

Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂) dan Hidro Karbon (HC) Pada Gas Buang Kendaraan Bermotor

Victor V. Kosegeran⁽¹⁾, Elia Kendekallo, MSc.⁽²⁾, Sherwin R. U. A. Sompie, ST., MT.⁽³⁾, Bahrnun, MKes.⁽⁴⁾,
(1)Mahasiswa, (2)Pembimbing 1, (3)Pembimbing 2, (4)Pembimbing 3

123vic31@gmail.com⁽¹⁾, kendekallo@gmail.com⁽²⁾, sherwinsompie@gmail.com⁽³⁾, drsbahrnun@rocketmail.com⁽⁴⁾
Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115

Abstrak - Kendaraan bermotor berbahan bakar bensin menghasilkan emisi gas buang yang mengandung gas-gas polutan dapat merusak lingkungan sekitar, juga mengganggu kesehatan manusia. Dibutuhkan pengukuran kadar polutan gas CO, CO₂, dan HC yang dikeluarkan kendaraan bermotor untuk mengendalikan polutan dari pembakaran bahan bakar kendaraan. Konsentrasi gas diukur dari banyaknya partikel unsur dalam kumpulan gas buang kendaraan. Untuk penanganan dan pengontrolan kadar emisi kendaraan bermotor bensin, dibuatlah alat yang mengukur kadar emisi gas buang kendaraan bermotor gas CO dan HC menggunakan sensor gas TGS-2201, dan untuk gas CO₂ menggunakan sensor gas MG-811. Kit minimum system ATmega 8535 dipakai sebagai prosesor pengendali alat ukur ini. Alat ukur ditera menggunakan standar alat ukur milik Dinas Perhubungan Manado. Kadar emisi mesin kendaraan 2 tak lebih tinggi dibandingkan kadar emisi mesin kendaraan 4 tak. Kadar tertinggi emisi terukur CO sebesar 0,11%, CO₂ sebesar 5,32%, dan HC sebesar 99ppm. Pengukuran gas-gas polutan CO, CO₂, dan HC cukup cepat sehingga membantu efisiensi waktu operator dalam pengukuran kadar emisi kendaraan.

Kata kunci: gas buang kendaraan bermotor, gas CO, gas CO₂, gas HC, sensor gas MG-811, sensor gas TGS-2201.

Abstract - gasoline-fueled vehicles produce exhaust emissions gases containing pollutants that damage the environment, as well as health problems in humans. Measurement of gaseous pollutants CO, CO₂, and HC in the exhaust of motor vehicles needed to do for control pollutants from fuel combustion vehicles. Gas concentration was measured from the number of element particles in the exhaust gas vehicles. For controlling and handling exhaust emissions of gasoline-fueled vehicle, was invented a tool that can measure the levels of vehicle exhaust emissions for gas CO and HC with gas sensor TGS-2201, and for emission gas CO₂ with gas sensor MG-811. Minimum system kit ATmega 8535 using for processor controlling this invated tool. Measuring tool was build by standart of Transport Department Manado measuring tool of exhaust emissions gases. Emissions of 2 stoke vehicles was higher than emission of 4 stoke vehicles. The higher emission was measured for CO is 0,11%, CO₂ is 5,32%, and HC is 99ppm. Measuring of gaseous pollutants CO, CO₂, and HC quick enough to do than efficiency time of operator help to measurement vehicles emissions levels.

Key words: exhaust vehicle, gas CO, gas CO₂, gas HC, gas sensor MG-811, gas sensor TGS-2201.

I. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan pencemaran udara juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan kondisi udara tercemar, karena gas buang hasil dari pembakaran kendaraan mengandung racun

yang berbahaya bagi lingkungan, terutama karbon monoksida (CO) dan juga hidrokarbon (HC) yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Seperti diketahui bahwa proses pembakaran bahan bakar dari motor bakar menghasilkan gas buang yang secara teoritis mengandung unsur CO, NO₂, HC, C, H₂, CO₂, H₂O dan N₂, dimana banyak yang bersifat mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara.

Pada negara-negara yang memiliki standar emisi gas buang kendaraan yang ketat, ada 5 unsur dalam gas buang kendaraan yang akan diukur yaitu senyawa HC, CO, CO₂, O₂ dan senyawa NO_x. Sedangkan pada negara-negara yang standar emisinya tidak terlalu ketat, hanya mengukur 4 unsur dalam gas buang yaitu senyawa HC, CO, CO₂ dan O₂. Standar yang digunakan di negara Indonesia yaitu mengukur gas buang dalam 4 unsur saja, yaitu: HC (hidro karbon), CO (karbon monoksida), CO₂ (karbon dioksida), dan O₂ (oksigen).

