

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KADAR GAS  
KARBON MONOKSIDA DAN SENYAWA HIDROKARBON  
PADA KABIN MOBIL MENGGUNAKAN SENSOR GAS TGS 2201  
BERBASIS ARDUINO**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**M. NUR AZIZ**  
**NIM. 11640023**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KADAR GAS  
KARBON MONOKSIDA DAN SENYAWA HIDROKARBON PADA KABIN  
MOBIL MENGGUNAKAN SENSOR GAS TGS 2201 BERBASIS ARDUINO**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**M. NUR AZIZ  
NIM. 11640023**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

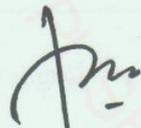
**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KADAR GAS  
KARBON MONOKSIDA DAN SENYAWA HIDROKARBON PADA KABIN  
MOBIL MENGGUNAKAN SENSOR GAS TGS 2201 BERBASIS ARDUINO**

SKRIPSI

Oleh:  
M. NUR AZIZ  
NIM. 11640023

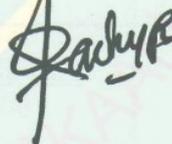
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,  
Pada tanggal: 6 Juni 2016

Pembimbing I,



Farid Samsu Hananto, M.T  
NIP. 19740513 200312 1 001

Pembimbing II,



Ahmad Abtokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

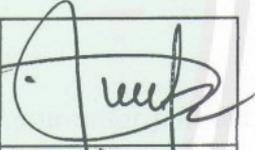
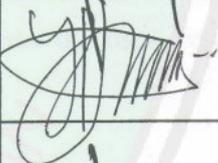
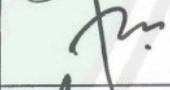
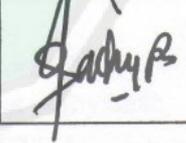
**HALAMAN PENGESAHAN**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KADAR GAS  
KARBON MONOKSIDA DAN SENYAWA HIDROKARBON PADA KABIN  
MOBIL MENGGUNAKAN SENSOR GAS TGS 2201 BERBASIS ARDUINO**

SKRIPSI

Oleh:  
M. NUR AZIZ  
NIM. 11640023

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 23 Juni 2016

Penguji Utama	: <u>Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	: <u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	: <u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	



Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika

  
Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Nur Aziz  
NIM : 11640023  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida dan Senyawa Hidrokarbon pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor Gas TGS 2201 Berbasis Arduino.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 04 Juni 2016  
Yang membuat pernyataan,



M. Nur Aziz  
NIM. 11640023

## MOTTO

لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِنْ كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

*"Sesungguhnya jika kalian bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepada kalian; dan jika kalian mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih" (QS. Ibrahim: 7).*

“ Masa depanmu tercermin dari apa yang kau lakukan hari ini ”

Lakukan apapun yang kita bisa, selama niat kita baik Allah tak akan membiarkan kita berjalan sendirian.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Ya Allah yang maha mengasihi, Alhamdulillah pada hari ini Kau berikan kepada hambamu ini sebuah kebahagiaan yang dapat hamba raih melalui perjuangan yang panjang nan melelahkan sekaligus menguji keimanan hambamu. Melalui proses yang telah hamba lalui ini kita berharap menuju proses kehidupan selanjutnya yang lebih baik dan berarti dimata-Mu. Kupersembahkan karya ku ini kepada Keluarga besarku terkhusus:*

**Ayah dan Ibuku (Fatkul Mu'in & Zulaikhah)**

*Yang tak mampu lagi kuhitung kasih sayang, dukungan dan doanya nya yang beliau berikan kepadaku. Semoga harapan yang disandarkan pada putranya ini mampu terwujud suatu saat nanti.*

**Adik-adik ku (Hasan M & Farida M)**

*Semoga melalui karya ini bisa memberikan teladan dan motivasi kepada mereka untuk melanjutkan pendidikannya ke depan*

*Kakek dan Nenek yang tak henti-hentinya berdoa meminta keberhasilan cucunya diperantauan dan sekembalinya kelak. Serta seluruh anggota keluarga besarku.*

*Dalam perjalanannya, tak mungkin dapat hamba dapat menyelesaikan karya ini sendirian. Ada dukungan dari banyak pihak, untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:*

*Seluruh teman-teman fisika UIN seperjuangan, terkhusus teman-teman ELINS yang terkhusus lagi agan Aditya yang banyak membantu dalam perjalanan penelitian ini.*

*Semua penghuni kontrakan tercinta "Mak yus Guest house", Bapak ibunya Faiz, Abah, Gus, Nasich yang selama ini menemani dan mensupport penulis selama berada di perantauan.*

*Kawan-kawan Cobra Cafe and lounge yang banyak menghibur saat sedang suntuk, Terkhusus buat Fahim, Rubi, Haidar, Lutfi yang telah membantu dalam proses pengambilan data.*

*All of Al-Amin Rent Cars CREW yang telah memberi banyak wawasan dan pengalaman melalui order jobs yang penulis jalani disela-sela kesibukan menuntut ilmu di kota perantauan.*

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya kepada semua hambanya. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Saw yang telah membimbing umatnya dari gelapnya kekufuran menuju cahaya Islam yang terang benderang, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar gas CO dan HC pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor Gas TGS 2201 Berbasis Arduino ” dengan baik. Melalui karya ini penulis berharap turut mengamalkan ajaran agama dan memberikan kontribusi positif kepada siapapun yang tertarik kepada penelitian ini.

Penulis menyadari keterbatasan akal dan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu tanpa keterlibatan dan sumbangsih dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Farid Samsu Hananto, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberi masukan, kemudahan serta memberikan kepercayaan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan masukan, bimbingan dan memberi kemudahan dan melancarkan proses penyelesaian skripsi ini.
6. Imam Tazi, M.Si, selaku dosen wali yang sudah membimbing, memberi masukan dan saran ketika penulis mengalami kesulitan selama proses perkuliahan dari semester awal sampai semester akhir.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan bimbingan, mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman dan wawasan sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya. Harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi kita semua, Amin.

