

# RANCANG BANGUN ALAT UKUR EMISI PADA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER

Saeful Bahri<sup>1</sup>, Haris Isyanto<sup>2</sup>, Ziaul Fiqih<sup>3</sup>

<sup>1) 2) 3)</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)

Email: saefulbahri2003@yahoo.com, haris.isyanto@gmail.com, fiqihziaul@yahoo.com

## ABSTRAK

*Emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Sedangkan emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan karena pembakaran yang tidak sempurna. Untuk mengetahui emisi yang ada pada kendaraan digunakan alat uji emisi, namun alat yang ada di pasaran memiliki dimensi yang terlalu besar. Oleh sebab itu dirancang suatu alat ukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan hidro karbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor yang dapat memberikan hasil secara bersamaan dan waktu nyata dengan bentuk lebih kecil dan mudah saat dibawa kemana-mana. Cara pemakaian alat adalah dengan menghadapkan sensor pada alat ke knalpot kendaraan saat mesin hidup kondisi idle. Dari hasil pengujian dengan melakukan perbandingan dengan OTC Star Gas Analyzer One 898, alat ini mampu bekerja dan memiliki persentase kesalahan pengukuran HC, CO, dan CO<sub>2</sub> secara berurutan pada Toyota Kijang 2004 (50.8 %, 30.4 %, dan 10.9 %), Toyota Avanza 2008 (63.6 %, 21.8 %, dan 13.2 %), dan Toyota Avanza 2007 (29.8 %, 32 %, dan 10.7 %).*

*Kata kunci: Emisi, TGS2201, MG-811, ATMega8535, pengukuran gas buang*

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini keadaan udara di bumi kita makin di perparah karena pencemaran udara. Pencemaran udara merubah susunan (komposisi) keadaan atmosfer, dimana satu atau lebih bahan-bahan polusi yang jumlah dan konsentrasinya dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup, merusak properti, mengurangi kenyamanan di udara. Pencemaran udara didominasi oleh emisi gas buang kendaraan bermotor. Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan baik itu kendaraan berroda, perahu/kapal dan pesawat terbang yang menggunakan bahan bakar. Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Emisi Gas Buang merupakan salah satu penyebab terjadinya efek rumah kaca dan pemanasan global yang terjadi akhir-akhir ini.

Emisi gas buang kendaraan mengandung Emisi Senyawa Hidrokarbon (HC), Emisi Karbon Monoksida (CO), Emisi senyawa NO<sub>x</sub>, Oksida Belerang (SO<sub>2</sub>), Timah Hitam (Debu Timbal) (Pb), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) yang berbahaya untuk lingkungan dan makhluk hidup. Oleh karena itu, seiring kemajuan zaman kendaraan-kendaraan bermotor produksi terbaru dirancang sedemikian rupa dengan menekan kuantitas gas berbahaya yang dihasilkan dari gas buangnya. Dalam upayanya untuk menghambat laju kerusakan kondisi udara, negara-negara di dunia ini memberikan batas standar emisi untuk kendaraan bermotor khususnya kendaraan bermotor beroda empat. 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, CO<sub>2</sub>, dan senyawa NO<sub>x</sub>. Sedangkan pada negara-negara yang standar emisinya tidak terlalu ketat, hanya mengukur unsur senyawa HC, CO, dan CO<sub>2</sub>. Tetapi alat yang digunakan untuk uji emisi pada umumnya memiliki dimensi yang besar sehingga penggunaannya tidak efektif saat akan dibawa berpindah-pindah.

Oleh karena itu dibuat alat ukur emisi yang memiliki dimensi yang lebih kecil dibanding alat yang ada dipasaran yang dapat mengukur kuantitas gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan hidro karbon (HC) yang dapat memberikan hasil secara bersamaan dan waktu nyata.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Emisi Gas Buang

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. (Jilly Haikal Islam, Harianto, Madha Christian Wibowo, Jurnal STIKOM Surabaya 2013). Kendaraan bermotor memberi andil yang besar dalam peningkatan kadar CO yang membahayakan. Di dalam semua polutan udara maka CO adalah pencemar yang paling utama.