Dalam mendukung usaha pelestarian lingkungan hidup, negara-negara di dunia mulai menyadari bahwa gas buang kendaraan merupakan salah satu polutan atau sumber pencemaran udara terbesar, oleh karena itu gas buang kendaraan harus dibuat sebersih mungkin agar tidak mencemari udara. Untuk bisa mengetahui kondisi gas buang pada kendaraan bisa di tes dengan alat uji emisi untuk mengetahui tingkat emisi pada gas buang kendaraan. Namun kebanyakan alat yang ada sangatlah tidak efisien dalam penggunaan karena bentuknya yang besar dan juga dalam penggunaannya, alat uji emisi tidak bisa digunakan dalam kondisi kendaraan sedang beroperasi.

Oleh sebab itu dirancang suatu alat ukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidro karbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor, agar dapat mengetahui tingkat penataan terhadap nilai ambang batas emisi gas buang, sedangkan melalui perawatan kendaraan bermotor dapat diupayakan untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor, memperpanjang usia kendaraan dan menghemat penggunaan bahan bakar, yang pada akhirnya dapat mengendalikan pencemaran udara.

II. LANDASAN TEORI

A. Teori Emisi Gas Buang Kendaraan

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar dalam pembakaran mesin kendaraan. Seperti diketahui bahwa proses pembakaran bahan bakar dari motor bakar menghasilkan gas buang yang secara teoritis mengandung unsur HC, CO, CO₂, NO₂, C, H₂, H₂O dan N₂,

dimana banyak yang bersifat mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara.

Hidro karbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap (smog). Pancaran hidro karbon yang terdapat pada gas buang berbentuk gasoline yang tidak terbakar. Hidrokarbon terdapat pada proses penguapan bahan bakar pada tangki, karburator, serta kebocoran gas yang melalui celah antara silinder engkol yang biasa disebut gas lalu.

Untuk batas emisi gas hidrokarbon di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup sudah ditetapkan ambang batas maksimum HC yaitu 2000 ppm untuk kendaraan beroda 2 dan beroda 3. Untuk kendaraan beroda 4 atau beroda lebih dari 4 ditetapkan ambang batas maksimum HC yaitu 200 ppm (*part per million*).

Karbon monoksida (CO) adalah gas hasil pembakaran yang bersifat racun bagi darah manusia pada saat pernafasan, sebagai akibat berkurangnya oksigen pada jaringan darah. Gas karbon monoksida (CO) terdapat cukup banyak di udara, dimana gas ini terbentuk akibat adanya suatu pembakaran yang tidak sempurna. Gas karbon monoksida mempunyai ciri yang tidak berbau, tidak terasa, serta tidak berwarna. Kendaraan bermotor memberi andil yang besar dalam peningkatan kadar CO yang membahayakan. Di dalam semua polutan udara maka CO adalah pencemar yang paling utama.

Untuk batas emisi gas karbon monoksida di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup sudah ditetapkan ambang batas maksimum CO yaitu 4,5 % untuk kendaraan beroda 2 dan beroda 3. Untuk kendaraan beroda 4 atau beroda lebih dari 4 ditetapkan ambang batas maksimum CO yaitu 1,5 %.

Emisi CO₂ menunjukkan keadaan pembakaran bahan bakar yang baik dalam proses pembakaran di ruang bakar. Emisi CO₂ adalah reaksi kimia dari emisi CO yang bereaksi dengan sedikit oksigen dan panas yang diakibatkan dari panasnya mesin kendaraan dan saluran pembuangan gas buang kendaraan. Kadar konsentrasi CO₂ yang tinggi antara 12 % - 15 % menunjukkan pembakaran dalam ruang bakar terjadi pembakaran sempurna. Jika kadar CO₂ dibawah 12 % mengindikasikan kadar perbandingan bahan bakar dan udara kurang baik.

Pada negara-negara yang memiliki standar emisi gas buang kendaraan yang ketat, ada 5 unsur dalam gas buang kendaraan yang akan diukur yaitu senyawa HC, CO, CO₂, O₂ dan senyawa NO₂.