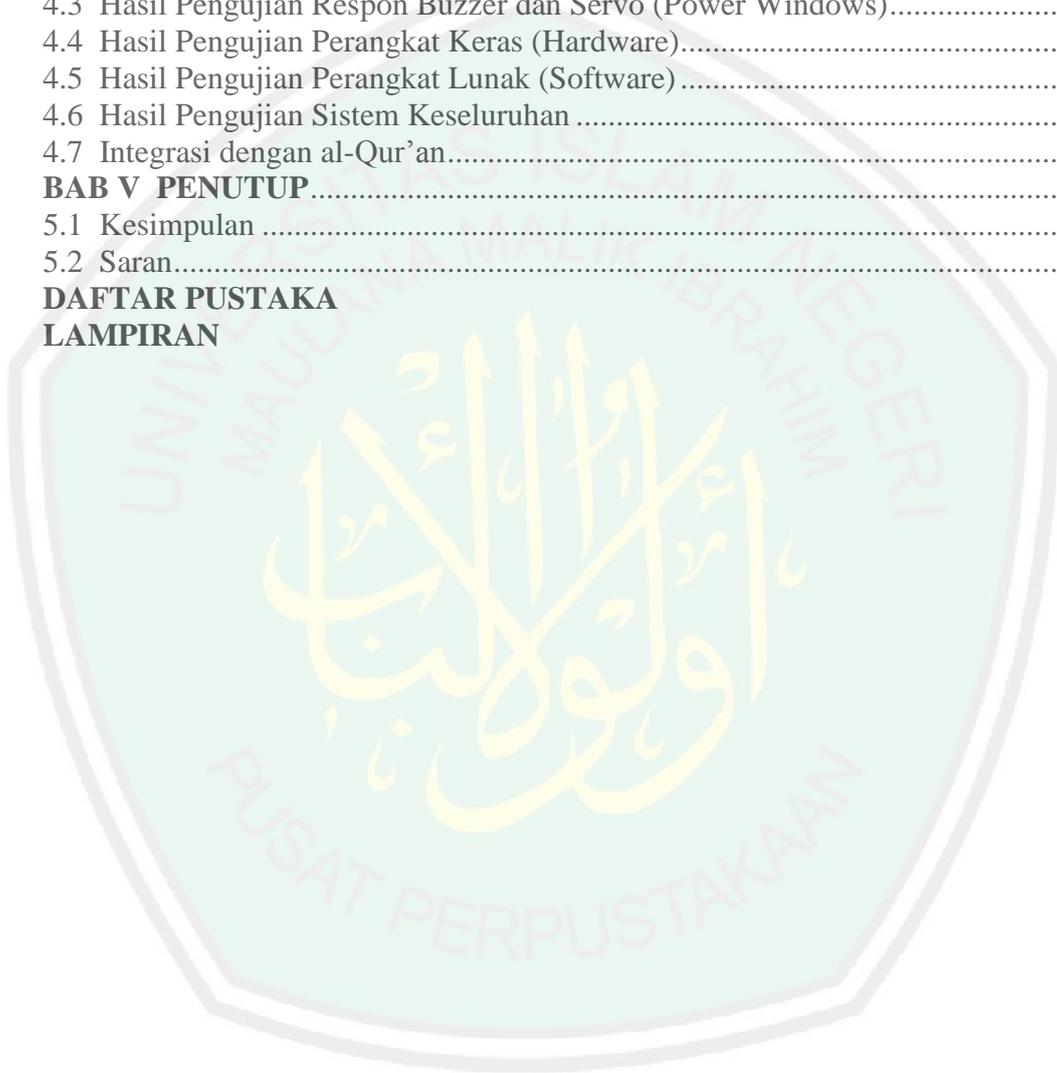
Malang, 04 Juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Intergrasi Sains dan Al-Qur'an .....	8
2.2 Pencemaran Udara .....	11
2.3 Klasifikasi Pencemaran Udara .....	12
2.4 Karbon Monoksida (CO) .....	13
2.5 Hidrokarbon (HC) .....	16
2.6 Uji Emisi .....	18
2.7 Prinsip Kerja Sensor Gas Tipe Semikonduktor .....	19
2.7.1 Sensor Gas Tipe TGS 2201 (Figaro) .....	23
2.7.2 Pengukuran Dasar Sirkuit Figaro TGS 2201 .....	27
2.8 Platform Arduino .....	29
2.8.1 Board Arduino Uno .....	30
2.8.2 Arduino IDE .....	34
2.9 LCD 1602 Karakter Keypad Shield .....	35
2.10 Motor Servo .....	38
2.11 IM2400 4/5 Gas Analyzer .....	39
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	42
3.1 Jenis Penelitian .....	42
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	42
3.3 Alat dan Bahan .....	43
3.4 Perancangan dan Pembuatan Alat .....	44
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras (Hardware) .....	44
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software) .....	49
3.5 Prosedur Pengujian Alat .....	51
3.5.1 Kalibrasi Alat .....	51
3.5.2 Pengujian Navigasi Menu .....	52

