi sebagai indikator kadar gas yang ditampilkan pada LCD. Ada dua macam LED pada alat rancangan. LED hijau sebagai indikator aman dan LED untuk mengindikasikan bahwa kadar gas melewati batas yang ditentukan.
5. Buzzer sebagai alarm.
6. Relay berfungsi sebagai saklar penghubung antara mikrokontroler dengan blower.



J. Flowchart

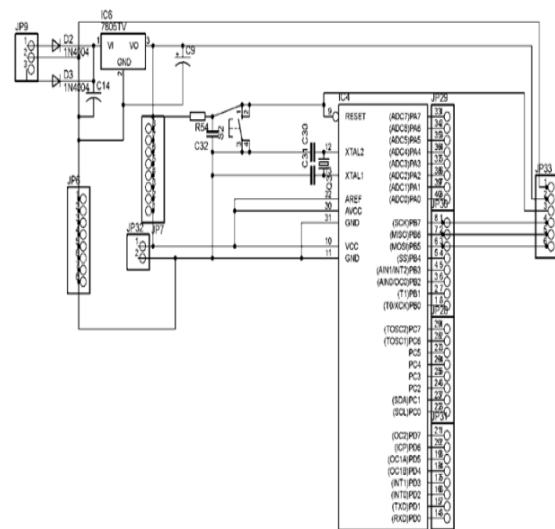


Gambar 5. Flowchart Sistem Alat

K. Skema Rangkaian

1. Rangkaian Sistem Minimum

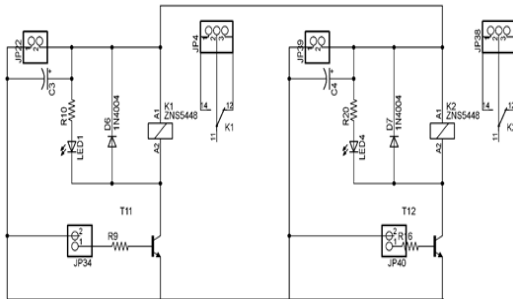
Mikrokontroler merupakan pusat pengendali namun dalam aplikasinya mikrokontroler memerlukan rangkaian tambahan supaya bisa berjalan. Mikrokontroler dengan rangkaian tambahan sering disebut sebagai sistem minimum dari mikrokontroler. Pada pembuatan alat ini penulis menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Berikut merupakan rangkaian sistem minimum dari alat monitoring kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di dalam ruangan berbasis mikrokontroler.



Gambar 6. Schematic Rangkaian Sistem Minimum

## 2. Rangkaian Relay

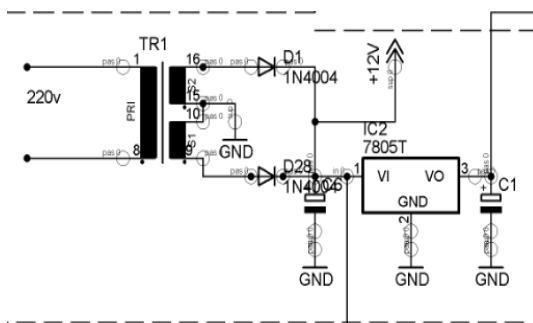
Pada gambar berikut merupakan rangkaian *relay* pada Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> Di Dalam Ruang Berbasis Mikrokontroler



Gambar 7. Schematic Rangkaian Relay

## 3. Rangkaian Power Supply

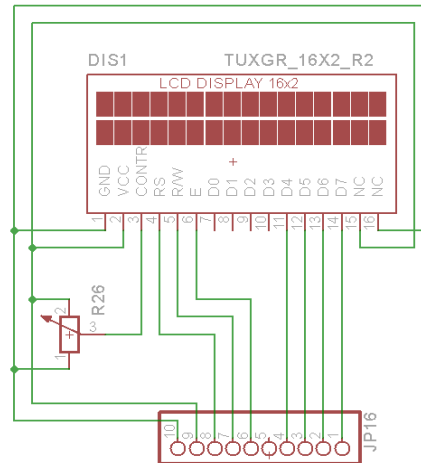
Gambar berikut ini merupakan rangkaian *power supply* yang terdiri dari IC *regulator*, kapasitor elektrolit dan *transformator*. sumber catu daya (*power supply*) adalah sumber bolak-balik AC dari pembangkit tenaga listrik.