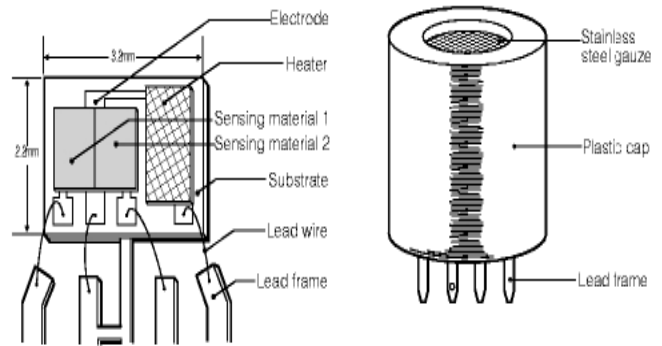
Sedangkan pada negara-negara yang standar emisinya tidak terlalu ketat, hanya mengukur 4 unsur dalam gas buang yaitu senyawa HC, CO, CO₂ dan O₂.

Alat ini dibuat hanya untuk mengukur konsentrasi gas CO, CO₂, dan HC pada emisi kendaraan bermotor berbahan bakar bensin. Pada tabel I dipaparkan standar emisi yang ada di Indonesia berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama Kementerian Negara Lingkungan Hidup 2006.

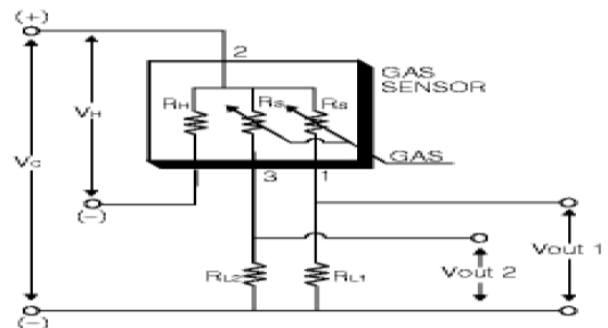
B. Sensor Gas TGS-2201

TGS 2201 adalah sensor untuk mendeteksi gas HC dan CO. Figaro TGS 2201 adalah transducer utama yang merupakan sensor kimia atau dengan dua elemen sensitif pendeteksi gas. Elemen sensor terdiri dari lapisan semikonduktor oksida logam terbentuk pada substrat alumina, sebuah chip merasakan bersama-sama dengan pemanas terintegrasi. Bentuk fisik dan struktur sensor TGS-2201 disajikan pada gambar 1.

Dalam keadaan terdeteksi adanya gas, konduktivitas sensor meningkat tergantung pada konsentrasi gas di udara. Tegangan (Vc) digunakan memberi energi elemen sensor yang mempunyai hambatan (Rs) antara dua elektroda sensor dan terhubung secara serial dengan resistor (RL). Sinyal sensor diukur secara tidak langsung melalui perubahan tegangan yang melewati hambatan RL. Rangkaian dasar sensor gas disajikan pada gambar 2.



Gambar 1. Struktur Fisik Sensor TGS-2201



Gambar 2. Rangkaian Sensor TGS-2201.

TABEL I
Ambang Batas Emisi Kendaraan Untuk Kendaraan
Tahun Pembuatan ≥ 2010

	Jenis Gas		
	Hidro karbon (HC) (max)	Karbon monoksida (CO) (max)	Karbon dioksida (CO ₂)
Roda 2 & roda 3	2000 ppm	4,5 %	12 % - 15 %
Roda 4 & lebih dari 4	200 ppm	1,5 %	

C. Sensor Gas MG-811

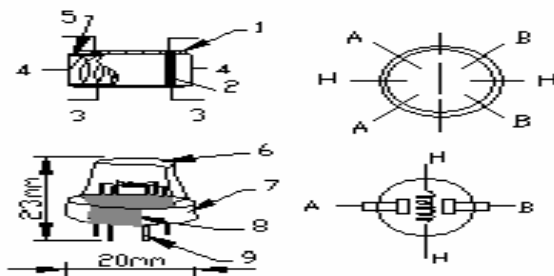
Sensor *MG-811* dengan struktur pada gambar 3 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas CO₂ dengan sensitivitas yang tinggi. Elemen sensor terdiri dari 9 bagian.