3.5.3 Pengujian Respon Buzzer dan Motor Servo (Power Windows).....	53
3.6 Tabel Pengambilan Data .....	54
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
4.1 Kalibrasi Alat .....	56
4.1.1 Analisis Prosedur Kalibrasi .....	56
4.1.2 Analisis Hasil Kalibrasi .....	59
4.2 Karakteristik Sensitivitas Sensor.....	61
4.3 Hasil Pengujian Respon Buzzer dan Servo (Power Windows).....	64
4.4 Hasil Pengujian Perangkat Keras (Hardware).....	67
4.5 Hasil Pengujian Perangkat Lunak (Software) .....	71
4.6 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan .....	72
4.7 Integrasi dengan al-Qur'an.....	74
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran.....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan dasar sensor gas tipe semikonduktor .....	20
Gambar 2.2	Model penghalang antar butir pada udara bersih .....	22
Gambar 2.3	Model penghalang potensial antar butir dalam lingkungan gas .....	22
Gambar 2.4	Karakteristik sensitivitas sensor terhadap berbagai gas. ....	23
Gambar 2.5	Rangkaian dasar sensor gas TGS 2201 .....	24
Gambar 2.6	Struktur dan dimensi sensor TGS 2201 .....	25
Gambar 2.7	Elemen I gas buang pada mesin berbahan bakar solar .....	26
Gambar 2.8	Elemen II gas buang pada mesin berbahan bakar bensin .....	27
Gambar 2.9	Sirkuit pengujian sensor TGS 2201 .....	29
Gambar 2.10	Board Arduino Uno .....	31
Gambar 2.11	Arsitektur Atmega328 .....	32
Gambar 2.12	Konfigurasi PIN Atmega328 .....	33
Gambar 2.13	Tampilan Arduino IDE.....	35
Gambar 2.14	LCD Karakter keypad shield Arduino .....	36
Gambar 2.15	Skematik LCD 1602 keypad shield .....	37
Gambar 2.16	Motor servo.....	38
Gambar 2.17	Sistem PWM motor servo .....	39
Gambar 2.18	IM2400 4/5 Gas analyzer .....	40
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem .....	44
Gambar 3.2	Rangkaian hardware keseluruhan .....	46
Gambar 3.3	Rangkaian Sensor TGS 2201 .....	47
Gambar 3.4	Rangkaian motor servo .....	47
Gambar 3.5	Rangkaian Buzzer .....	48
Gambar 3.6	Rangkaian LCD Karakter Keypad Shield .....	49
Gambar 3.7	Rangkaian LED .....	49
Gambar 3.8	Diagram alir proses kalibrasi .....	50
Gambar 3.9	Diagram alir pengambilan data .....	50
Gambar 3.10	Diagram alir navigasi menu LCD keypad shield .....	53
Gambar 4.1	Probe gas analyzer .....	56
Gambar 4.2	Proses kalibrasi alat .....	57
Gambar 4.3	Kurva Kalibrasi CO .....	60
Gambar 4.4	Kurva Kalibrasi HC .....	61
Gambar 4.5	Rangkaian pengujian sensor .....	62
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan karakteristik sensitifitas sensor gas CO .....	63
Gambar 4.7	Sistem mekanik motor servo .....	69
Gambar 4.8	Pengujian LCD keypad shield .....	71
Gambar 4.9	Hasil pengujian navigasi menu .....	72
Gambar 4.10	Tampilan fisik alat dipasang pada kabin .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ambang Batas Emisi Kendaraan Tahun Pembuatan .....	19
Tabel 2.2	Spesifikasi Sensor TGS 2201 .....	28
Tabel 2.3	Fungsi alternatif masing-masing PORT Atmega 328 .....	33
Tabel 2.4	Penggunaan Pin Arduino oleh LCD .....	36
Tabel 2.5	Spesifikasi IM2400 4/5 Gas analyzer .....	41
Tabel 3.1	Pengujian tegangan keluaran adaptor .....	54
Tabel 3.2	Pengambilan data kalibrasi .....	55
Tabel 3.3	Respon buzzer dan servo (power windows) .....	55
Tabel 4.1	Kalibrasi alat dengan gas analyzer .....	59
Tabel 4.2	Pengujian respon buzzer dan power windows .....	64
Tabel 4.3	Waktu respon power windows .....	65
Tabel 4.4	Kesalahan pengukuran alat .....	66
Tabel 4.5	Pengujian rangkaian sensor dengan analog serial print arduino .....	67
Tabel 4.6	Pengujian respon sistem mekanik servo .....	69
Tabel 4.7	Pengujian LCD keypad shield .....	70
Tabel 4.8	Pengujian tegangan adaptor .....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan
- Lampiran 2 Gambar pengambilan data
- Lampiran 3 Kode program/sketch arduino
- Lampiran 4 Bukti konsultasi



## ABSTRAK

Aziz, M. Nur. 2016. **Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Gas CO dan HC pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor Gas TGS 2201 Berbasis Arduino**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M.T. (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Kata Kunci:** Karbon Monoksida, Hidrokarbon, TGS 2201, Arduino, *Gas Analyzer*

---

Telah dibuat alat untuk memonitoring kadar gas karbon monoksida (CO) dan senyawa hidrokarbon (HC) pada kabin mobil menggunakan sensor gas TGS 2201 berbasis arduino. Pertumbuhan jumlah kendaraan dan meningkatnya polusi udara beresiko menyebabkan terjadi keracunan gas dalam kabin mobil. Kandungan suatu gas di udara mampu dideteksi oleh sensor gas tipe semikonduktor yang akan berubah resistansinya akibat perubahan penghalang potensial oleh suatu gas pereduksi. Gas CO dan HC di udara dengan kadar maksimal 1000 ppm mampu dideteksi menggunakan sensor gas TGS 2201 yang dikombinasikan dengan arduino. Sampel diukur kadar gas CO dan HC-nya menggunakan alat hasil rancangan dan *gas analyzer* secara bersamaan. Tegangan keluaran sensor saat udara bersih bernilai 0,58 V, sedangkan saat terdeteksi 900 ppm CO dan 90 ppm HC oleh *gas analyzer* tegangan sensor bernilai 2,218 V. Tegangan keluaran pada elemen II sensor dan nilai ppm hasil pembacaan *gas analyzer* dari lima kali pengambilan data diregresi untuk mendapatkan fungsi regresi dari masing-masing gas. Hasil pembacaan ppm alat rancangan menunjukkan nilai eror 14,3% untuk CO dan 13,48% untuk HC dibandingkan dengan pembacaan *gas analyzer*. *Buzzer* nyala dan *power windows* membuka saat kadar gas CO atau HC melebihi *setpoint*, 200 ppm untuk CO dan 50 ppm HC. Saat udara kembali bersih *buzzer* mati dan *power windows* kembali menutupsecaraotomatis.

## ABSTRACT

Aziz, M. Nur. 2016. **Prototype of Gas Level Monitoring System of CO and HC in Car Cabin Using TGS 2201 Gas Sensor Based on Arduino**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisors: (I) Farid Samsu Hananto, M.T. (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Key Words:** Carbon Monoxide, Hydrocarbons, TGS 2201, Arduino, *Gas Analyzer*

Prototype of gas level monitoring system of the carbon monoxide (CO) and hydrocarbons (HC) has been realized in car cabin using a TGS 2201 gas sensor based on arduino. Growth in the number of vehicles and increased of air pollution causing gas poisoning that occurs in the car cabin. The content of some gas in the air are able to be detected by the type of semiconductor gas sensor that will change in resistance due to changes in the potential barrier by some reducing gas. Content of CO and HC in the air with a maximum level of 1000 ppm are able to be detected using a TGS 2201 gas sensor combined with arduino. Samples of smoke its CO and HC gas levels measured using the prototype and gas analyzer simultaneously. Sensor output voltage when the air get clearer is worth 0.58 V, while the content of CO detected 900 ppm and HC detected 90 ppm by gas analyzer, sensor output voltage worth 2.218 V. The output voltage in the second element of the sensor and the result of ppm value in gas analyzer that collected from five times data acquisition regressed to get the regression function of each gas. The result of ppm value in the prototype shows the error of CO is 14.3% and the error of HC is 13.48% compared to the result in the gas analyzer. Buzzer will turn on and power windows will open when levels of CO or HC gas exceeds the set point, 200 ppm is for CO and 50 ppm is for HC. When the air get clearer, the buzzer will turn off and power windows will close automatically.