Gambar 8. Rangkaian Power Supply

## 4. Rangkaian LCD

Gambar di bawah ini merupakan rangkaian LCD pada alat monitoring kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>. LCD menampilkan ketiga kadar gas pada udara di dalam simulasi ruangan.



Gambar 9. Schematic Rangkaian LCD

## 5. Skema Rangkaian Keseluruhan

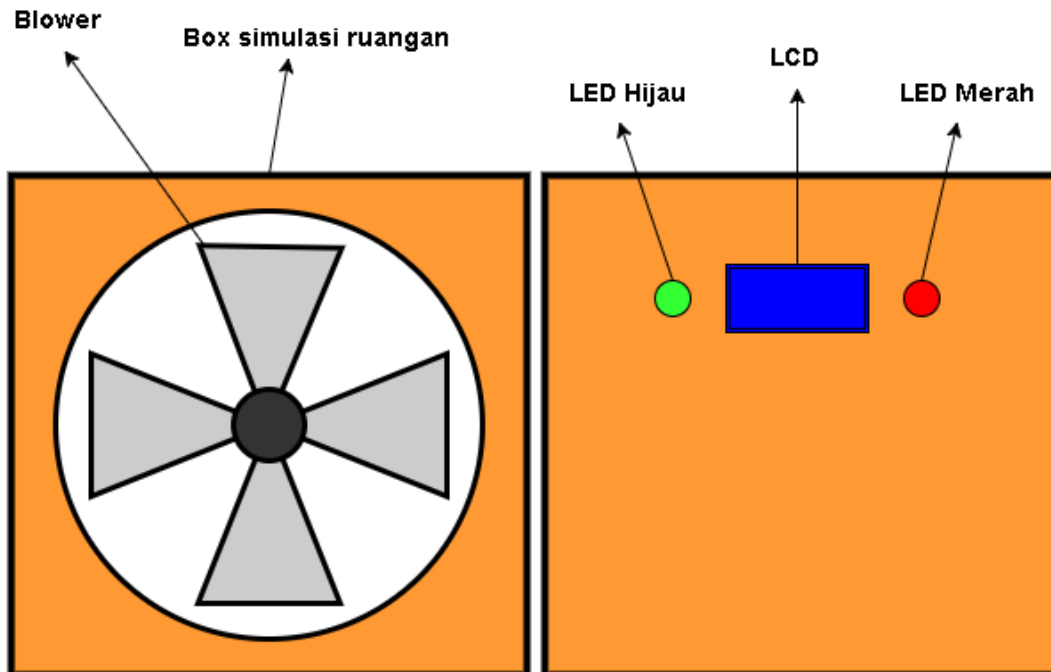
Di bawah ini merupakan skema rangkaian keseluruhan dari alat monitoring kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di dalam ruangan berbasis mikrokontroler.

### L. Perancangan Mekanik

Setelah selesai tahapan merancang *hardware* dan *software*, maka kita dapat merencanakan pembuatan tempat meletakkan seluruh rangkaian yang telah dibuat. Tahapan ini adalah bagian yang paling penting dalam sebuah perancangan alat. Karena berhasil atau tidaknya suatu alat atau perangkat yang dibuat, ditentukan oleh desain rangkaian yang kita buat. Oleh karena itu, dalam membuat desain, kita harus memperhatikan karakteristik dari setiap komponen yang kita gunakan dan kita juga harus memperhatikan bahwa setiap komponen tersebut saling terhubung sesuai dengan fungsinya. Pada saat peletakan komponen, perancangan mekanik ini harus sesuai pada tempatnya. Karena jika peletakan komponennya salah atau tidak sesuai, akan mengakibatkan tidak berjalannya alat sesuai dengan yang diinginkan.