Pada bagian nomor satu merupakan lapisan peka terhadap gas dengan material sel elektrolit padat. Pada bagian nomor dua merupakan bagian elektroda dengan material Au. Pada bagian nomor tiga merupakan elektroda dengan material campuran platina dan timah. Pada bagian nomor empat merupakan lilitan pemanas dengan material campuran Ni-Cr. Pada bagian nomor lima merupakan pipa yang terbuat dari keramik. Pada bagian nomor enam merupakan pengaman terhadap ledakan terbuat dari *stainless steel*. Pada bagian nomor tujuh merupakan penjepit berbentuk cincin terbuat dari tembaga. Pada bagian nomor delapan merupakan kaki dammar yang terbuat dari bakelit. Pada bagian nomor sembilan merupakan pin-pin atau kaki yang terbuat dari tembaga.

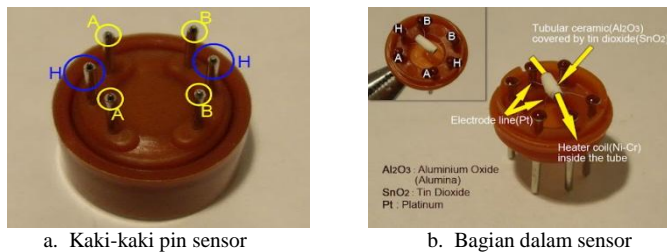
Sensor *MG-811* memiliki 6 kaki-kaki pin dengan elemen pemanas H, elektroda A, dan elektroda B yang masing-masing elemen terdiri dari 2 kaki pin pada sensor. Bentuk fisik dari sensor *MG-811* disajikan pada gambar 4.

D. Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler adalah sebuah sistem *microprosesor* di mana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, *Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai sehingga kita tinggal memprogram isi ROM (*Read Only Memory*) sesuai aturan penggunaan oleh pabrik pembuatnya (Ardi Winoto, Mikrokontroler AVR ATmega8/ 16/ 32/ 8535 dan Pemogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR).



Gambar 3. Struktur Sensor *MG-811*



Gambar 4. Bentuk Fisik Sensor *MG-811*

Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali bagi perangkat lain seperti sensor. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) standar memiliki arsitektur 8 bit, semua instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATTINY, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Bentuk fisik mikrokontroler ATmega 8535 disajikan pada gambar 5.

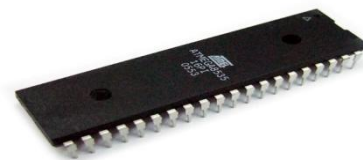
III. PERANCANGAN SISTEM

A. Skema Perancangan Sistem

Berdasarkan diagram blok pada gambar 6, terdapat sensor *TGS-2201* berfungsi untuk mendeteksi dan memperkirakan konsentrasi senyawa hidro karbon (HC) dan senyawa karbon monoksida (CO) dan sensor *MG-811* berfungsi untuk mendeteksi dan memperkirakan konsentrasi senyawa karbon dioksida (CO₂) dengan cara mendeteksi asap pada pipa penampung asap emisi.

Pengkondisian sinyal, bagian ini merupakan rangkaian pengukur dasar yang dapat membuat sensor bekerja agar keluarannya bisa diumpankan ke ADC. Mikrokontroler ATmega8535, adalah komponen utama yang berfungsi sebagai pusat kendali berbagai macam *peripheral* yang terhubung dalam sistem ini yaitu sensor gas *MG-811*, *TGS-2201* dan *LCD*. Komponen ini juga berfungsi sebagai tempat pengolahan data yang akan diproses.

LCD (Liquid Crystal Display) berfungsi sebagai penampil data yang diperoleh dari sensor agar kita langsung dapat melihat hasilnya secara visual.



Gambar 5 Mikrokontroler ATmega8535



Gambar 6. Blok Diagram Rangkaian

B. Perancangan Sensor TGS-2201

Pada perancangan sistem ini, sensor *TGS-2201* digunakan untuk mendeteksi gas HC dan CO. Rangkaian dasar sensor gas disajikan pada gambar 7. Tegangan (V_c) digunakan memberi energi elemen sensor yang mempunyai hambatan (R_s) antara dua elektroda sensor dan terhubung secara serial dengan resistor (R_L). Sinyal sensor diukur secara tidak langsung melalui perubahan tegangan yang melewati hambatan R_L . Nilai R_s diperoleh dari persamaan (1).