## المخلص

عزيز محمد نور. 2016. التصميم والبناء النظام المراقبة المستويات الغاز CO و HC في مقصورة السيارة باستخدام الاستشعار الغاز TGS 2201 المستندة علي اردوينو. بحث جامعي .قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: فريد سمسو هاننتو الماجستير و احمد ابطخي الماجستير

**الكلمات الرئيسية:** الكربون اول اكسيد، الهيدروكربونات، TGS 2201 , اردوينو، *gas analyzer*

لقد أدركت النموذج النظام المراقبة المستويات الغاز الكربون اول أكسيد (CO) والهيدروكربونات (HC) في مقصورة السيارة باستخدام الاستشعار الغاز TGS 2201 اردوينو. النمو في عدد المركبات وزيادة خطر تلوث الهواء التسمم بالغاز مما تسبب في حدوث في المقصورة السيارة. محتوى الغاز في الهواء قادر على الكشف عنها بواسطة نوع من الاستشعار الغاز أشباه الموصلات من شأنها أن تغير في المقاومة نتيجة للتغيرات في حاجز محتمل من الغاز. الغاز CO و HC في الهواء مع الحد الأقصى من 1000 جزء في المليون قادر على الكشف عنها باستخدام جهاز استشعار الغاز TGS 2201 جنبا إلى جنب مع اردوينو. عينات من الدخان المنبعث من مستويات غاز عوادم السيارات قياس الكربون CO و HC يستخدم أداة تصميم ومحلل الغاز *gas analyzer* في وقت واحد. استشعار انتاج التيار الكهربائي عندما نظافة الهواء تساوي 0,58 V ، في حين أن الكشف عن التيار 900 ppm CO إلى 90 و 90 ppm HC بواسطة محلل الغاز *gas analyzer* استشعار الجهد يستحق 2,218 V خامسا انتاج التيار الكهربائي في العنصر الثاني من أجهزة الاستشعار قيمة ppm و النتائج قراءات محلل الغاز من استرجاع البيانات خمس مرات تراجعت للحصول على وظيفة الانحدار من كل غاز. وأظهرت نتائج مشروع أداة ppm قيمة خطأ القراءة من 14,3% ل CO و 13,48% لثاني HC مقارنة مع القراءة للمحلل الغاز. الجرس *Buzzer* اللهب والسلطة النوافذ 200 ppm ل HC CO 50 ppm . عندما نظيفة الهواء الخلفي *buzzer* القتلى و نوافذ كهربائية *power windows* إغلاق تلقائيا.

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia, negara yang terus mengalami perkembangan di berbagai sektor. Salah satu sektor yang mengalami perkembangan cukup signifikan adalah sektor transportasi. Sektor ini merupakan penopang dari berbagai aktifitas dari sektor lain sehingga memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus meningkat tidak bisa terelakkan lagi.

Data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia mencatat, jumlah kendaraan yang masih beroperasi di seluruh Indonesia pada 2013 mencapai 104,211 juta unit, naik 11 persen dari tahun sebelumnya (2012) yang hanya 94,299 juta unit. Populasi terbanyak masih disumbang oleh sepeda motor dengan jumlah 86,253 juta unit di seluruh Indonesia, naik 11 persen dari tahun sebelumnya 77,755 juta unit. Jumlah terbesar kedua disumbang mobil penumpang dengan 10,54 juta unit, juga naik 11 persen dari tahun sebelumnya 9,524 juta unit. Populasi mobil barang (truk, pikap, dan lainnya) tercatat 5,156 juta unit, naik 9 persen dari 4,723 juta unit. Mobil menempati urutan kedua dari kendaraan jenis lain dalam hal pertumbuhan jumlah kendaraan dari tahun ke tahun menurut data tersebut, dengan rata-rata penjualan mobil per tahun adalah sekitar satu juta unit ([www.tribunnews.com/tribun\\_otomotif](http://www.tribunnews.com/tribun_otomotif) 15 April 2015).

Pertumbuhan jumlah kendaraan juga diikuti dengan perkembangan teknologi secara bertahap dengan segala kelebihannya. Teknologi-teknologi tersebut hadir untuk menjawab kebutuhan masyarakat akan kebutuhan fasilitas transportasi yang aman, nyaman, dan ekonomis tentunya. Diantara perkembangan

teknologi pada mobil adalah terciptanya rem *Antilock Braking System* (ABS), *Parking Sensors*, *Variable Valve Timing* (VVT), *Electric Power Steering* (EPS) dan lain-lain. Lahirnya teknologi-teknologi pada mobil tersebut adalah berdasarkan pengalaman dan kesadaran masyarakat akan keselamatan, keamanan, serta kenyamanan dalam berkendara baik bagi pengendara maupun lingkungan sekitarnya. Hal itu kemudian dilanjutkan oleh para peneliti melalui riset untuk menjawab masalah-masalah terkait isu dalam berkendara, sehingga terciptalah teknologi-teknologi tersebut.

Islam merupakan salah satu agama yang menuntun manusia dari taraf kehidupan terbelakang menuju taraf kehidupan yang maju dan modern. Ajaran-ajaran yang terkandung di dalamnya menggugah manusia menjadi dinamis, kreatif dan penuh pengabdian terhadap agama, negara, masyarakat dan bangsa. Seperti yang dikatakan oleh Endang Saifudin Anshari: “Islam adalah agama yang hidup dan menghidupkan, agama yang selalu *upgrade* (meningkatkan taraf hidup dari terbelakang/tidak maju, menuju taraf yang lebih maju dan modern) kehidupan dan penghidupan manusia”.

Usaha meningkatkan taraf kehidupan yang lebih maju adalah suatu tugas yang mulia bagi umat Islam agar selalu berusaha secara maksimal untuk mencapai kesuksesan yang gemilang dalam meningkatkan taraf hidup kehidupan umat, disamping memberi sumbangan positif bagi perbaikan sosial di kalangan masyarakat luas. Umat Islam harus mengambil inisiatif, apalagi di zaman modern sekarang ini yang menuju kepada kemajuan hidup secara terus-menerus.

Islam tidak melarang umatnya untuk memikirkan masalah teknologi modern atau ilmu pengetahuan yang sifatnya menuju modernisasi pemikiran

manusia genius, profesional dan konstruktif serta aspiratif terhadap permasalahan yang timbul dalam kehidupan kita sehari-hari, sebagaimana Allah Swt telah berfirman dalam al-Qur'an Surat ar-Rahman ayat 33:

يَا مَعْشَرَ الْجِنِّ وَالْإِنْسِ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ  
فَانفُذُوا ۚ لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ

*“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.” (Q.S ar-Rahman-33)*

Ayat tersebut memberikan tuntutan dan petunjuk secara universal agar manusia mampu menembus (menerobos) lapisan langit dan bumi. Namun langit dan bumi tidak mudah ditembus kecuali dengan kekuatan yang sangat luar biasa (pengertian *sulthan* di sini adalah kemampuan otak dalam menciptakan alat transportasi yang menyamai apalagi melebihi kecepatan cahaya, dalam arti lain umat manusia harus memiliki kemampuan IPTEK seperti para ilmuwan muslim masa lampau. Dapat dipahami bahwa untuk menembus lapisan (atmosfir) langit dan planet bumi dibutuhkan adanya teknologi yang tinggi dan modern (Rohadi dan Sudarsono, 2005).

