

Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO Dan CO₂ di Lingkungan Industri

Evert Nebath.⁽¹⁾, David Pang, ST., MT.⁽²⁾, Janny O. Wuwung, ST., MT.⁽³⁾,
(1)Mahasiswa, (2)Pembimbing 1, (3)Pembimbing 2,

evert.e2@gmail.com⁽¹⁾, newdavidpang@gmail.com⁽²⁾, jannywuwung@yahoo.com⁽³⁾,
Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115

Abstrak - Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini semakin pesat, terutama dalam bidang elektronika. Begitu banyak industri yang menghasilkan gas berbahaya bagi para pekerja industri, juga mengganggu lingkungan sekitar. Dibutuhkan alat pengukur kadar gas berbahaya seperti gas CO dan CO₂ untuk mengendalikan gas berbahaya dari pembakaran bahan produksi di lingkungan industri. Untuk pengukuran gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO₂), maka dibuatlah alat yang mengukur kadar gas berbahaya pada lingkungan industri. Untuk CO menggunakan sensor gas MQ-7, dan gas CO₂ menggunakan sensor gas MG-811 dengan satuan PPM. Mikrokontroler arduino uno R3 dipakai sebagai prosesor pengendali alat ukur ini. Alat pengukuran gas berbahaya seperti gas CO dan CO₂ cukup cepat sehingga membantu efisiensi waktu dalam pengukuran.

Kata kunci: Gas berbahaya CO dan CO₂, gas CO, gas CO₂, sensor gas MG-811, sensor gas MQ-7.

Abstract - Developments in science and technology is now growing rapidly, especially in the field of electronics. So many industries that produce hazardous gases for industrial workers, also interfere with the surrounding environment. It takes gauge levels of harmful gases such as CO and CO₂ gas to control the harmful gases from combustion of production in the industrial environment. For the measurement of carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂), then made a tool that measures the levels of harmful gases in the environment industry. To CO using MQ-7 gas sensor, and gas CO₂ using MG-811 gas sensor with PPM units. R3 Arduino Uno microcontroller is used as a measurement tool is controlling processor. Tool measurement of harmful gases such as CO and CO₂ gas fast enough to assist in the measurement of time efficiency.

Key words: Harmful gases CO and CO₂, gas CO, gas CO₂, MG-811 gas sensor, MQ-7 gas sensor.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Kebutuhan masyarakat akan perangkat-perangkat rumah tangga kini semakin meningkat, maka terciptalah begitu banyak perangkat dengan teknologi yang begitu inovatif sebagai penunjang kebutuhan masyarakat itu sendiri.

Udara sangat penting bagi kehidupan manusia, tanpa udara manusia tidak akan bisa hidup, oleh karena itu udara tidak boleh tercemar dengan gas-gas berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan manusia.

Ada banyak kandungan gas yang ada dalam udara, dan tidak semua yang ada diudara boleh dihirup tubuh kita. Jika udara yang dihirup tercemar dengan gas berbahaya seperti, antara lain gas CO dan CO₂, maka udara tersebut dapat meracuni tubuh. Gas CO dapat membuat sesak nafas, hal ini dikarenakan oksigen yang seharusnya disalurkan oleh hemoglobin keseluruh tubuh tidak dapat dialirkan, ini dikarenakan hemoglobin lebih mudah mengikat CO dari pada oksigen.

Gas CO₂ pada konsentrasi tertentu dapat membuat kepala pusing.

Dengan berkembangnya industri maka semakin banyak gas-gas berbahaya yang dihasilkan sehingga dapat mengancam kebersihan udara terlebih bagi kesehatan tubuh kita. Gas-gas tersebut akan mencemari udara yang ada di lingkungan sehingga tanpa sadar akan terhirup dan masuk kedalam tubuh, kemudian secara bertahap tubuh akan merasakan dampaknya. Akan lebih berbahaya lagi jika gas-gas tersebut terkonsentrasi dalam suatu ruangan, karena kemungkinan udara yang dihirup akan lebih banyak dan tubuh akan lebih cepat merasakan dampaknya.

Gas CO dan CO₂ tidak berbau dan tidak dapat dilihat, oleh karena itu manusia tidak akan mengetahui akan adanya gas-gas tersebut disekitarnya, manusia baru bisa tahu bila sudah merasakan dampaknya, maka dibuatlah suatu alat yang dapat membantu mengukur gas dalam lingkungan industri. Alat ini diharapkan dapat mengatasi solusi tentang masalah gas berbahaya yang dihasilkan dari industri-industri yang ada.

II. LANDASAN TEORI

A. Karbon dioksida (CO₂)

Kandungan karbon dioksida di udara segar bervariasi antara 0,03% (300ppm) sampai dengan 0,06% (600 ppm) bergantung pada lokasi. Paparan berkepanjangan terhadap konsentrasi karbon dioksida yang sedang dapat menyebabkan efek-efek merugikan pada metabolisme kalsium *fosforus* yang menyebabkan peningkatan endapan kalsium pada jaringan lunak. Karbon dioksida beracun kepada jantung dan menyebabkan menurunnya gaya *kontraktil*. Pada konsentrasi tiga persen berdasarkan volume di udara, ia bersifat narkotik ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi dan menyebabkan penurunan daya dengar. Pada konsentrasi sekitar lima persen berdasarkan volume udara ia menyebabkan stimulasi pusat pernapasan, pusing-pusing, kebingungan, dan kesulitan pernapasan yang diikuti sakit kepala dan sesak napas. Pada konsentrasi delapan persen, ia menyebabkan sakit kepala, keringatan, penglihatan buram, *tremor*, dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama lima sampai sepuluh menit.⁽²⁾