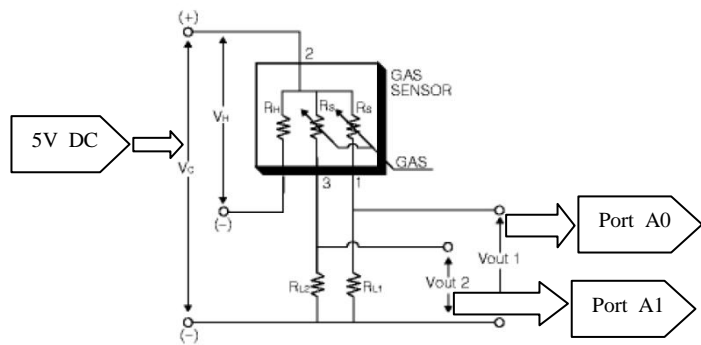
$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{RL}} - R_L \tag{1}$$

Dalam hal ini,

- R_L = hambatan antara kedua elektroda pada sensor (Ohm)
- V_c = tegangan rangkaian (Volt)
- V_{RL} = tegangan keluaran (Volt)
- R_s = hambatan variabel sensor (Ohm).

Pada prinsipnya penggunaan sensor *TGS-2201* menggunakan prinsip pembagi tegangan untuk tegangan outputnya, ini dikarenakan sensor *TGS-2201* merespon kadar HC pada elemen 1 dan merespon kadar CO dalam asap emisi kendaraan bermotor dengan perubahan tahanan yang terjadi pada sensor. Oleh sebab itu, rangkaian pengkondisian sinyal berprinsip sebagai rangkaian pengkondisian sinyal. Di bawah ini merupakan rangkaian pengkondisian sinyal dari sensor *TGS-2201*.

Pada gambar 7 terdapat beberapa titik hubungan yaitu V_c , V_H , GND dan V_{RL} . Titik-titik ini mempunyai fungsi masing-masing. V_c merupakan suplai tegangan untuk sirkuit sensor dan membutuhkan tegangan DC maksimum 24 volt, tetapi tegangan DC yang di gunakan sebesar 5 Volt DC. V_{out1} dan V_{out2} merupakan titik output tegangan analog dari sensor. R_s merupakan resistansi sensor, yang akan berubah apabila sensor mendeteksi adanya senyawa karbonmonoksida. R_L merupakan resistansi beban, yang berfungsi sebagai pembagi tegangan



Gambar 7. Skema Rangkaian Sensor *TGS-2201*

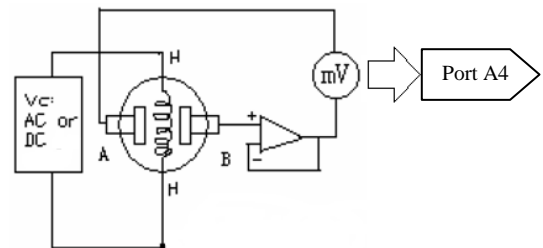
C. Perancangan Sensor MG-811

Pada perancangan sistem ini, sensor *MG-811* digunakan untuk mendeteksi senyawa gas CO_2 . Penggunaan sensor *MG-811* menggunakan prinsip reaksi elektrokimia untuk tegangan outputnya. Reaksi elektrokimia yang terjadi saat sensor terkena gas CO_2 menghasilkan *emf* (*electromotive force*) diantara elektroda A dan elektroda B. V_c merupakan suplai tegangan untuk sirkuit sensor dan membutuhkan tegangan DC sebesar 5 Volt.

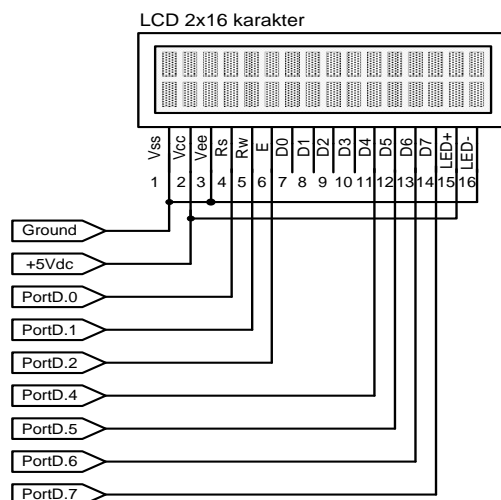
Pada gambar 8 tegangan yang dihasilkan antara elektroda A dan elektroda B bernilai *mili volt*. Tegangan *emf* adalah output analog dari sensor *MG-811*.