Kemajuan teknologi memberikan banyak keuntungan bagi manusia, namun bukan berarti tidak memiliki dampak terhadap lingkungan. Polusi dan pencemaran lingkungan merupakan salah satu akibat dari berkembangnya teknologi tersebut. Lingkungan yang tercemar tentunya akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia yang berada di dalamnya. Hal ini telah di-nash oleh Allah Swt dalam al-Qur'an surat ar-Ruum ayat: 41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا  
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (Q.S ar-Rum: 56).

Menurut tafsir *Jalalayn* disebutkan kerusakan di darat disebabkan terhentinya hujan dan menipisnya tumbuh-tumbuhan (dan di laut) maksudnya di negeri-negeri yang banyak sungainya menjadi kering disebabkan perbuatan tangan manusia berupa perbuatan-perbuatan maksiat (supaya Allah merasakan kepada mereka) dapat dibaca *liyudziiqahum* dan *linudziiqahum*, kalau dibaca *linudziiqahum* artinya supaya “Kami” merasakan kepada mereka (sebagian dari akibat perbuatan mereka) sebagai hukumannya (agar mereka kembali) supaya mereka bertobat dari perbuatan-perbuatan maksiat.

Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan dalam konteks ayat tersebut bahwa yang dimaksud *al-barr* dalam ayat tersebut menurut Ibnu Abbas, Ikrimah, Ad-Dahhak dkk ialah padang sahara, dan yang dimaksud *bahr* dalam ayat ini ialah kota-kota besar dan semua kota lainnya. Riwayat lain dari Ibnu Abbas dan Ikrimah mengemukakan, *al-bahr* artinya negeri-negeri dan kota-kota yang terletak di pinggir sungai.

Ulama lainnya mengatakan yang dimaksud dengan *al-barr* ialah daratan seperti yang kita kenal ini, dan yang dimaksud *al-bahr* ialah lautan. Zaid Ibnu Rafi’ mengatakan sehubungan dengan makna firman-Nya: *telah nampak kerusakan* (ar-Rum: 41) yaitu dengan terputusnya hujan yang tidak menyirami bumi, akhirnya timbulah paceklik, sedangkan yang dimaksud dengan *al-bahr* ialah hewan-hewan bumi. Demikianlah apa yang diriwayatkan oleh Abu Hatim.

Ibnu Abu Hatim mengatakan bahwa telah menceritakan kepada kami Muhammad Ibnu Abdullah Ibnu Abdullah Ibnu Yazid Ibnul Muqri, dari Sufyan, dari Hamid Ibnu Qais Al-A'raj, dari Mujahid sehubungan dengan makna firmanNya: *Telah nampak kerusakan di darat dan di laut*, bahwa yang dimaksud dengan rusaknya daratan ialah terbunuhnya banyak manusia, dan yang dimaksud dengan rusaknya lautan ialah banyaknya perahu (kapal laut) yang dirampok.

Menurut Ata al-Khurrasani, yang dimaksud dengan daratan ialah kota-kota dan kampung-kampung yang ada padanya, dan yang dimaksud dengan lautan ialah pulau-pulaunya. Pendapat pertama merupakan pendapat yang lebih kuat dan didukung oleh kebanyakan ulama, serta diperkuat oleh apa yang dikatakan oleh Muhammad Ibnu Ishaq di dalam kitab *sirah*-nya yang mengatakan bahwa Rosulullah Saw pernah mengadakan perjanjian perdamaian dengan raja Ailah dengan menetapkan *jizyah* atas *bahr*-Nya, yakni negerinya.

Uraian di atas menggambarkan tentang kerusakan lingkungan yang telah terjadi sejak masa lampau. Lingkungan yang dimaksud adalah lingkungan secara universal di darat, laut, udara termasuk di dalam kendaraan. Melalui penelitian ini penulis ingin turut mengamalkan ayat tersebut dalam hal menjaga kesehatan lingkungan. Meskipun mungkin tidak berdampak besar, setidaknya telah ikut andil dalam menjaga kesehatan melalui dengan mencegah terjadinya keracunan gas dalam kabin mobil.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Ardhabili (2008) dengan judul "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dari Bensin atau Solar pada Kabin Mobil". Penelitian ini memiliki kelemahan yakni catu daya yang dipakai adalah catu daya eksternal sehingga harus tersedia listrik PLN atau lainnya.

Padahal kandungan gas beracun yang berada pada kabin mobil harus bisa dideteksi kapanpun termasuk ketika mobil sedang berjalan. Hal tersebut tentu tidak memungkinkan untuk dilakukan pengukuran dengan menggunakan catu daya PLN.

Penulis pada penelitian ini mengembangkan sistem monitoring kadar gas beracun pada kabin mobil yang menggunakan catu daya yang tersedia pada mobil, sehingga pengukuran dapat dilakukan kapan pun selama terdapat arus listrik pada mobil.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa besar akurasi sensor gas TGS 2201 untuk mendeteksi gas CO dan HC?
2. Bagaimana respon *buzzer* dan *power windows* terhadap gas CO dan HC?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui akurasi data dari keluaran sensor gas TGS 2201 untuk mendeteksi gas CO dan HC.
2. Mengetahui respon *buzzer* dan *power windows* terhadap gas CO dan HC yang terdeteksi.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Gas beracun yang diukur adalah karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC).
2. Sensor gas yang digunakan adalah TGS 2201.
3. Hanya membahas kadar gas beracun yang terukur, tidak meliputi dampak gas beracun terhadap kesehatan secara spesifik.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan penulis melalui penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan tentang aplikasi sensor gas TGS 2201 dengan menggunakan Arduino.
2. Merealisasikan sistem monitoring kadar gas beracun pada kabin mobil yang murah dan efektif.
3. Mencegah terjadinya kasus keracunan gas pada kabin mobil.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Intergrasi Sains dan Al-Qur'an

Salah satu ciri yang membedakan Islam dengan agama lainnya adalah penekanannya terhadap masalah ilmu (sains). Al-Qur'an dan as-Sunnah mengajak kaum muslim untuk mencari dan mendapatkan ilmu dan kearifan serta menempatkan orang-orang yang berpengetahuan pada derajat yang tinggi (Abduh, 2007).

Al-Qur'an menyebutkan kata *al-ilm* dan kata-kata turunannya digunakan lebih dari 780 kali (Ghulsyani, 2001). Al-Qur'an mengatakan bahwa tidak sama antara mereka yang mengetahui dengan mereka yang tidak mengetahui seperti yang disebutkan dalam QS. az-Zumar ayat 9:

قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ ۗ

*“Katakanlah: Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui”* (Q.S az-Zumar: 9).