Oleh karena bahaya kesehatan yang diasosiasikan dengan paparan karbon dioksida, Administrasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Amerika Serikat menyatakan bahwa paparan rata-rata untuk orang dewasa yang sehat selama waktu kerja 8 jam sehari tidak boleh melebihi 5.000 ppm (0,5%). Batas aman maksimum untuk balita, anak-anak, orang tua, dan individu dengan masalah kesehatan kardiopulmonari (jantung dan paru-paru) secara signifikan lebih kecil. Untuk paparan dalam jangka waktu pendek (di bawah 10 menit), batasan dari Institut Nasional untuk Kesehatan dan Keamanan Kerja Amerika Serikat (NIOSH) adalah 30.000 ppm (3%). NIOSH

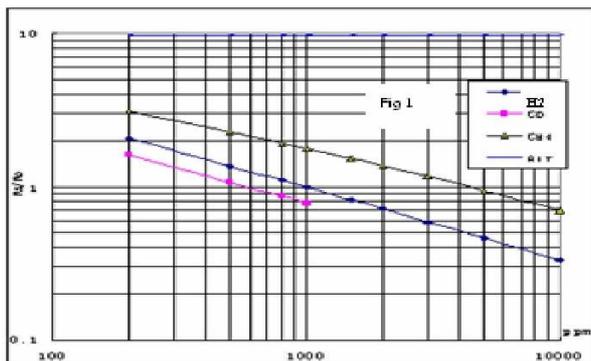
juga menyatakan bahwa konsentrasi karbon dioksida yang melebihi 4% adalah langsung berbahaya bagi keselamatan jiwa dan kesehatan.⁽⁵⁾ Dalam ruangan tertutup yang dipenuhi orang, konsentrasi karbondioksida akan mencapai tingkat yang lebih tinggi daripada konsentrasi di udara bebas. Konsentrasi yang lebih besar dari 1.000 ppm akan menyebabkan ketidaknyamanan terhadap 20% penghuni dan ketidaknyamanan ini akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi CO₂. Ketidaknyamanan ini diakibatkan oleh gas-gas yang dikeluarkan sewaktu pernapasan dan keringat manusia. Pada konsentrasi 2.000 ppm mayoritas penghuni akan merasakan ketidaknyamanan yang signifikan dan banyak yang akan mual dan sakit kepala.

B. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas yang tak berwarna dan tak berbau, karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Karbon monoksida sangatlah beracun dan tidak berbau maupun berwarna, ia merupakan sebab utama keracunan yang paling umum terjadi.⁽⁶⁾ Paparan dengan karbon monoksida dapat mengakibatkan keracunan sistem saraf pusat dan jantung. Setelah keracunan sering terjadi *sekuelae* yang berkepanjangan. Karbon monoksida juga memiliki efek-efek buruk bagi bayi dari wanita hamil. Gejala dari keracunan ringan meliputi sakit kepala dan mual-mual pada konsentrasi kurang dari 100 ppm. Konsentrasi serendah 667 ppm dapat menyebabkan 50% hemoglobin tubuh berubah menjadi *karboksihemoglobin (HbCO)*. *Karboksihemoglobin* tidaklah efektif dalam menghantarkan oksigen sehingga beberapa bagian tubuh tidak mendapatkan oksigen yang cukup. Sebagai akibatnya paparan pada tingkat ini dapat membahayakan jiwa. Di Amerika Serikat, organisasi Administrasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja membatasi paparan di tempat kerja sebesar 50 ppm. Keracunan karbon monoksida domestik dapat dicegah dengan menggunakan detektor karbon monoksida.



Gambar 1. Bentuk fisik sensor MQ-7

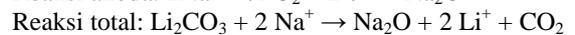
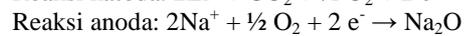
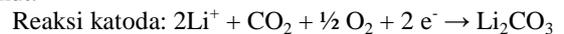


Gambar 2. Karakteristik sensitifitas sensor MQ-7.⁽⁴⁾

C. Sensor MG-811

Sensor MG-811 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂) dengan sensitivitas yang tinggi, bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 3.⁽⁹⁾ Sensor MG-811 memiliki 6 kaki pin yang terdiri dari 2 pin A, 2 pin B, dan 2 pin pemanas (gambar 5).

Didalam sensor terdapat komponen lilitan pemanas yang berada dalam pipa keramik Al₂O₃. Struktur sensor terdiri dari bagian elektrolit padat dan pemanas (Gambar 6). Bagian elektrolit terbuat dari kation (Na⁺) yang berada diantara dua elektroda yang disusun di atas pemanas. Elemen tersebut berfungsi sebagai pendeteksi gas CO₂. Reaksi elektrokimia terjadi saat sensor terkena gas CO₂, dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi elektrokimia yang terjadi menghasilkan *emf (electromotive force)* diantara dua elektroda. Dari gambar 4 diketahui *emf (electromotive force)* yang dihasilkan sensor berbanding terbalik secara logaritmik terhadap konsentrasi CO₂.

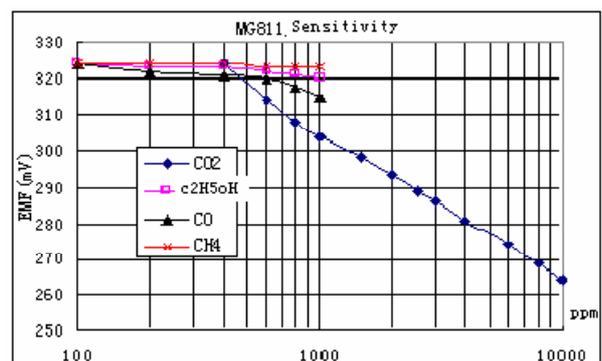
D. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas monoksida (CO) dengan sensitivitas yang tinggi.⁽⁹⁾ Bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 1. Sensor MQ-7 merupakan sensor gas karbon monoksida (CO) yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO), dimana sensor ini salah satunya dipakai dalam memantau gas karbon monoksida (CO). Sensor ini mempunyai sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat. Keluaran yang dihasilkan oleh sensor ini adalah berupa sinyal analog, sensor ini juga membutuhkan tegangan *direct current (DC)* sebesar 5V.