D. Perancangan Tampilan LCD

Tampilan *LCD* telah menjadi bentuk kit dengan 16 pin. Pin-pin ini nantinya dihubungkan ke mikrokontroler sebagai *monitor* dari rangkaian *input*. Berdasarkan hubungan pin dari *LCD* ke mikrokontroler dapat diklasifikasikan sifat pin tersebut, dimana pin D4-D7 adalah sebagai data, pin 4-6 adalah kontrol dan pin 1-3 adalah catu daya. Pin15 dan 16 adalah kaki anoda dan katoda dari LED yang menentukan tingkat kecerahan dari *LCD*. (Gambar 9)



Gambar 8. Skema Rangkaian Sensor *MG-811*



Gambar 9. Skema Rangkaian *LCD*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor TGS2201 (HC dan CO)

Sensor TGS 2201 memiliki parameter sebagai acuan untuk memfungsikan sensor tersebut, dimana sensor ini membutuhkan tegangan kerja sirkuit (V_C), tegangan pemanas (V_H), dan tahanan beban (R_L). Untuk memfungsikan sensor TGS 2201 ini harus menurut spesifikasi sebagai berikut :

$V_C = 5 \text{ V DC}$
 $V_H = 5 \text{ V DC}$
 $R_L = 10 \text{ K}\Omega$

Dari spesifikasi tersebut yang di gunakan sebagai tegangan masukan dari sensor dan tahanan beban, maka tegangan yang keluar dari sensor tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan kadar HC dan CO yang di deteksi oleh sensor. Kemudian tegangan yang keluar dari sensor tersebut di hubungkan pada input ADC dari mikrokontroler ATmega8535, dan kemudian akan di tampilkan pada LCD.

Pada tabel I dipaparkan hasil pengukuran rangkaian untuk tegangan V_c dan V_H juga nilai tahanan rangkaian pada R_L . Tabel II adalah tabel hasil pengukuran tegangan keluaran pada sensor berdasarkan konsentrasi gas HC dan tabel III untuk konsentrasi gas CO yang di tampilkan pada LCD.

Gambar 10 menampilkan tampilan hasil data dari sensor TGS-2201 untuk mengukur kadar gas HC. Gambar 11 menampilkan tampilan hasil data pengukuran gas CO.

TABEL I
KONDISI STANDAR RANGKAIAN

Symbol	Technical Condition	Pengukuran rangkaian
V_c	$5 \text{ V} \pm 0,1$	5 V
V_H	$5 \text{ V} \pm 0,1$	5 V
R_L	10 K Ω	10 K Ω

TABEL II
PENGUKURAN SENSOR TGS-2201 GAS HC

Konsentrasi HC (ppm)	Tegangan Keluaran sensor (V)
17	1,23
22	1,59
61	4,42

TABEL III
PENGUKURAN SENSOR TGS-2201 GAS CO

Konsentrasi CO (%)	Tegangan Keluaran sensor (V)
0,02	1,85
0,06	1,96
0,11	2,33

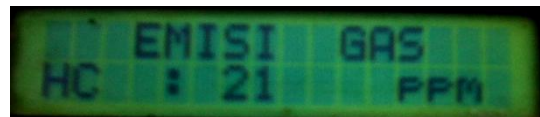
B. Pengujian Sensor MG-811 (CO_2)

Sensor MG-811 memiliki parameter sebagai acuan untuk memfungsikan sensor tersebut, dimana sensor ini membutuhkan tegangan kerja sirkuit (V_c), tegangan pemanas (V_H). Untuk memfungsikan sensor MG-811 ini harus menurut spesifikasi sebagai berikut :

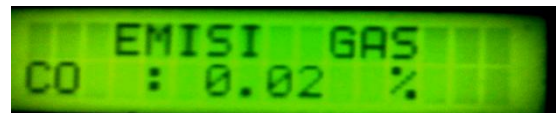
$V_C = 5 \text{ V DC}$
 $V_H = 5 \text{ V DC}$

Tegangan keluaran dari sensor tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan kadar CO_2 yang di deteksi oleh sensor. Kemudian tegangan yang keluar dari sensor tersebut di hubungkan pada input ADC dari mikrokontroler ATmega 8535, dan kemudian akan di tampilkan pada LCD.

Pada tabel IV dipaparkan hasil pengukuran rangkaian sensor MG-811. Tabel VI adalah hasil pengukuran tegangan keluaran pada sensor berdasarkan konsentrasi gas CO_2 yang di tampilkan pada LCD. Tampilan yang muncul pada LCD ditampikan dari pengukuran sensor MG-811 untuk gas CO_2 seperti pada gambar 12.