Rosulullah Saw juga menyebutkan dalam hadits tentang mulianya orang yang mencari ilmu:

مَنْ خَرَجَ فِي طَلْبِ الْعِلْمِ فَهُوَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ حَتَّى يَرْجِعَ

*“Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang”* (HR. Turmudzi).

Islam tidak mengenal pemisahan esensial antara “ilmu agama” dengan ilmu “ilmu profan”. Berbagai ilmu dan perspektif intelektual yang dikembangkan dalam Islam memang mempunyai suatu hirarki, tetapi hirarki ini pada akhirnya bermuara pada pengetahuan tentang “yang maha tunggal” substansi dari segenap ilmu. Inilah alasan kenapa para ilmuwan muslim berusaha mengintergrasikan ilmu-

ilmu yang dikembangkan peradaban-peradaban lain ke dalam skema hirarki ilmu pengetahuan menurut Islam. Hal ini pula alasan kenapa para ulama, pemikir, filosof dan ilmuwan muslim sejak dari al-Kindi, al-Farabi, dan Ibnu Sina sampai al-Ghazali sangat peduli dengan klasifikasi ilmu-ilmu (Abduh, 2007).

Perhatian Islam terhadap masalah kesehatan sangatlah mengagumkan. Hal itu antara lain karena berbagai aktifitas manusia dalam beribadah tidaklah terlepas dari unsur kesehatan. Islam menganggap bahwa kesehatan termasuk bagian dari nikmat Allah Swt yang paling besar sesuai hadist berikut (Mashadi, 2010):

نِعْمَتَانِ مَغْبُورٌ فِيهِمَا كَثِيرٌ مِنَ النَّاسِ الصَّحَّةُ وَالْفَرَاغُ

*“Ada dua kenikmatan yang banyak manusia tertipu, yaitu nikmat sehat dan waktu senggang”.* (HR. Bukhari no. 6412, dari Ibnu ‘Abbas)

Sehat dan waktu luang merupakan nikmat yang luar biasa yang diberikan Allah Swt kepada hamba-Nya. Orang yang didera oleh keluhan/rasa sakit tentu akan merasa kurang nyaman dalam menjalani kehidupan. Belum lagi kalau harus berobat atau ikhtiyar mencari obatnya, tentu orang harus menyiapkan biaya yang tidak bisa diduga sebelumnya. Oleh karena itu manusia harus banyak bersyukur atas nikmat sehat yang disandangnya, seperti dijelaskan pada ayat berikut:

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

*“Dan (ingatlah juga) tatkala Tuhan kalian memaklumkan, "Sesungguhnya jika kalian bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepada kalian; dan jika kalian mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”* (QS. Ibrahim: 7).

Ayat ini menjelaskan Allah SWT kembali mengingatkan hamba-Nya untuk senantiasa bersyukur atas segala nikmat yang telah dilimpahkan-Nya. Kemudian dilaksanakan-Nya, betapa besarnya faedah dan keuntungan yang diperoleh setiap

orang yang banyak bersyukur kepada-Nya, yaitu bahwa Dia akan senantiasa menambah rahmat-Nya kepada mereka.

Memelihara kesehatan dengan cara mengetahui pengaturan tempat makan, minum, pakaian, tempat tinggal, udara, tidur, bangun, senggang, nikah dan sebagainya. Apabila hal-hal tadi berhasil dipenuhi dengan cara yang tepat, maka akan lebih mendekati kehidupan yang sehat yang berkesinambungan. Apabila kekuatan dan kesehatan saja merupakan nikmat Allah yang besar dan anugerah-Nya yang melimpah, maka sangatlah pantas bagi orang yang diberi rizqi itu untuk menjaganya dan melindunginya dari hal-hal yang membahayakannya. Sarana lain untuk memelihara kesehatan yaitu dengan menjaga kebersihan. Kitab-kitab *fiqh* kita dalam bab-babnya senantiasa diawali oleh bab yang berjudul Thaharah (bersuci). Ketika berwudlu misalnya, dibersihkanlah bagian-bagian anggota tubuh yang sering terkena kotoran, keringat, debu seperti wajah (termasuk hidung dengan cara istinsyaq/memasukkan air ke dalam hidung lalu mengeluarkannya dan mulut dengan cara madhmadhah/berkumur), kedua tangan, kedua kaki, kepala dan kedua telinga. (Mashadi, 2010)

Sesuai tema yang diambil penulis tentang isu-isu kesehatan dengan didukung penjelasan ayat di atas manusia diperintahkan untuk bersyukur atas nikmat terutama nikmat kesehatan, dalam konteks penelitian ini dengan menjaga kesehatan pernafasan dari bahaya pencemaran. Pencemaran dapat melingkupi di darat dan di laut dengan termasuk angin/udara di atasnya. Udara banyak sekali manfaatnya di dalam kehidupan kita seperti membantu kita dalam proses pernafasan, membantu metabolisme kehidupan tumbuhan dan hewan, membantu sirkulasi kehidupan alam semesta, dan masih banyak lagi. Sadar ataupun

tidak, dunia ini dipenuhi dengan udara. Udara ada dimana-mana, bahkan di ruang hampa pun ada udara. Telah sama-sama kita ketahui bersama bahwa gas nitrogen adalah gas yang pasif dan mandul, lain halnya dengan gas oksigen yang aktif dan sangat penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya karena setiap sel makhluk pasti mengandung oksigen.

## 2.2 Pencemaran Udara

Udara adalah faktor yang penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Udara sebagai komponen lingkungan yang sangat penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal (Nugroho, 2009).

Udara normal atau disebut juga sebagai udara *ambient* memiliki komposisi campuran gas-gas meliputi 78% N<sub>2</sub>; 20% O<sub>2</sub>; 0,93% Ar; 0,03% CO<sub>2</sub> dan sisanya terdiri dari neon (Ne), helium (He), metan (CH<sub>4</sub>) dan hidrogen (H<sub>2</sub>). Unsur terbesar dari pencemaran udara adalah gas karbon monoksida (CO) (Purwanto, 2007).

Chambers (1976) dan Masters (1991) menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung atau diukur) serta dapat memberikan efek kepada manusia, binatang, vegetasi dan material. Selain itu pencemaran udara dapat pula dikatakan sebagai perubahan atmosfer oleh masuknya bahan kontaminan alami atau buatan ke dalam atmosfer tersebut (Mukono, 2006).

Pencemaran udara bisa juga diartikan adanya bahan atau polutan di atmosfer dan mempunyai efek pada manusia dan lingkungannya. Pengertian lain mengenai pencemaran udara adalah adanya bahan kontaminan di atmosfer karena ulah manusia (*man made*). Hal ini untuk membedakan dengan pencemaran udara alamiah (*natural air pollution*) dan pencemaran udara di tempat kerja (*occupational air pollution*) (Mukono, 2006).