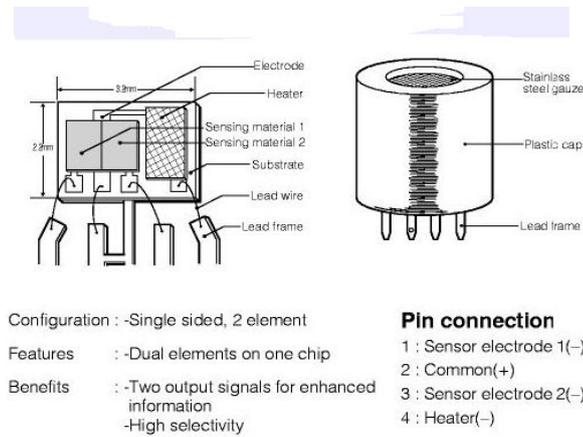
Untuk batas emisi gas karbon monoksida di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup sudah ditetapkan ambang batas maksimum CO yaitu 4,5 % untuk kendaraan beroda 2 dan beroda 3. Untuk kendaraan beroda 4 atau beroda lebih dari 4 ditetapkan ambang batas maksimum CO yaitu 1,5 % (Per. Dirjen Perhubungan Darat SK.1544/AJ.02.DRDJ/2006).

Emisi CO<sub>2</sub> menunjukkan keadaan pembakaran bahan bakar yang baik dalam proses pembakaran di ruang bakar. Emisi CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> yang tinggi antara 12 % - 15 % menunjukkan pembakaran dalam ruang bakar terjadi pembakaran sempurna.

### 2.2 Sensor Gas TGS 2201

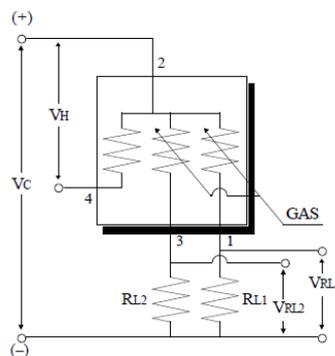
TGS 2201 adalah sensor untuk mendeteksi gas HC dan CO. TGS 2201 dapat mengukur dengan kisaran ukuran 10-1000 ppm. TGS 2201 mempunyai dua elemen dalam satu sensor yang masing-masing digunakan untuk mengukur emisi pada gas buang kendaraan bermesin diesel dan gas buang kendaraan bermesin bensin. Figaro 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.

Dua elemen dalam sensor TGS 2201 memiliki karakteristik sensitifitas yang berbeda yang mengacu kepada perbandingan  $R_s$  dan  $R_o$ .  $R_s$  adalah hambatan sensor yang terpapar konsentrasi gas buang sedangkan  $R_o$  adalah hambatan sensor saat di udara bersih. Pada elemen untuk mengukur gas buang bermesin diesel ( $R_s/R_o$ ) semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi paparan gas buang pada elemen sensor, sedangkan pada elemen untuk mengukur gas buang bermesin bensin sebaliknya.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Sensor TGS 2201

Dalam keadaan terdeteksi adanya gas, konduktivitas sensor meningkat tergantung pada konsentrasi gas di udara. Tegangan ( $V_c$ ) digunakan member energi elemen sensor yang mempunyai hambatan ( $R_s$ ) antara dua elektroda sensor dan terhubung secara serial dengan resistor ( $RL$ ). Sinyal sensor diukur secara tidak langsung melalui perubahan tegangan yang melewati hambatan  $RL$ .

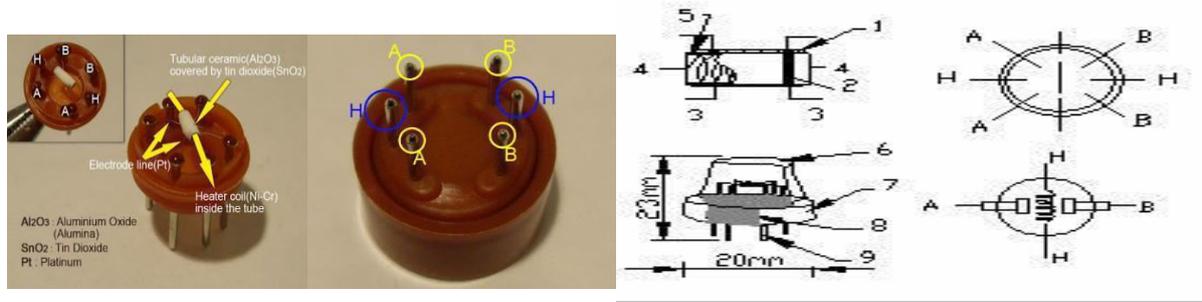


Gambar 2.2 Rangkaian Pengukuran Dasar Sensor TGS 2201

### 2.3 Sensor MG811

Sensor MG-811 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas  $CO_2$  dengan sensitivitas yang tinggi. Sensor MG-811 dapat mendeteksi kapasitas  $CO_2$  dengan kapasitas pengukuran 350-10000 ppm. 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.