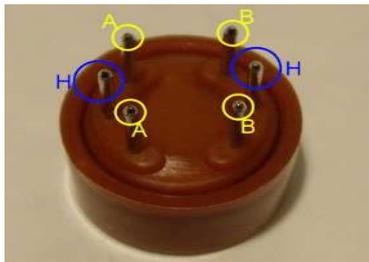
Pada sensor ini terdapat nilai resistansi sensor (*Rs*) yang dapat berubah bila terkena gas dan juga sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersihan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar.



Gambar 3. Bentuk fisik sensor MG-811



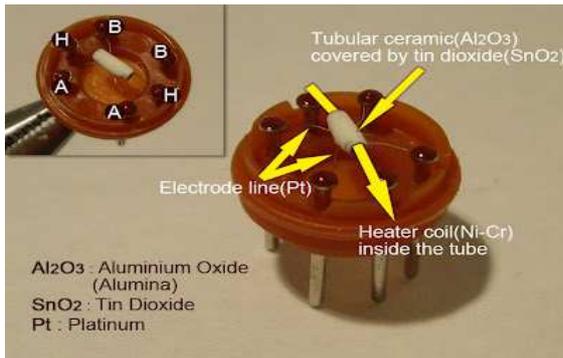
Gambar 4. Karakteristik sensitifitas sensor MG-811.⁽⁴⁾



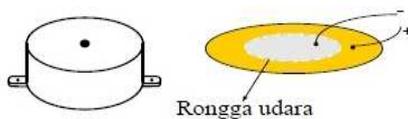
Gambar 5. Pin-pin MG-811



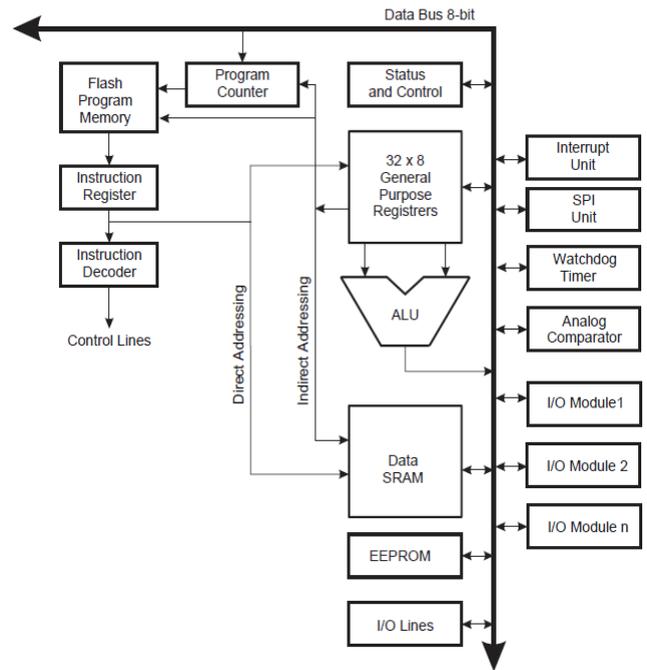
Gambar 8. Board arduino uno



Gambar 6. Bagian dalam sensor MG-811



Gambar 7. Buzzer dan penampung lempengan dalam



Gambar 9. Arsitektur ATmega328

Sensor ini membutuhkan rangkaian sederhana serta memerlukan tegangan pemanas (*Power heater*) sebesar 5V, resistansi beban (*Load resistance/RL*), dan output sensor dihubungkan ke *analog digital converter (ADC)*, sehingga keluaran dapat ditampilkan dalam bentuk sinyal digital. Maka nilai digital yang berupa output sensor ini dapat ditampilkan pada sebuah *liquid crystal display (LCD)*. Untuk karakteristik sensitivitas sensor MQ-7 ada pada gambar 2.

E. Buzzer

Buzzer dalam hal ini dapat disebut dengan “bel listrik”. Buzzer yang kecil didasarkan pada suatu alat penggetar yang terdiri atas bahan lempengan (*disk*) buzzer yang tipis (*membran*) dan lempengan logam tebal (*piezoelektrik*). Bila kedua lempengan diberi tegangan maka elektron akan mengalir dari lempengan satu ke lempengan lain, demikian juga dengan proton. Keadaan ini menunjukkan bahwa gaya mekanik dan dimensi dapat diganti oleh muatan listrik. Bila buzzer diberi tegangan maka lempengan 1 dan lempengan 2 bermuatan listrik. Dengan adanya muatan tersebut maka kedua lempengan mengalami beda potensial. Adanya beda potensial menyebabkan lempengan 1 bergerak saling bersentuhan dengan lempengan 2 (bergetar). Diantara lempengan 1 dan lempengan 2 terdapat rongga udara, sehingga apabila terjadi proses bergetar akan menghasilkan bunyi dengan frekuensi tinggi. Proses bergetarnya lempengan 1 dan lempengan 2 terjadi sangat cepat sehingga jeda suara tidak bisa terdengar oleh telinga (Gambar 7).

F. Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada IC Atmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya 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.

Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah *power supply* eksternal. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau *battery*.

Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah *center-positive plug* yang panjangnya 2,1mm ke *power jack* dari board. Kabel lead dari sebuah *battery* dapat dimasukkan dalam header/kepala pin *Ground (Gnd)* dan pin *Vin* dari konektor *POWER*.

Board Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah suplay eksternal 6 sampai 20 Volt. Jika disuplai dengan yang lebih kecil dari 7 V, kiranya pin 5 Volt mungkin mensuplai kecil dari 5 Volt dan board Arduino UNO bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan suplai yang lebih dari besar 12 Volt, *voltage regulator* bisa kelebihan panas dan membahayakan board

Arduino UNO. *Range* yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 Volt (Gambar 8).

G. *ATMega 328*

ATMega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Mikrokontroler ATMega328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*.

Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi -instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. Arsitektur ATMega328 dapat dilihat pada gambar 9.

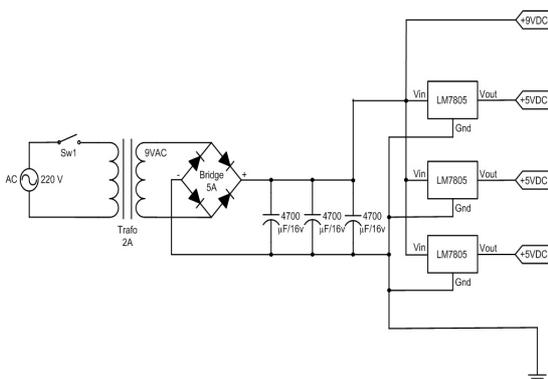
III. PERANCANGAN SISTEM

A. *Skema Perancangan Sistem*

Diagram blok dari sistem yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 12.

B. *Rangkaian Power Supply*

Rangkaian power supply berfungsi untuk mensuplai arus dan tegangan ke seluruh rangkaian yang ada. Rangkaian *power supply* ini terdiri dari empat keluaran, yaitu tiga keluaran 5 volt dan satu keluaran untuk 9 volt. Trafo *stepdown* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 220 volt AC menjadi 9 volt AC, seperti disajikan pada gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian skematik power supply

Kemudian di searahkan dengan menggunakan diode bridge 5A, selanjutnya tegangan akan diratakan oleh tiga buah elco 4700uf/16v. Regulator tegangan 5volt menggunakan LM7805 agar keluaran yang dihasilkan tetap 5volt walaupun terjadi perubahan pada tegangan masukannya.

C. *Rangkaian Sensor dan Pengkondisian Sensor MQ-7*

Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi senyawa gas CO. Rangkaian dasar sensor MQ-7 dapat dilihat pada gambar 15. Sensor ini membutuhkan dua tegangan yaitu tegangan sensor (Vc) dan tegangan pemanas (V_H). V_H digunakan untuk memberikan tegangan kerja pada pemanas (*Heater voltage*) sedangkan V_C dipakai untuk mendeteksi tegangan R_L (V_{RL}).

D. *Rangkaian Sensor dan Pengkondisian Sensor MG-811*

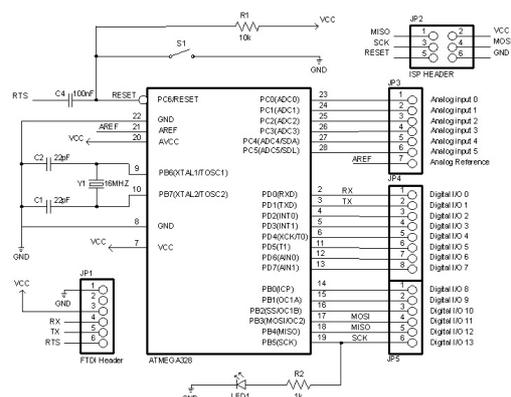
Sensor MG-811 digunakan untuk mendeteksi senyawa gas CO₂. Penggunaan sensor MG-811 menggunakan prinsip reaksi elektrokimia untuk tegangan outputnya. Reaksi elektrokimia yang terjadi menghasilkan *emf* (*electromotive force*) diantara dua elektroda. Perubahan nilai *emf* menunjukkan perubahan konsentrasi CO₂ yang dideteksi sensor dan untuk gambar rangkaian pengkondisian sinyal sensor MG-811 dapat dilihat pada gambar 14. Elektroda A dan B dipakai untuk reaksi elektrokimia. Tegangan sebesar 5 volt DC diberikan ke pemanas sensor yang akan menghasilkan *emf* ketika elektroda mendeteksi adanya senyawa CO₂.

E. *Perancangan Sistem Minimum Mikrokontroler Arduino Uno / ATMega328*

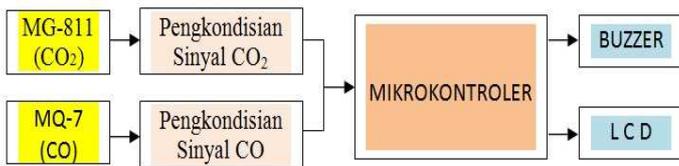
Port A2 digunakan sebagai input dari sensor MQ-7, port A1 digunakan sebagai input dari sensor MG-811 dan port A0 digunakan sebagai output ke buzzer, sedangkan Port D2-D7 digunakan untuk tampilan ke LCD (*Liquid Crystal Display*). Semua port yang ada pada ATMega328 memiliki internal *pull-up*, jadi tidak memerlukan eksternal *pull-up*. Semua port dapat di set sebagai *input* atau *output*, karena semua port dapat memiliki internal *pull-up* sebagai input digital yang dapat berupa masukan tanpa *pull-up* atau *flating*. Contohnya Port A sebagai input ADC, dapat juga diset sebagai output dengan keluaran *active-low* atau *active-high*. Untuk rancangan sistem minimum mikrokontroler arduino uno tersedia pada gambar 11.