### 2.3 Klasifikasi Pencemaran Udara

Adapun klasifikasi bahan pencemar atau polutan menurut Mukono dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

#### 1. Polutan Primer

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu dan dapat berupa gas terdiri dari:

- a. Senyawa karbon yaitu hidrokarbon, hidrokarbon teroksigenasi, dan karbonoksida (CO atau CO<sub>2</sub>).
- b. Senyawa sulfur yaitu sulfur oksida.
- c. Senyawa nitrogen yaitu nitrogen oksida dan amoniak.
- d. Senyawa halogen yaitu fluor, klorin, hidrogen klorida, hidrokarbon terklorinasi, dan *bromine*.

Penyebab pencemaran lingkungan di atmosfer biasanya berasal dari sumber kendaraan bermotor dan atau industri. Bahan pencemar yang di keluarkan antara lain adalah gas NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, dan partikel debu. Gas NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO dapat dihasilkan dari proses pembakaran oleh mesin yang menggunakan bahan bakar yang berasal dari bahan fosil. Partikel dalam atmosfer mempunyai karakteristik spesifik, dapat berupa zat padat maupun suspensi aerosol cair. Bahan

partikel tersebut dapat berasal dari proses kondensasi, proses dispersi (misalnya proses menyemprot (*spraying*) maupun proses erosi bahan tertentu (Mukono, 2003).

Asap (*smoke*) seringkali juga dipakai untuk menunjukkan campuran bahan partikulat (*particulate matter*), uap (*fumes, gas*). Adapun yang dimaksud dengan:

- a. Asap adalah partikel karbon yang sangat halus (sering disebut sebagai jelaga) dan merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna.
- b. Debu adalah partikel padat yang dapat dihasilkan oleh manusia atau alam dan merupakan hasil dari proses pemecahan suatu bahan.
- c. Uap adalah partikel padat yang merupakan hasil dari sublimasi, distilasi atau reaksi kimia.
- d. Kabut adalah partikel cair dari reaksi kimia dan kondensasi uap air (Mukono, 2003).

## **2. Polutan Sekunder**

Polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara misalnya reaksi fotokimia. Sebagai contoh adalah disosiasi  $\text{NO}_2$  yang menghasilkan NO dan O radikal. Proses kecepatan dan arah reaksinya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- a. Konsentrasi relatif dan bahan reaktan
- b. Derajat fotoaktivasi
- c. Kondisi iklim
- d. Topografi lokal dan adanya embun.

Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil (Mukono, 2003).

## 2.4 Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida adalah sejenis gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan tidak mudah larut dalam air, beracun dan berbahaya. Gas CO ini akan mengganggu pengikatan oksigen pada darah karena CO lebih mudah terikat oleh darah dibandingkan dengan oksigen dan gas-gas lainnya. Pada kasus darah yang tercemar karbon monoksida dalam kadar 70% hingga 80% dapat menyebabkan kematian pada orang.

Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses yaitu pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon, reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi, pada suhu tinggi  $\text{CO}_2$  terurai menjadi CO dan  $\text{O}_2$ . Pembebasan CO ke atmosfer sebagai aktivitas manusia lebih nyata, misalnya dari transportasi, pembakaran minyak, gas arang atau kayu, proses-proses industri, industri besi, kertas, kayu, pembuangan limbah padat, kebakaran hutan dan lain-lain. Sifatnya yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas  $192^\circ\text{C}$ , mempunyai berat sebesar 96,5% dari berat air, tidak larut dalam air dan dapat memberikan kelainan seperti kerusakan otot jantung dan susunan saraf pusat (SSP) dengan keluhan yang dirasakan seperti rasa pusing, pandangan menjadi kabur, kehilangan daya pikir, penurunan koordinasi syaraf, dan akhirnya sampai berujung pada kematian (Daryanto, 2004).

Dampak dari CO bervariasi tergantung dari status kesehatan seseorang pada saat terpapar. Dampak CO pada beberapa orang yang berbadan gemuk dapat mentolerir CO sampai kadar COHb dalam darahnya mencapai 40% dalam

waktu singkat. Gas CO ini merupakan gas yang sangat bersifat racun. Seseorang yang menderita sakit jantung atau paru-paru akan menjadi lebih parah apabila kadar COHb dalam darahnya sebesar 5-10%. Gas CO mempunyai kemampuan berikatan dengan Hb sebesar 240 kali lipat sehingga dapat mempengaruhi organ-organ tubuh seperti otak, hati, pusat saraf, dan janin (Susanta, 2007).

Mekanisme alami dimana karbon monoksida hilang dari udara banyak diteliti dan pembersihan CO dari udara kemungkinan terjadi karena beberapa proses yaitu reaksi atmosfer yang berjalan sangat lambat sehingga jumlah CO yang hilang sangat sedikit, aktivitas mikroorganisme yang terdapat dalam tanah dapat menghilangkan CO dengan kecepatan relatif tinggi dari udara. Meskipun tanah dengan mikroorganisme di dalamnya dapat berfungsi dalam pembersihan CO di atmosfer, tetapi kenaikan konsentrasi CO di udara masih saja terjadi. Hal ini disebabkan tanah yang tersedia tidak tersebar rata (Daryanto, 2004).

Karbon monoksida apabila terhisap ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang akan dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini dapat terjadi karena gas CO bersifat racun metabolisme, ikut bereaksi secara metabolisme dengan darah. Seperti halnya oksigen, gas CO bereaksi dengan darah (hemoglobin):



Konsentrasi suatu gas biasa dinyatakan dalam *Part Per Million* (ppm) menunjukkan satu bagian per 1.000.000 bagian, dan nilai  $1 \times 10^{-6}$ . *Part Per Million* (ppm) merupakan salah satu satuan konsentrasi yang menyatakan perbandingan bagian dalam satu juta bagian yang lain. Satuan ini biasanya banyak

dipakai dalam kimia analisa untuk menyatakan satuan konsentrasi senyawa. Hendrawati mengemukakan, konsentrasi gas CO sampai dengan 100 ppm masih dianggap aman jika waktu kontak hanya sebentar. Gas CO sebanyak 200 ppm apabila dihisap manusia akan menimbulkan rasa pusing, mual dan muntah. Pengaruh karbonmonoksida (CO) terhadap tubuh manusia ternyata tidak sama antara manusia yang satu dengan yang lain. Konsentrasi gas CO di suatu ruangan akan naik bila di ruangan itu ada orang yang merokok. Orang yang merokok akan mengeluarkan asap rokok yang mengandung gas CO dengan konsentrasi lebih dari 20.000 ppm yang kemudian menjadi encer sekitar 400-5000 ppm selama dihisap. Konsentrasi gas CO yang tinggi di dalam asap rokok menyebabkan kandungan COHb dalam darah orang yang merokok jadi meningkat. Keadaan ini tentu sangat membahayakan bagi kesehatan orang yang merokok. Orang yang merokok dalam waktu yang cukup lama (perokok berat) konsentrasi COHb dalam darahnya sekitar 6,9%. Hal inilah yang menyebabkan perokok berat mudah terkena serangan jantung (Ardhabili, 2010).