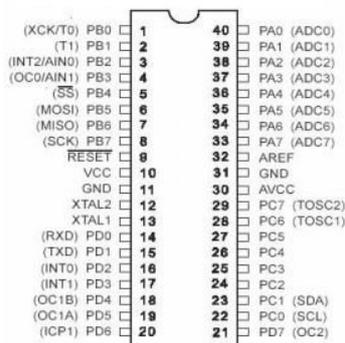
Sensor MG-811 memiliki 6 kaki-kaki pin dengan elemen pemanas H, elektroda A, dan elektroda B yang masing-masing elemen terdiri dari 2 kaki pin pada sensor.



Gambar 2.3 Bentuk Fisik dan Struktur Sensor MG 811

## 2.4 ATmega 8535

ATmega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus clock, ATmega8535 mempunyai throughput mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATmega8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah. Mikrokontroler ATmega8535 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin ATmega 8535

## 2.5 LCD

Dari namanya LCD dapat diartikan penampil dari kristal cair. Nama ini tentu tidak berlebihan karena inti dari cara kerja LCD adalah mengalirkan arus listrik pada pixel kristal. Pixel kristal yang mendapat aliran arus listrik akan mencair sehingga warnanya akan sangat kontras (berbeda) dibandingkan dengan pixel kristal yang tidak dialiri arus listrik.

Sebenarnya karakter – karakter yang ingin kita tampilkan di LCD sudah tersedia di dalam register data. Kita tinggal memilih dengan memasukkan kode karakter yang ingin kita tampilkan.



Gambar 2.5 LCD 20x4

## 2.6 Software

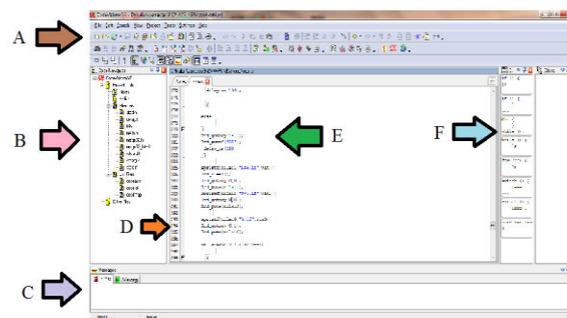
Bahasa pemrograman yang biasa digunakan untuk memprogram mikrokontroler adalah bahasa C dengan Compilernya yaitu CV AVR, alasan menggunakan bahasa C adalah:

1. Bahasa C mudah dalam penggunaannya.
2. Bahasa C paling sering di gunakan oleh para programmer lainnya.

Sedangkan alasan menggunakan compiler CV AVR adalah:

1. Memiliki library yang paling lengkap (untuk saat ini).
2. Mudah dalam pemakaian sehingga cocok untuk pemula dan orang awam.
3. Sering digunakan para praktisi AVR.
4. Suport dengan banyak downloader.
5. Ada versi gratisnya. Sehingga pengguna tidak perlu mengeluarkan biaya untuk menggunakan software ini.

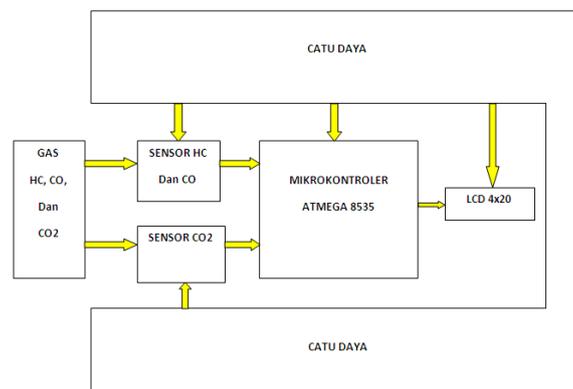
Keunggulan utama dari CV AVR dibanding compiler-compiler lainnya adalah adanya code wizzard. fasilitas ini memudahkan kita dalam inialisasi mikrokontroler yang akan kita gunakan.