F. *Rangkaian LCD (Liquid Crystal Display)*

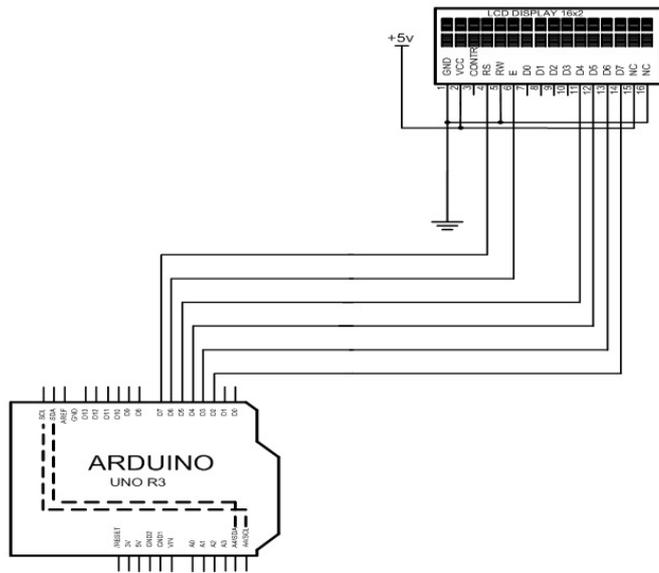
Rangkaian skematik konektor dari LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dihubungkan ke mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 11. Rangkaian mikrokontroler arduino uno



Gambar 12. Diagram blok rangkaian



Gambar 13. Rangkaian skematik LCD

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengukuran catu daya bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan oleh catu daya, pada saat tanpa beban dan saat dihubungkan dengan beban. Catu daya digunakan untuk memberikan tegangan ke sensor MG-811, sensor MQ-7, sistem minimum mikrokontroler, buzzer dan LCD. Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 5 kali didapat hasil pada tabel I dan II.

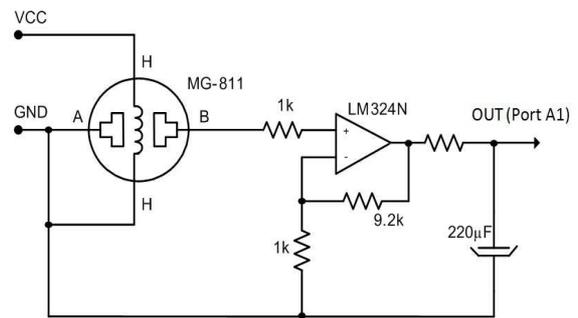
Dari data hasil pengujian pada tabel I dan II, diperoleh hasil tegangan yang diukur dari tiap-tiap output pada saat catu daya menggunakan beban dan tanpa beban, sehingga didapati nilai yang memenuhi syarat untuk mensuplai tegangan ke rangkaian yang ada. Cara pengukurannya dapat dilihat pada gambar 16.

B. Pengujian LCD

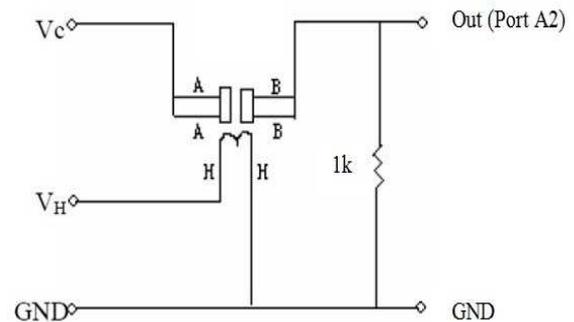
Pengujian *interfacing* mikrokontroler pada LCD dengan menghubungkan pin-pin pada port D mikrokontroler dengan urutan sebagai berikut (Gambar 17); *Register select* dihubungkan dengan Port D₇, *Read/Write* dihubungkan dengan GND & NC, *Enable* dihubungkan dengan Port D₆, Databit 4 LCD dihubungkan dengan Port D₅, Databit 5 LCD dihubungkan dengan Port D₄, Databit 6 LCD dihubungkan dengan Port D₃, Databit 7 LCD dihubungkan dengan Port D₂.

C. Pengujian Sensor MQ-7 (CO) Terhadap Tegangan Keluar

Pengujian pertama dilakukan dengan membandingkan nilai konsentrasi gas karbon monoksida (CO) terhadap tegangan keluaran sensor. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel III. Dari hasil pengujian yang dilakukan, dimana setiap adanya kenaikan pada tegangan keluaran, maka nilai konsentrasi CO semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada grafik gambar 18.



Gambar 14. Skema rangkaian untuk memfungsikan sensor MG-811



Gambar 15. Skema rangkaian untuk memfungsikan sensor MQ-7

D. Pengujian Sensor MQ-7 (CO) Dengan Alat Ukur Lain

Pengujian juga dilakukan dengan alat ukur milik PT.Hasrat Abadi kota Manado untuk membandingkan keakuratan alat ukur yang dirancang dan untuk pengukurannya dilakukan sebanyak 6 kali. Untuk data hasil pengujian perbandingan untuk alat ukur gas karbon monoksida (CO) tersedia pada tabel IV.

Pada data yang dipaparkan oleh tabel IV dapat dilihat terdapat perbedaan yang cukup besar untuk beberapa sampel data yang di uji bersamaan dengan alat ukur milik PT.Hasrat Abadi kota Manado. Hal ini juga bisa dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 19. Pada tera alat ukur untuk pengukuran kadar gas CO dengan menggunakan sensor MQ-7 terlihat pada grafik sudah mengikuti pola dari alat uji emisi standar milik PT.Hasrat Abadi kota Manado namun ada beberapa data yang berlawanan. Perbedaan ini kemungkinan terjadi dari faktor-faktor error seperti kesalahan pengujian, perbedaan kepekaan sensor atau kadar unsur pada pengujian pada media penampung gas.