Adapun proses perencanaan pembuatan *box* sebagai wadah peletakan rangkaian power supply, sistem minimum, relay, LED, dan LCD adalah sebagai berikut:

1. Buatlah lubang-lubang pada *box* yang sudah tersedia. Susun dan pasang rangkaian di dalam *box* secara teratur. Atur posisi rangkaian sehingga tidak terlihat menumpuk.
2. Potong papan dan triplek lalu bentuk sesuai dengan simulasi ruangan yang diinginkan. Berikan sekat pada simulasi ruangan untuk tiga gas yang berbeda ( $CO$ ,  $CO_2$  dan  $CH_4$ ). Tiap sekat dipasang sensor gas MQ. Tutup bagian depan dengan menggunakan triplek. Lubangi triplek pada bagian yang ingin digunakan sebagai tempat masuknya gas  $CO$ ,  $CO_2$  dan  $CH_4$ , lalu masukan *box* yang berisi rangkaian yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 10. Ilustrasi Alat Pendeteksi Gas  $CO$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$

#### 1. Cara Kerja Alat

Rangkaian ini memerlukan dua daya yang bersumber dari transformator. Daya yang pertama dengan tegangan output 12 volt akan dialirkan menuju IC regulator. Fungsi dari IC regulator adalah untuk mengatur tegangan input yang diberikan agar bisa disesuaikan dengan kebutuhan mikrokontroler, LED, Buzzer dan LCD yaitu sebesar 5 volt DC. Daya kedua dengan tegangan 12 volt akan dialirkan menuju relay yang berfungsi untuk menghidupkan blower.

Mikrokontroler sebagai pengendali mendapat input dari tiga sensor gas MQ yang dipasang pada kotak simulasi ruangan untuk mendeteksi kadar gas  $CO$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$  yang ada pada ruangan

tersebut. Sensor gas akan mengirim data analog kepada mikrokontroler ATmega8535. Mikrokontroler ATmega8535 akan memproses data analog dari dari sensor gas menjadi data digital dalam bentuk angka. Hasil konversi data dari analog ke digital tersebut akan di tampilkan pada layar LCD.

Pada keadaan awal ketika alat dinyalakan, LCD menampilkan seberapa besar kadar gas  $CO$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$  didalam simulasi ruangan. Jika kandungan udara bersih maka LED hijau akan menyala, buzzer dan blower dalam keadaan tidak aktif. Namun jika sensor mendeteksi ada kadar gas berbahaya melewati batas yang ditentukan, maka LED merah akan menyala, buzzer aktif, dan

blowerpun akan aktif secara otomatis untuk membuang kadar gas berbahaya keluar dari simulasi ruangan. Setelah udara di dalam simulasi ruangan kembali bersih, buzzer dan blower akan berhenti menyala serta LED akan kembali pada warna hijau.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

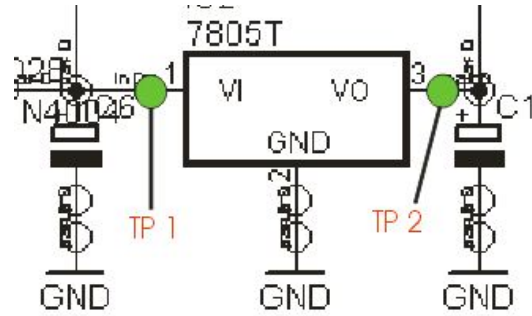
#### A. Pengukuran Pada Rangkaian

Setelah selesai merakit alat, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran sesuai dengan kerja rangkaian sehingga didapatkan hasil yang diharapkan. Pengujian alat berguna untuk mendapatkan data-data spesifik atau mendapatkan titik pengukuran dari alat yang telah dibuat sehingga mempermudah menganalisa kesalahan dan kerusakan yang akan terjadi pada saat alat ini bekerja. Tujuan dilakukannya pengukuran ini adalah:

1. Untuk mengetahui dan menguji alat yang telah dirancang, apakah telah bekerja sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan.
2. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya kesalahan (error) pada rangkaian.

#### B. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Regulator

Rangkaian regulator termasuk bagian power supply dimana rangkaian tersebut mengambil dari sumber tegangan PLN 220 Vac yang kemudian diubah oleh transformator menjadi tegangan sebesar 12 Vdc. Selanjutnya tegangan yang masuk diatur oleh regulator 7805 sehingga tegangan keluarannya menjadi 5 Vdc.