Gambar 10. Tampilan Kadar Emisi HC pada LCD



Gambar 11. Tampilan Kadar Emisi CO pada LCD

TABEL IV
KONDISI STANDAR RANGKAIAN

Symbol	Technical Condition	Pengukuran rangkaian
V_c	$5 \text{ V} \pm 0,1$	5 V
V_H	$5 \text{ V} \pm 0,1$	5 V

TABEL V
PENGUKURAN SENSOR MG-811 GAS CO_2

Konsentrasi CO_2 (%)	Tegangan Keluaran sensor (V)
0,25	0,1
3,01	1,5
5,03	2,5



Gambar 12. Tampilan Kadar Emisi CO_2 pada LCD

C. Pengujian Keseluruhan

Sebelum dilakukan pengujian untuk setiap sampel data yang diuji, kendaraan perlu di gas dengan torsi maksimum selama ± 1 menit untuk menstabilkan gas buang kendaraan. Setelah mesin kendaraan stabil, baru bisa dilakukan pengukuran kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidro karbon (HC) pada gas buang kendaraan.

Alat ini ditera berdasarkan standar alat ukur milik Dinas Perhubungan Kota Manado dengan mengambil sampel dari kendaraan roda 4 dan roda 2. Proses standarisasi alat ukur yang dibuat dilakukan dengan cara bergantian dalam pengukuran 1 sampel gas buang kendaraan bermotor.

Untuk setiap sampel kendaraan dilaksanakan pengukuran menggunakan alat ukur Dinas Perhubungan terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pengukuran alat ukur yang berbasis sensor gas TGS-2201 dan sensor gas MG-811.

Hasil yang didapati dari alat uji emisi milik Dinas Perhubungan Kota Manado adalah nilai maksimum dari setiap unsur yang diukur yaitu HC, CO dan CO₂. Nilai terukur setiap gas polutan dari alat uji emisi milik Dinas Perhubungan Kota Manado tidak konstan. Setelah mendapatkan nilai maksimum maka hasil dari gas terukur semakin lama semakin menurun sampai kembali ke nilai 0 atau keadaan awal alat uji emisi.

Hasil yang didapati dari alat ukur yang dirancang bersifat *realtime* dan konstan terhadap pengukuran gas polutan yang terukur oleh sensor gas.

Untuk proses tera alat ukur didapati beberapa sampel data berlawanan dengan grafik data pengukuran alat uji emisi Dinas Perhubungan Manado. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor eror seperti kesalahan dari operator, ketepatan alat ukur, dan konsentrasi unsur gas polutan yang berubah-ubah sesuai kondisi mesin kendaraan.

Pada tabel VI dipaparkan perbandingan dari pengujian kadar emisi kendaraan mesin 4 tak roda 4. Perbandingan data pengujian kendaraan mesin 4 tak roda 2 dipaparkan pada tabel VII.

TABEL VI
DATA PERBANDINGAN PENGUJIAN KENDARAAN MESIN 4 TAK RODA 4

No.	Kendaraan	Dinas Perhubungan			Data Pengujian Alat Ukur		
		HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)
1.	Xenia 1,0	11	0,01	0,1	22	0,03	2,5
2.	Grand Livina	11	0,04	0,3	12	0,02	1,4
3.	Xenia 1,3	12	0,04	2,1	17	0,02	1,53
4.	Avanza	23	0,03	2,3	21	0,03	1,85
5.	Avanza 1,3	24	0,03	2,5	20	0,03	1,85
6.	Xenia Sport	30	0,05	2,1	29	0,04	3,12
7.	Xenia 1,1	37	0,05	4,9	40	0,06	3,94
8.	Kijang Expo 1,8	69	0,05	2,7	61	0,06	3,46
9.	Avanza 1,3	74	0,09	4,7	81	0,11	3,98
10.	Kijang Grand	98	0,11	6,5	95	0,13	5,3

Pada tabel VII dan tabel IX masing- masing dipaparkan hasil pengukuran sampel data untuk kendaraan mesin 2 tak roda 4 dan roda 2. Nilai gas emisi tertinggi yang terukur dari alat yang dibuat adalah CO sebesar 0,11%, CO₂ sebesar 5,32% dan HC sebesar 99ppm.

Pada gambar 13 ditampilkan foto alat ukur yang telah dirakit dalam bentuk yang cukup kecil. Gambar 14 adalah foto saat alat ukur sedang dipakai untuk mengukur kadar emisi kendaraan.