E. Pengukuran Sensor MQ-7 (CO) Pada Industri

Pengukuran dilakukan pada empat titik pada satu ruangan yang menghasilkan gas CO, untuk dibandingkan dengan ambang batas kandungan gas pencemar dalam udara ruang proses, sesuai keputusan menteri kesehatan Nomor: 405/Menkes/SK/XI/2002 tanggal 19 Nopember 2002 tentang persyaratan dan tata cara penyelenggaraan kesehatan lingkungan kerja industri, yaitu 100,384ppm untuk karbon monoksida. Data hasil pengukuran untuk gas karbon monoksida (CO) pada lingkungan industri dapat dilihat pada tabel V.

Pada data yang dipaparkan oleh tabel V dapat dilihat terdapat perubahan nilai untuk setiap titik pada pengukuran dalam udara ruang proses. Hal ini juga bisa dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 22.

Pada tera alat ukur untuk pengukuran kadar gas CO dengan menggunakan sensor MQ-7, dapat dilihat perbedaan

mencolok pada pengukuran tiap-tiap industri dan dapat disimpulkan gas CO lebih tinggi pada industri yang menghasilkan asap, maka alat ukur ini bereaksi terhadap gas CO yang dihasilkan pada lingkungan industri, itu berarti semakin sedikit gas CO yang dideteksi maka semakin menurun nilai CO yang ditampilkan pada LCD, dengan begitu sensor MQ-7 dapat dikatakan berfungsi dengan baik.

F. Pengujian Sensor MG-811 (CO₂) Terhadap Tegangan keluar

Pengujian pertama dilakukan dengan membandingkan nilai konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) terhadap tegangan keluaran sensor. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel VI.

Dapat dilihat dari hasil pengujian pada tabel VI dimana setiap adanya penurunan pada tegangan keluaran maka nilai konsentrasi CO₂ semakin meningkat. Hal ini juga dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 20.

G. Pengujian Sensor MG-811 (CO₂) Dengan Alat Ukur Lain

Pengujian juga dilakukan dengan alat ukur milik PT.Hasjrat Abadi kota Manado untuk membandingkan keakuratan alat ukur yang dirancang dan untuk pengukurannya dilakukan sebanyak 6 kali. Berikut adalah data hasil pengujian perbandingan untuk alat ukur gas karbon dioksida (CO₂).

Pada data yang dipaparkan oleh tabel VII dapat dilihat terdapat perbedaan yang cukup besar untuk beberapa sampel data yang di uji bersamaan dengan alat ukur milik PT.Hasjrat Abadi kota Manado. Hal ini juga bisa dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 21. Untuk foto alat dapat dilihat pada gambar 24.

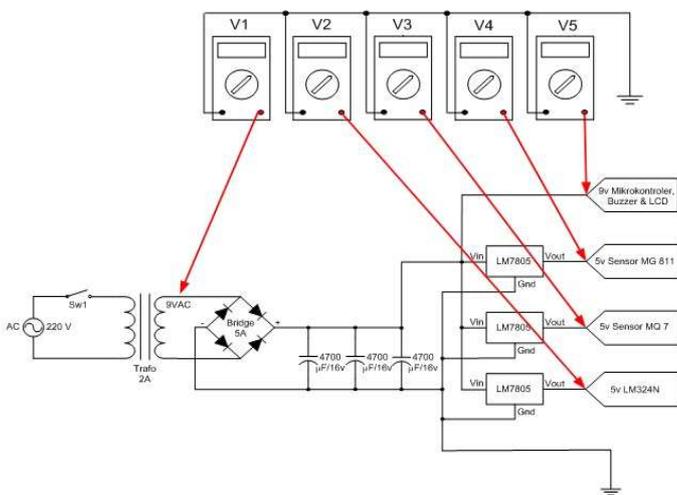
Pada tera alat ukur untuk pengukuran kadar gas CO₂ dengan menggunakan sensor MG-811 terlihat pada grafik sudah mengikuti pola dari alat uji emisi standar milik PT.Hasjrat Abadi kota Manado namun ada beberapa data yang berlawanan. Perbedaan ini kemungkinan terjadi dari faktor-faktor eror seperti kesalahan pengujian, perbedaan kepekaan sensor atau kadar unsur pada pengujian pada media penampung gas.

H. Pengukuran Sensor MG-811 (CO₂) Pada Industri

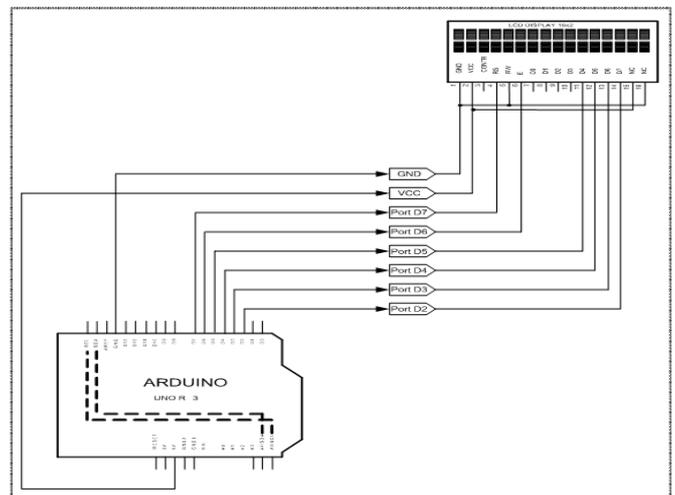
Pengukuran dilakukan pada empat titik pada satu ruangan yang menghasilkan gas CO₂, untuk dibandingkan dengan ambang batas kandungan gas pencemar dalam udara ruang proses, sesuai keputusan menteri kesehatan Nomor: 405/Menkes/SK/XI/2002 tanggal 19 Nopember 2002 tentang persyaratan dan tata cara penyelenggaraan kesehatan lingkungan kerja industri, yaitu 5000ppm untuk karbon dioksida. Data hasil pengukuran untuk gas karbon monoksida (CO₂) pada lingkungan industri dapat dilihat pada tabel VIII.