Gambar 2.6 Bagian-bagian tampilan CV AVR

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Perangkat Keras (Harware)



Gambar 3.1 Blok diagram rangkaian

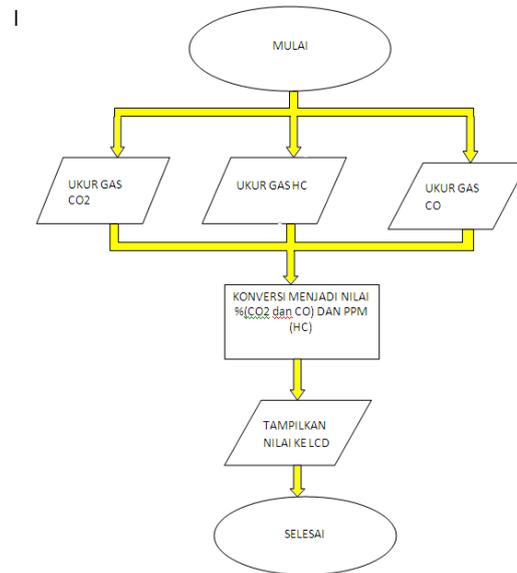
Dari gambar diatas dapat di fahami bahwa urutan pertama dari alat ini adalah sensor pengukur gas CO<sub>2</sub>, HC, dan CO, tugas ini dibebankan ke komponen TGS 2201 dan MG 811. Sensor TGS 2201 bertugas mengukur jumlah gas HC dan CO sedangkan sensor MG 811 bertugas mengukur gas CO<sub>2</sub>.

Hasil yang didapat dari sensor TGS 2201 dan MG811 kemudian masuk ke komponen berikutnya, komponen yang mampu mengubah nilai dari output sensor berupa tegangan

menjadi nilai %(untuk CO dan CO<sub>2</sub>) dan ppm (untuk HC). Komponen yang dapat melakukan tugas ini adalah Mikrokontroler.

Hasil pengukuran di tampilkan ke layar, komponen yang bertugas untuk ini adalah LCD. Karena fungsi LCD adalah untuk menampilkan karakter agar dapat dibaca oleh manusia sesuai perintah yang diberikan ke layar.

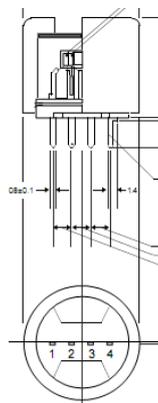
Untuk memudahkan pembuatan alat, hardware dirancang sesuai blog diagram cara kerja alat. Hal ini dimaksudkan agar pekerjaan pembuatan alat menjadi lebih terstruktur dan sistematis.



Gambar 3.2 Blok Diagram Cara Kerja Rangkaian

### 3.2 Pemasangan Sensor TGS 2201

Pada sensor TGS 2201 terdapat 4 kaki yang terdiri untuk masing-masing fungsi

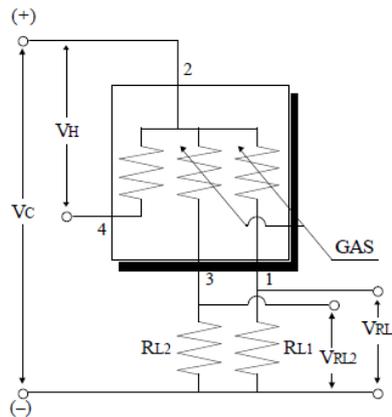


Gambar 3.3 Kaki pin pada sensor TGS 2201

Kaki-kaki pin tersebut berfungsi untuk sumber tegangan positif, output elemen 1, output elemen 2, dan massa untuk heater sensor.