Gambar 11. Titik Pengukuran 1 dan 2 Rangkaian Regulator

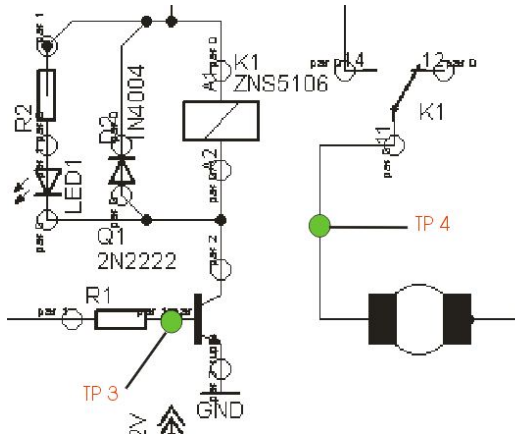
Pada rangkaian regulator tegangan output yang diharapkan pada titik pengukuran (TP) 2 sebesar 5 Vdc. Saat dilakukan pengukuran pada TP 2 setelah lima kali percobaan, didapatkan rata-rata sebesar 5.01 Vdc. Hasil output yang diharapkan penulis hampir sama dengan hasil pengukuran pada tabel dengan perbedaan sebesar 0.01 Vdc.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Rangkaian Regulator

Percobaan	TP1	TP2
1	11,98 Vdc	5.01 Vdc
2	11,76 Vdc	5.02 Vdc
3	11,84 Vdc	5,00 Vdc
4	11,89 Vdc	5,01 Vdc
5	11,95 Vdc	5,01 Vdc

#### C. Hasil Pengukuran Pada Rangkaian Relay dan Blower

Blower yang digunakan adalah blower AC. Blower terhubung pada rangkaian relay terlebih dahulu sebelum menuju ke mikrokontroller. Selain itu blower juga mengambil sumber tegangan langsung dari PLN sebesar 220 Vac. Mengapa blower dijumpai oleh relay? Karena fungsi relay sebagai pemutus arus listrik ke blower saat kadar gas dalam keadaan aman. Namun saat sensor mendeteksi kadar gas bahaya yang berlebih, maka relay akan menghubungkan arus listrik dari PLN ke blower.



Gambar 12. Titik Pengukuran Rangkaian Relay dan Blower

Pada pengukuran rangkaian relay dan blower penulis mengharapkan tegangan pada TP3 adalah sebesar 5 Vdc. Karena tegangan 5 Vdc dari output regulator selain digunakan untuk mengaktifkan mikrokontroler, juga digunakan untuk mengaktifkan rangkaian relay. Hasil yang didapatkan dari pengukuran pada TP 3 dirata-ratakan sebesar 5.01 V.

Pada TP4 penulis mengharapkan data pengukuran yang didapat sebesar 220 V. Pada hasil pengukuran TP 4 setelah lima kali percobaan didapat rata-rata tegangan sebesar 220V.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan Pada Relay dan Blower

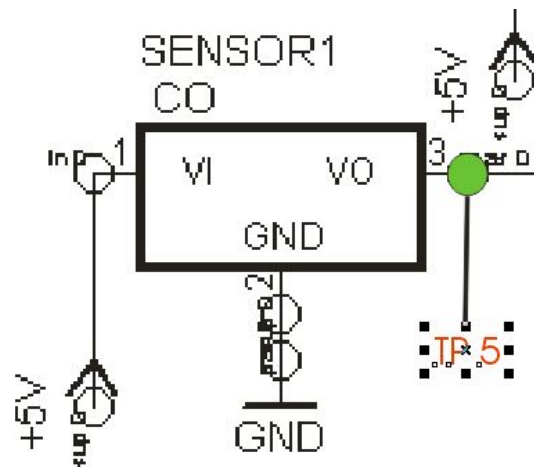
Percobaan	TP 3	TP 4
1	5.01 V	219 V
2	5.00 V	220 V
3	5.01 V	220 V
4	5.01 V	219 V
5	5.02 V	223 V

D. Hasil Pengukuran Pada Sensor

Data yang diterima oleh sensor masih dalam satuan ppm. Kemudian data dikonversi dan ditampilkan pada LCD dalam bentuk persen. Data dikonversi dalam bentuk persen berdasarkan maksimum ppm *detection range* oleh masing-masing sensor. Sensor CO dengan maksimum *range* 2000 ppm, CO2 dengan maksimum *range*

10000 ppm, dan CH4 dengan maksimum *range* 20000 ppm.

Gambar di bawah ini adalah titik pengukuran tegangan pada sensor gas CO yang terhubung pada PORT A0 di mikrokontroler. Kutub positif pada multimeter ditempatkan pada titik pengukuran (TP) 5. Sedangkan kutub negatif pada multimeter ditempatkan pada *ground* sensor. Pengukuran ini dilakukan dengan melihat berapa persen kadar gas CO terhadap tegangan pada sensor gas CO.