Pada data yang dipaparkan oleh tabel VIII dapat dilihat terdapat perubahan nilai untuk setiap titik pada pengukuran dalam udara ruang proses. Hal ini juga bisa dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 23.

Pada tera alat ukur untuk pengukuran kadar gas CO₂ dengan menggunakan sensor MG-811 terlihat perbedaan mencolok antara pengukuran pada lingkungan industri dengan nilai normal alat ukur gas CO₂, maka alat ukur ini bereaksi terhadap gas CO₂ yang dihasilkan pada lingkungan industri, itu berarti semakin sedikit gas CO₂ yang dideteksi maka semakin menurun nilai CO₂ yang ditampilkan pada LCD, dengan begitu sensor MG-811 dapat dikatakan berfungsi dengan baik.



Gambar 16. Rangkaian pengujian catu daya



Gambar 17. Rangkaian skematik LCD

TABEL I
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN KELUARAN CATU DAYA TANPA BEBAN

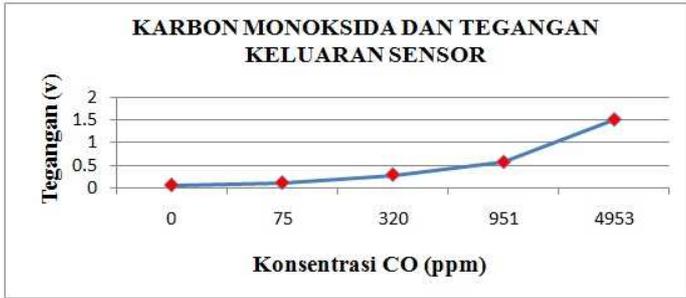
| Pengukuran Ke- | V ₁ (VoltAC) | V ₂ (VoltDC) | V ₃ (VoltDC) | V ₄ (VoltDC) | V ₅ (VoltDC) |
|----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 8,9 |
| 2 | 9 | 4,9 | 4,8 | 4,9 | 9 |
| 3 | 9,1 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 9 |
| 4 | 9,1 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 8,9 |
| 5 | 9 | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 9 |

TABEL II
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN KELUARAN CATU DAYA DENGAN BEBAN

| Pengukuran Ke- | V ₁ (VoltAC) | V ₂ (VoltDC) | V ₃ (VoltDC) | V ₄ (VoltDC) | V ₅ (VoltDC) |
|----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 9 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 9 |
| 2 | 8,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 9 |
| 3 | 9 | 4,9 | 4,8 | 4,8 | 8,9 |
| 4 | 9 | 4,8 | 4,9 | 4,8 | 8,9 |
| 5 | 8,9 | 4,8 | 4,8 | 4,9 | 9 |

TABEL III
PENGUJIAN SENSOR MQ-7 (CO)

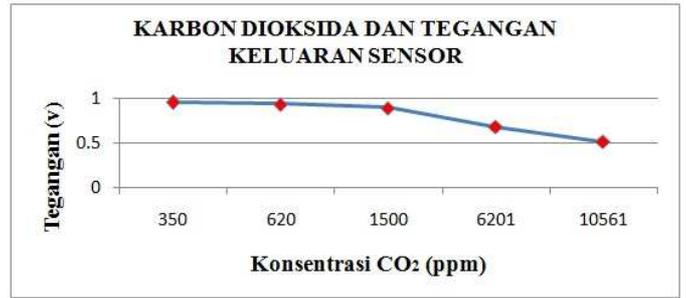
| Pengukuran Ke- | Konsentrasi CO (ppm) | Tegangan Keluaran sensor (V) |
|----------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 0 | 0,06 |
| 2 | 75 | 0,11 |
| 3 | 320 | 0,29 |
| 4 | 951 | 0,57 |
| 5 | 4953 | 1,51 |



Gambar 18. Grafik perbandingan pengukuran gas karbon monoksida (CO) dan tegangan keluaran sensor

TABEL VI
PENGUJIAN SENSOR MG-811 (CO₂)

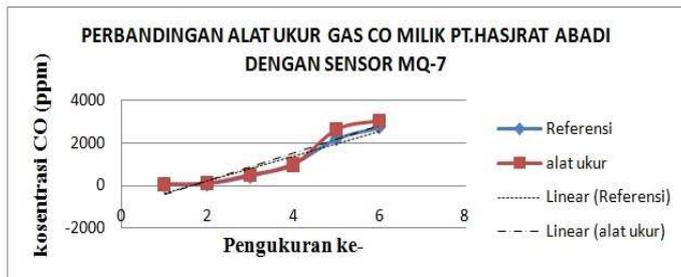
| Pengukuran Ke- | Konsentrasi CO ₂ (ppm) | Tegangan Keluaran sensor (V) |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 350 | 0,95 |
| 2 | 620 | 0,93 |
| 3 | 1500 | 0,89 |
| 4 | 6201 | 0,68 |
| 5 | 10561 | 0,51 |



Gambar 20. Grafik perbandingan pengukuran gas karbon dioksida (CO₂) dan tegangan keluaran sensor