1. Output sensor 1
2. Tegangan positif (+)
3. Output sensor 2
4. Heater

Sedangkan untuk pemasangannya, pin 1 tidak dihubungkan kemanapun karena output pin 1 merupakan output sensor untuk mengukur gas buang pada mesin diesel. Pin 2 dihubungkan dengan sumber tegangan DC 5 v, pin 3 yang merupakan output sensor dihubungkan ke pin PA 0 pada mikrokontroler yang berfungsi mengolah konversi ADC, selain itu pin 1 dihubungkan juga ke resistor 10 K, agar tegangan output bias berubah-ubah sesuai perubahan tegangan dalam sensor dan terakhir pin 4 dihubungkan ke massa (Negatif).



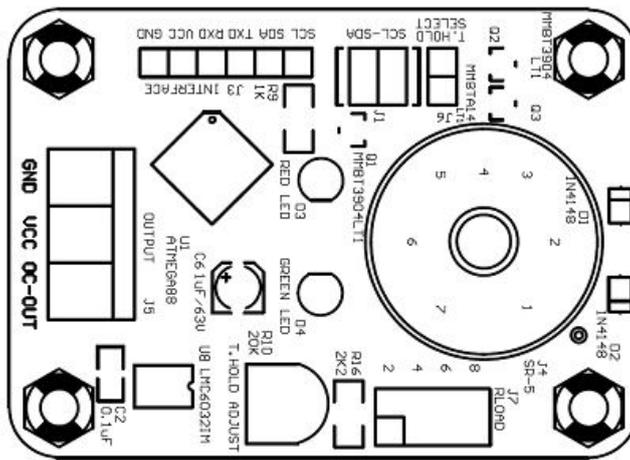
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor TGS 2201

Pada sensor untuk melakukan penyetelan kondisi “0” pada pengukuran gas HC dan CO perlu untuk mengetahui tegangan keluaran sensor. Karena penggunaan sensor menggunakan rangkaian pembagi tegangan maka pembacaan “0” tidak mungkin saat 0 volt, maka harus dicari nilai tegangan sensor saat kondisi pembacaan “0”/ sensor berada di udara bersih. Pada sensor TGS 2201 dituliskan pada data sheet bahwa hambatan sensor pada udara bersih berkisar antara (10-80)KΩ, tetapi saat dilakukan ukuran tahanan menggunakan avometer pada saat sensor tidak bekerja tahanan berubah ubah di sekitaran (1.3-4.8)MΩ, maka dapat disimpulkan pengukuran tahanan tidak bisa dilakukan untuk menghitung tegangan yang dikeluarkan sensor, maka dibuat alat ini bekerja dan sensor bekerja terlebih dahulu. Jadi tegangan saat pembacaan gas “0” dihitung secara aktual saat sensor bekerja. Saat dihitung secara aktualpun tegangan keluaran sensor bergerak naik turun antara (1.734-1.525)V. Dari hasil tersebut bisa sekaligus dihitung tahanan saat sensor di udara bersih mengacu pada rumus :

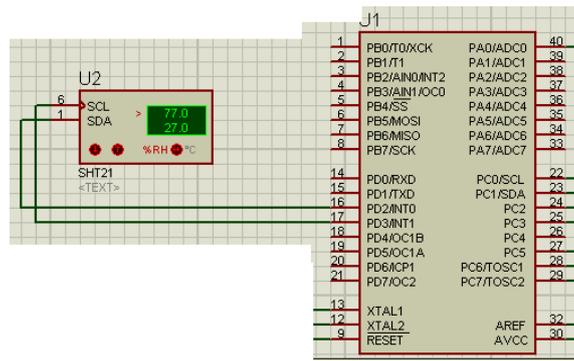
$$R_s = \frac{V_c - V_{rl}}{V_{rl}} \times R_l$$

### 3.3 Pemasangan Sensor MG811

Sensor MG811 menggunakan modul yang akan merubah data dari sensor menjadi data yang bisa dibaca oleh mikrokontroler menggunakan antarmuka I2C. Modul membutuhkan tegangan DC 5 v. Modul memiliki beberapa pin, tetapi hanya 4 pin yang digunakan yaitu SCL, SDA, VCC, dan GND. Pada modul terdapat konektor SCL dan SDA yang merupakan pin antarmuka dengan mikrokontroler. Pin SCL dihubungkan dengan pin PD2 pada ATmega8535, sedangkan pin SDA dihubungkan dengan pin PD3 pada ATmega8535. Pada I2C SCL SDA merupakan antarmuka yang mengirim serial data dan serial clock ke mikrokontroler.