Gambar 13. Titik Pengukuran Pada Sensor Gas CO

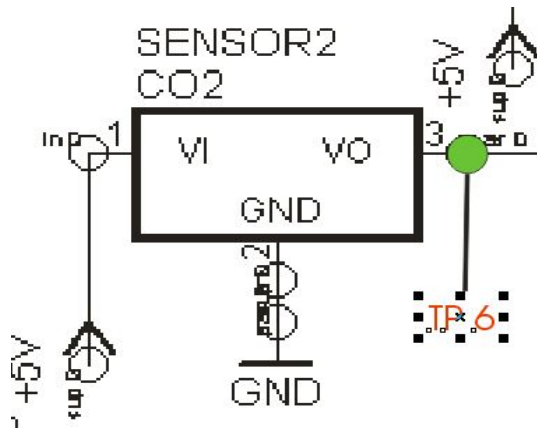
Tabel 5. Data Pengukuran Tegangan Pada Sensor Gas CO

Percobaan	Nilai Tegangan	Kadar Gas CO
1	0.38 V	5.40 %
2	0.60 V	6.60 %
3	0.57 V	6.00 %
4	0.42 V	5.60 %
5	0.17 V	4.50 %

Dari hasil pengukuran di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar gas CO maka semakin tinggi pula nilai tegangan pada sensor gas CO.

Selanjutnya adalah gas CO2. Gambar di bawah ini adalah titik pengukuran tegangan pada sensor gas CO2 yang terhubung pada PORT A1 di mikrokontroler. Kutub positif pada multimeter ditempatkan pada titik pengukuran (TP) 6. Sedangkan kutub negatif pada multimeter ditempatkan pada *ground* sensor. Pengukuran ini

dilakukan dengan melihat berapa persen kadar gas CO<sub>2</sub> terhadap tegangan pada sensor gas CO<sub>2</sub>.



Gambar 14. Titik Pengukuran Pada Sensor Gas CO<sub>2</sub>

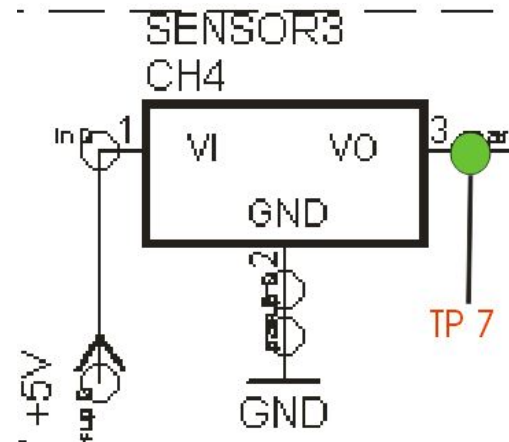
Tabel 6. Data Pengukuran Tegangan Pada Sensor Gas CO<sub>2</sub>

Percobaan	Nilai Tegangan	Kadar Gas CO <sub>2</sub>
1	0.48 V	1.35 %
2	0.66 V	1.45 %
3	0.41 V	1.20 %
4	0.45 V	1.24 %
5	0.38 V	1.11 %

Seperti halnya pengukuran pada sensor gas CO pada tabel 4.3, dari hasil pengukuran di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar gas CO<sub>2</sub> maka semakin tinggi pula nilai tegangan pada sensor gas CO<sub>2</sub>.

Selanjutnya adalah gas CH<sub>4</sub>. Gambar di bawah ini adalah titik pengukuran tegangan pada sensor gas CH<sub>4</sub> yang terhubung pada PORT A2 di mikrokontroler. Kutub positif pada multimeter ditempatkan pada titik pengukuran (TP) 7. Sedangkan kutub negatif pada multimeter ditempatkan pada *ground* sensor. Pengukuran ini dilakukan dengan melihat berapa persen kadar gas CH<sub>4</sub> terhadap tegangan pada sensor gas CH<sub>4</sub>.

Melihat data pengukuran dari kedua sensor gas CO dan CO<sub>2</sub> sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 4.5 bahwa semakin tinggi kadar gas CH<sub>4</sub> maka semakin tinggi pula nilai tegangan pada sensor gas CH<sub>4</sub>.