TABEL IV
DATA PENGUKURAN PERBANDINGAN SENSOR MQ-7

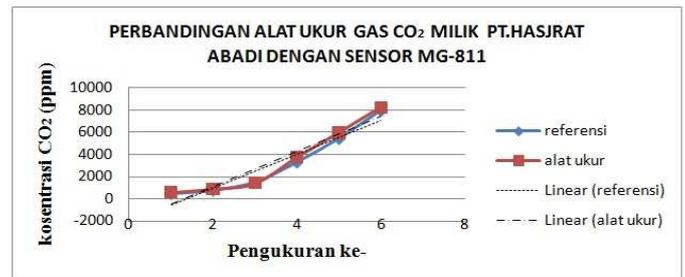
| No. | Referensi CO (ppm) | Alat Ukur CO (ppm) | Error (%) |
|-----|--------------------|--------------------|-----------|
| 1. | 30 | 47 | 57 |
| 2. | 70 | 93 | 33 |
| 3. | 430 | 503 | 17 |
| 4. | 1020 | 982 | 4 |
| 5. | 2200 | 2632 | 20 |
| 6. | 2740 | 3050 | 11 |



Gambar 19. Grafik perbandingan pengukuran gas karbon monoksida (CO) menggunakan sensor MQ-7

TABEL VII
DATA PENGUKURAN PERBANDINGAN SENSOR MG-811

| No. | Referensi CO ₂ (ppm) | Alat Ukur CO ₂ (ppm) | Error (%) |
|-----|---------------------------------|---------------------------------|-----------|
| 1. | 450 | 603 | 34 |
| 2. | 760 | 912 | 20 |
| 3. | 1500 | 1404 | 6 |
| 4. | 3300 | 3753 | 14 |
| 5. | 5420 | 5956 | 10 |
| 6. | 7950 | 8230 | 3 |



Gambar 21. grafik perbandingan pengukuran gas karbon dioksida (CO₂) menggunakan sensor MG-811

TABEL V
DATA TINGKAT KONSENTRASI SENSOR MQ-7 PADA INDUSTRI

| No. | Industri | Pengukuran Alat Gas CO (PPM) pada ruang Produksi | | | | Rata-Rata (PPM) | Ambang Batas (PPM) | Normal (PPM) |
|-----|----------|--|----------------|------|------|-----------------|--------------------|--------------|
| | | TP 1 | TP 2 | TP 3 | TP 4 | | | |
| | | 1 | Vulkanisir Ban | 5 | 66 | | | |
| 2 | Listrik | 0 | 5 | 11 | 8 | 6 | 100.38 | 0 |
| 3 | Kopi | 3 | 32 | 30 | 15 | 20 | 100.38 | 0 |

Keterangan:
TP = Titik Pengukuran
Normal = Nilai Normal

TABEL VIII
DATA TINGKAT KONSENTRASI SENSOR MG-811 PADA INDUSTRI

| No. | Industri | Pengukuran Alat Gas CO ₂ (PPM) pada ruang Produksi | | | | Rata-Rata (PPM) | Ambang Batas (PPM) | Normal (PPM) |
|-----|----------|---|----------------|------|------|-----------------|--------------------|--------------|
| | | TP 1 | TP 2 | TP 3 | TP 4 | | | |
| | | 1 | Vulkanisir Ban | 1210 | 1100 | | | |
| 2 | Listrik | 450 | 550 | 405 | 660 | 516 | 5000 | 350 |
| 3 | Kopi | 560 | 704 | 1023 | 1008 | 824 | 5000 | 350 |

Keterangan:
TP = Titik Pengukuran
Normal = Nilai Normal



Gambar 22. Pengukuran gas CO pada industri



Gambar 23. Pengukuran gas CO₂ pada industri



Gambar 24. Foto alat

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan alat pengukur gas berbahaya CO dan CO₂ dilingkungan industri dapat disimpulkan bahwa, tiap-tiap sensor gas memiliki tingkat kepekaan yang berbeda. Perbandingan antara konsentrasi gas CO₂ dengan tegangan keluarannya agak berbeda dengan sensor CO, dimana sensor CO₂ setiap ada penurunan tegangan maka nilai konsentrasi gas CO₂ akan meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basic Information : "Carbon Monoxide", tersedia di: <http://www.epa.gov/iaq/co.html>. Diakses 2014-01-10
- [2] C. Davidson, "Marine Notice: Carbon Dioxide: Health Hazard". Australian Maritime Safety Authority, 7 February 2003.
- [3] Conversion Calculator, tersedia di: <http://www.skcgulfcoast.com/nioshdbbs/calc.htm>
- [4] Electronic Component's Datasheet, tersedia di: <http://www.alldatasheet.com/>
- [5] Occupational Safety and Health Administration, Chemical Sampling Information: "Carbon Dioxide", tersedia di : http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_225400.html. Diakses 2014-01-13
- [6] Omaye ST, "Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity", *Toxicology* 180 (2): 139–50. doi:10.1016/S0300-483X(02)00387-6, 2002.
- [7] R. Pierantozzi. "Carbon Dioxide", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley, doi:10.1002/0471238961.0301180216090518.a01.pub2, 2001.
- [8] R. Blocher, Dipl, Phys., Dasar Elektronika, Penerbit ANDI Yogyakarta, 2003
- [9] Republik Indonesia, Persyaratan Dan Tata Cara Penyelenggaraan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri, Keputusan Menteri Kesehatan, Nomor: 405/Menkes/SK/XI/2002, 2002.
- [10] T. Gosink, (1983-01-28). "What Do Carbon Monoxide Levels Mean?" (HTML). *Alaska Science Forum*. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks. Diakses 2014-01-13
- [11] V. V. Kosegeran, "Perancangan Alat Ukur Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂) Dan Hidro Karbon (HC) Pada Gas Buang Kendaraan Bermotor", *Tugas Akhir*, FATEK UNSRAT, Manado, 2013.