Gambar 3.5 Konektor Pada Modul Sensor MG 811



Gambar 3.6 Rangkaian antarmuka sensor MG811 dengan Mikrokontroler

Pada modul sensor MG811 tidak diperlukan banyak perhitungan seperti pada sensor TGS 2201, karena antarmuka sensor dengan mikrokontroler berupa I2C, jadi data yang dikirim berupa data adc yang dipisah menjadi dua signal yaitu signal clock dan signal data. Maka mikrokontroler tinggal mempresentasikannya kedalam satuan presentase sesuai spesifikasi alat.

Sesuai data sheet tegangan keluaran sensor (265-365) mV, maka modul merubahnya menjadi bilangan adc 10 bit, sehingga menjadi 1024 bilangan.

### 3.4 Pemasangan LCD

Disini menggunakan LCD 4x20 untuk hasil tampilan output mikrokontroler. Pada rangkaian terlihat output mikrokontroler port C terhubung dengan kaki-kaki pin LCD, dan hubungannya antara lain:

- PC0 – D7
- PC1 – D6
- PC2 – D5
- PC3 – D4
- PC5 - E
- PC6 - RW
- PC7 – RS



### 3.6 Perangkat Lunak (Software)

Membuat program untuk mikrokontroler menggunakan CVAVR.



Gambar 3.10 Tampilan selamat datang CV AVR

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Rangkaian Catudaya

Tegangan input menggunakan sumber AC 220 Volt yang masuk ke trafo untuk diturunkan tegangannya menjadi 12 V. Hasil dari pengukuran berturut-turut sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 4.1 Pengecekan fungsi rangkaian catu daya

No	Bagian yang di ukur	Hasil pengukuran	Kesimpulan
1.	Tegangan input dari trafo	11.6 Volt	OK
2.	Tegangan output dari 7805	5.7 Volt	OK
3.	Tegangan output dari TIP41	4.9 Volt	OK

### 4.2 Proses Rangkaian Keseluruhan

Pada proses mulai alat dihidupkan akan ada urutan-urutan mulai dari

1. Kata “SELAMAT DATANG”



Gambar 4.1 Tulisan “Selamat Datang”

2. Tulisan yang menjelaskan tentang alat yang dibuat.



Gambar 4.2 Tulisan Tentang Alat Yang Dibuat

3. Identitas singkat berupa nama dan NIM.



Gambar 4.3 Identitas

4. Dan yang terakhir proses pengukuran.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Pada Alat Yang Dibuat

### 4.3 Analisa Hasil Alat Uji

Uji alat dilakukan dengan membandingkan hasil uji dengan alat uji emisi yang ada di bengkel Toyota Setiajaya Mobilindo, Jl. Alternatif Cibubur, Bekasi. Alat yang digunakan untuk pembandingan yaitu : OTC Star Gas Analyzer One 898 buatan Perancis. Uji emisi kendaraan mengikuti prosedur yang dilakukan pihak bengkel, yaitu;

1. Nyalakan alat uji emisi gas buang kurang lebih satu menit.
  2. Nyalakan kendaraan yang akan di ukur dengan tidak mengaktifkan sistem kelistrikan seperti radio, AC, lampu, dll.
  3. Lakukan pengegasan kurang lebih tiga kali, agar kinerja mesin maksimal.
  4. Cek kebocoran pada knalpot, karena knalpot yang bocor tidak menghasilkan ukuran yang akurat.
  5. Masukkan gas probe pada knalpot kendaraan kurang lebih 30 cm.
  6. Lihat pada layar pergerakan angka CO, CO<sub>2</sub>, dan HC.
  7. Pengukuran kurang lebih 30 detik sejak gas probe dimasukkan kedalam knalpot.
- Adapun hasil pengujian didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Gas HC

Kendaraan yang diuji	Hasil Alat Buatan	Hasil Alat Pembandingan	Persentase Kesalahan
Toyota Kijang 2004	124 ppm	187 ppm	50.8 %
Toyota Avanza 2008	56 ppm	154 ppm	63.6 %
Toyota Avanza 2007	200 ppm	154 ppm	29.8 %