Gambar 15. Titik Pengukuran Pada Sensor Gas CH<sub>4</sub>

Tabel 7. Data Pengukuran Tegangan Pada Sensor Gas CH<sub>4</sub>

Percobaan	Nilai Tegangan	Kadar Gas CH <sub>4</sub>
1	0.44 V	0.58 %
2	0.22 V	0.38 %
3	0.30 V	0.40 %
4	0.26 V	0.38 %
5	0.60 V	0.70 %

Dari semua data hasil pengukuran sensor CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> dapat dianalisa dan disimpulkan bahwa tegangan yang didapat dari hasil pengukuran dipengaruhi oleh jumlah kadar gas berbahaya. Semakin tinggi kadar gas maka semakin tinggi pula tegangan yang diperoleh masing-masing sensor.

#### E. Pembahasan

Ketika alat bekerja, LCD menampilkan seberapa besar kadar gas CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> didalam simulasi ruangan. Semakin tinggi kadar gas yang terdeteksi oleh sensor, maka semakin tinggi pula tegangan pada masing-masing sensor. Jika kandungan udara bersih maka LED hijau akan menyala, buzzer dan blower dalam keadaan tidak aktif. Namun jika sensor mendeteksi ada kadar gas berbahaya melewati batas yang ditentukan, maka LED merah akan menyala, buzzer aktif, dan blowerpun akan aktif secara otomatis untuk membuang kadar gas berbahaya keluar dari simulasi ruangan. Setelah udara di dalam simulasi

ruangan kembali bersih, buzzer dan blower akan berhenti menyala serta LED akan kembali pada warna hijau.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Kadar udara bersih, gas CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> dapat dimonitor melalui tampilan pada layar LCD berdasarkan kadar ppm yang tertera pada setiap masing-masing gas.
2. Jika terdapat kadar gas berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> melewati batas yang telah ditentukan, maka secara otomatis LED merah, buzzer, dan blower akan aktif. Blower akan membuang udara tercemar keluar simulasi ruangan sampai udara bersih kembali.
3. Jika kadar udara di dalam simulasi ruangan sudah bersih maka secara otomatis pula buzzer, LED merah, dan blower akan berhenti menyala.
4. Semakin tinggi kadar ppm yang dideteksi oleh sensor gas MQ maka semakin tinggi pula output tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Hal ini dapat mengakibatkan sensor menjadi panas.

#### REFERENSI

- [1] Arty, Indyah Sulisty. 2005. Pendidikan Lingkungan Hidup tentang Bahaya Polutan Udara. Cakrawala Pendidikan.
- [2] Hapsari, Chrismalia; Wilujeng, Susi Agustina. 2011. Studi Emisi Karbondioksia (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) Dari Kegiatan Reduksi Sampah Diwilayah Surabaya Bagian Selatan. Teknik Lingkungan, ITS. Surabaya.
- [3] Hardiansyah; Khairuddin; Noer. 2014. Rancang Bangun Sistem Monitoring Kebocoran Pipa Gas LPG Berbasis Jaringan Nirkabel *Zigbee*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- [4] Indahwati, Elly; Nurhayati. 2012. Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida(CO) Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler Dengan Komunikasi Serial USART. UNESA. Surabaya.
- [5] Nurrahmah; Prasetiawan; Suparno. 2006. Sistem Detektor Kebocoran Gas pada Tabung LPG. UMS Surakarta. Surakarta.

- [6] Rofiq, Muhammad; Yusron, M. 2014. Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Dengan Memanfaatkan Teknologi Bluetooth pada Smartphone Android. STMIK ASIA. Malang.
- [7] Saputra, Andri; Febriansyah, Dwi; Kuswara, Haris. 2014. Volume 4. Nomor 1. Alat Kendali Lampu Rumah Menggunakan Bluetooth Berbasis Android. TEKNOMATIKA.
- [8] SikerNas. 2010. Karbon Dioksida *Carbon Dioxide*. Badan POM RI.
- [9] Safrizal, Rino. 2012. *Global Warming*. <http://www.jejaringkimia.web.id/2010/12/mengenal-gas-metana.html> (diakses pada 28 Maret 2016).
- [10] Introducing Earth, Earth Atmosphere [http://www.trinitydemo3.net/boxford\\_classroom/view/article/171011/](http://www.trinitydemo3.net/boxford_classroom/view/article/171011/) (diakses pada 5 Mei 2016.)