Pada gambar 15 ditampilkan foto alat uji emisi Dinas Perhubungan Kota Manado yang menjadi alat pembanding saat alat ukur ditera berdasarkan standar Dinas Perhubungan. Nilai gas polutan yang didapati dari alat uji emisi Dinas Perhubungan Kota Manado dilihat pada layar monitor seperti foto yang ditampilkan pada gambar 16.

TABEL VII
DATA PERBANDINGAN PENGUJIAN KENDARAAN MESIN 4 TAK RODA 2

No.	Kendaraan	Dinas Perhubungan			Data Pengujian Alat Ukur		
		HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)
1.	Mio 110cc	20	0,01	0,4	20	0,03	2,2
2.	Spacy 110cc	21	0,03	3,0	22	0,06	5,03
3.	Byson 150cc	21	0,05	0,7	24	0,03	2,52
4.	Jupiter Z 110cc	24	0,04	0,9	25	0,03	2,44
5.	Jupiter MX 135cc	26	0,04	1,1	27	0,04	2,78
6.	Mega Pro 150cc	27	0,03	1,1	24	0,03	2,7
7.	Revo 110cc	36	0,04	0,5	22	0,03	3,01
8.	Jupiter MX 135cc	38	0,04	1,4	36	0,05	3,39
9.	Jupiter Z 110cc	39	0,06	1,4	38	0,05	3,86
10.	Jupiter MX 135cc	67	0,13	0,3	61	0,11	0,25

TABEL VIII
DATA PENGUJIAN KENDARAAN MESIN 2 TAK RODA 4

No.	Kendaraan	HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)
1.	ST 20 a	68	0,09	3,88
2.	ST 20 b	99	0,13	5,32
3.	ST 20 c	74	0,10	4,11
4.	ST 20 d	80	0,11	3,62
5.	ST 20 e	89	0,12	4,01

TABEL IX
DATA PENGUJIAN KENDARAAN MESIN 2 TAK RODA 2

No.	Kendaraan	HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)
1.	Fiz R 2004	68	0,09	3,88
2.	Satria 2006	99	0,13	5,32
3.	RX King 2006	74	0,10	4,11
4.	RX King 2007	80	0,11	3,62
5.	Kawasaki R 2008	89	0,12	4,01



Gambar 13. Foto Alat Ukur



Gambar 15. Foto Alat Ukur Pembading Dinas Perhubungan Manado



Gambar 14. Foto Saat Pengambilan Data Alat Ukur



Gambar 16. Foto Tampilan Alat Ukur Dinas Perhubungan Manado

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang alat ukur kadar gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂) dan hidro karbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor, dapat disimpulkan bahwa, perbandingan antara konsentrasi gas dengan tegangan keluaran sensor bersifat linear, dimana semakin banyak konsentrasi gas yang terdeteksi, maka tegangan keluaran sensor akan semakin besar. Perbandingan antara pengujian alat ukur uji emisi milik Dinas Perhubungan Kota Manado dengan rancangan alat ukur relatif kecil.

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan maka waktu yang di perlukan agar sensor mencapai kestabilan yaitu ± 2 menit. Kendaraan yang diukur harus di gas dengan torsi penuh sekitar ± 1 menit baru dapat dilakukan pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Winoto, "Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR", Bandung: Informatika, 2010
- [2]. D. Wiyono, "Panduan praktis mikrokontroler keluarga AVR menggunakan DT-Combo AVR-51 Starter Kit dan DT-Combo AVR Exercise KIT", Surabaya, 2007
- [3]. Figaro USA, INC., Product Information TGS 2201 - for detection of Gasoline and Diesel Exhaust Gas, Rev: 10/06. Tersedia di: <http://www.figarousa@figarosensor.com>
- [4]. Forum otomotif, 2012, tersedia di : <http://forum.otomotifnet.com/otoforum/archive/index.php/t-5751.html?s=5ffabe007c75735e571388a5dc7ece66>
- [5]. HANWEI ELECTRONICS CO. ,LTD, MG-811, tersedia di: <http://www.hwsensor.com>
- [6]. Makara, *Teknologi*, Vol. 6, No. 3, Desember 2002. Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak.
- [7]. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama Kementerian Negara Lingkungan Hidup 2006
- [8]. R.F. Talumewo, "Rancang Bangun Alat Pengkondisi Udara Pada Ruangan Menggunakan Sensor Co Dan Temperatur", *Tugas Akhir*, FATEK UNSRAT, Manado, 2012