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Gas CO

Kendaraan yang Diuji	Hasil Alat Buatan	Hasil Alat Pembandingan	Persentase Kesalahan
Toyota Kijang 2004	0.81 %	0.621 %	30.4 %
Toyota Avanza 2008	0.34 %	0.279 %	21.8 %
Toyota Avanza 2007	1.33 %	1.007 %	32 %

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Gas CO<sub>2</sub>

Kendaraan yang Diuji	Hasil Alat Buatan	Hasil Alat Pemanding	Presentase Kesalahan
Toyota Kijang 2004	12 %	13.47 %	10.9 %
Toyota Avanza 2008	12 %	13.58 %	13.2 %
Toyota Avanza 2007	12 %	13.45 %	10.7 %



Gambar 4.5 Alat Pemanding Uji Emisi



Gambar4.6 Pengujian Alat Pada Kendaraan

## V. SIMPULAN

Berdasarkan dari perencanaan alat dan hasil pengujian rangkaian, maka dapat disimpulkan:

1. Persentase kesalahan pengukuran gas HC, CO, dan CO<sub>2</sub> pada Toyota Kijang 2004 secara berturut-turut adalah 50.8 %, 30.4 %, dan 10.9 %
2. Persentase kesalahan pengukuran gas HC, CO, dan CO<sub>2</sub> pada Toyota Avanza 2008 secara berturut-turut adalah 63.6 %, 21.8 %, dan 13.2 %
3. Persentase kesalahan pengukuran gas HC, CO, dan CO<sub>2</sub> pada Toyota Avanza 2007 secara berturut-turut adalah 29.8 %, 32 %, dan 10.7 %
4. Antara tiap kendaraan untuk nilai pengukuran gas HC dan CO memiliki nilai persentase kesalahan cukup jauh. Untuk pengukuran gas HC dan CO memiliki presisi yang kurang baik hal ini disebabkan karena sensor TGS 2201 (sensor yang digunakan untuk mengukur nilai HC dan CO) memiliki nilai yang tidak stabil, nilai tersebut didapat dengan mengukur tegangan yang keluar dari sensor saat sensor mendapat tegangan input (sensor tidak terpapar gas).
5. Untuk persentase kesalahan yang besar dari alat ini disebabkan berbagai faktor antara lain, perbedaan desain antara alat yang ada di pasaran dengan alat yang dibuat, untuk alat yang dipasaran terlihat desain yang lebih kompleks alat memiliki pengisolasian lebih baik untuk

gas yang akan diukur sedangkan alat yang dibuat menghadapkan sensor langsung ke knalpot sehingga memungkinkan sensor terpapar udara sekitar sehingga pembacaan tidak akurat. Desain dalam alat yang ada di pasaran dan jenis-jenis sensor yang digunakan yang tentu saja dirahasiakan oleh pabrik pembuat. Dan juga pada kesimpulan di poin 4 juga menjadi pengaruh dalam keakuratan pembacaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Malvino paul albert, PH.D.,E.E, *PRINSIP PRINSIP ELEKTRONIKA buku1*,Salemba Teknika 2003
2. Sudjadi, *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler*, graha ilmu 2005
3. Jilly Haikal Islam, Harianto, Madha Christian Wibowo. 2013.*Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas CO, CO<sub>2</sub>, dan SO<sub>2</sub> Sebagai Informasi Pencemaran Udara*. Surabaya: Jurusan Sistem Komputer STMIK STIKOM Surabaya.
4. Bernhard Fernando, Amir Supriyanto, Sri Wahyu Suciwati. 2013 *Realisasi Alat Ukur Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Pada Buang Kendaraan Berbasis Sensor Gas TGS 2201 danMikrokontroler ATMega 8535*. Lampung: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
5. Kosegeran, Victor V. 2013. *Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), dan Hidro Karbon (HC) pada Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Manado: Jurusan Teknik Elektro UNSRAT.
6. Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor SK.1544/AJ.02/DRJD /2006 Tentang Pelaksanaan Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor Yang Sedang Diproduksi. Hubdat.dephub.go.id
7. 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](http://www.figarousa@figarosensor.com)
8. HANWEI ELECTRONICS CO. ,LTD, MG-811, tersedia di: <http://www.hwsensor.com>
9. Innovative Electronics. *Manual DT-Sense Gas Sensor*. Surabaya: Innovative Electronics.