## 2.5 Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon merupakan senyawa karbon yang paling sederhana. Tampak dari namanya, senyawa hidrokarbon adalah senyawa karbon yang hanya tersusun dari atom hidrogen dan atom karbon. Banyak kita temui senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari, misalnya minyak tanah, bensin, gas alam, plastik dan lainnya.

Emisi hidrokarbon (HC) pada mesin terbentuk dari bermacam-macam sumber. Pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar, tidak terbakarnya minyak pelumas silinder adalah salah satu penyebab munculnya emisi HC. Emisi HC pada

bahan bakar HFO yang biasa digunakan pada mesin-mesin diesel besar akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan mesin diesel yang berbahan bakar *Diesel Oil* (DO). Emisi HC ini berbentuk gas *methan* ( $\text{CH}_4$ ) (Sugiarti, 2009).

Hidrokarbon dalam kimia organik adalah senyawa organik yang terdiri sepenuhnya dari atom hidrogen dan atom karbon. Hidrokarbon yang salah satu atom hidrogen telah terpisah atau dipisahkan dari fungsi kelompoknya dinamakan *hydrocarbyls* seperti aromatik hidrokarbon (arena), alkana, alkena, sikloalkana dan alkuna berbasis senyawa berbagai jenis dari hidrokarbon. Hidrokarbon sendiri merupakan pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan maupun padatan. Dinamakan hidrokarbon karena penyusun utamanya adalah atom karbon dan atom hidrogen yang dapat terikat (tersusun).

Hidrokarbon merupakan teknologi umum yang digunakan untuk beberapa senyawa organik yang diemisikan bila bahan bakar minyak dibakar. Sumber langsung dapat berasal dari berbagai aktivitas perminyakan yang ada, seperti ladang minyak dan gas bumi.

Jika pencemaran udara oleh HC juga disertai dengan bahan pencemar  $\text{NO}_x$  maka dengan oksigen bebas yang ada di udara akan membentuk *Peroxy Acetyl Nirates* (PAN). Selanjutnya PAN ini bersama-sama dengan CO, ozon akan membentuk kabut fotokimia yang dapat merusak tanaman.

Hidrokarbon dalam jumlah sedikit tidak begitu membahayakan kesehatan manusia, meskipun HC juga bersifat toksik. Namun jika HC berada di udara dalam jumlah banyak dan tercampur dengan bahan pencemar lain maka sifat toksiknya akan meningkat. Sifat toksik HC akan lebih tinggi jika berupa bahan pencemar gas, cairan, dan padatan. Hal ini dikarenakan padatan dan cairan akan

membentuk ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya. Ikatan baru ini sering disebut dengan *polycyclic aromatic hydrocarbon* yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH ini merangsang terbentuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke dalam paru-paru. PAH yang bersifat karsinogenik ini banyak terdapat di daerah industri dan daerah yang padat lalu lintasnya. Sumber timbulnya PAH adalah gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup sudah ditetapkan ambang batas maksimum emisi 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 (Kosegaran, 2013).

## 2.6 Uji Emisi

Emisi adalah zat, energi dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk ke dalam udara ambien (atmosfer) yang mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Sedangkan uji emisi merupakan serangkaian kegiatan untuk mengukur kuantitas dan atau kualitas emisi yang pada umumnya dilakukan terhadap kendaraan bermotor.

Manfaat uji emisi untuk mengetahui efektivitas proses pembakaran bahan bakar pada mesin dengan cara menganalisis kandungan karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan *nitrogen oxide* ( NO<sub>x</sub> ) yang terkandung di dalam gas buang. Selain itu uji emisi berguna untuk mengetahui adanya kerusakan pada bagian-bagian mesin kendaraan. Uji emisi juga berguna membantu saat melakukan *setting* campuran udara dan bahan bakar yang tepat. Kepastian mengenai kinerja mesin kendaraan yang digunakan apakah dalam kondisi prima dan dapat diandalkan dapat dilihat dari hasil uji emisi. Selain itu uji emisi bisa

mengirit bahan bakar, namun tenaga tetap optimal serta bisa menciptakan lingkungan sehat dengan udara bersih. Kerusakan kendaraan bisa terdeteksi dari hasil uji emisi yang antara lain bisa dilihat dari tingginya kandungan HC. Cara untuk mengurangi kadar emisi gas buang salah satunya dengan pemasangan alat *catalytic converter* untuk mereduksi gas CO, HC dan NO<sub>x</sub> (Anonim, 2014).

Berikut ini adalah tabel 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:

Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Tahun Pembuatan  $\geq$  2010

Jenis Kendaraan	Jenis Gas		
	Hidrokarbon (HC) max	Karbon monoksida (CO) Max	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )
Roda 2 dan 3	2000 ppm	4,5 %	12% - 15%
Roda $\geq$ 4	200 ppm	1,5 %	

## 2.7 Prinsip Kerja Sensor Gas Tipe Semikonduktor

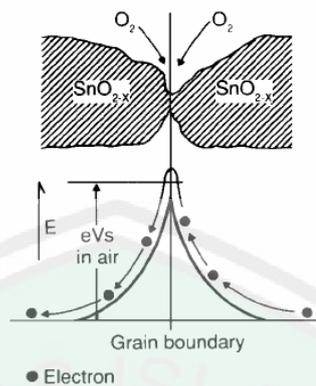
Sensor gas adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sudah semakin banyak di pasaran telah beredar pengindra gas semikonduktor, tentunya dibedakan oleh sensitivitas sensor tersebut. Pengindra gas tersebut bekerja dengan semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansinya semakin rendah. Banyak sekali tipe sensor gas yang digunakan dan tersedia di pasaran, seperti sensor gas yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu tipe TGS 2201 Figaro.

Sensor gas terdiri dari elemen sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Elemen sensor terdiri dari bahan sensor dan bahan pemanas untuk memanaskan elemen. Elemen sensor menggunakan bahan-bahan seperti timah (IV) oksida  $\text{SnO}_2$ , wolfram (VI) oksida  $\text{WO}_3$  dan lain-lain, tergantung pada gas yang hendak dideteksi. Gambar berikut menunjukkan susunan (struktur) dasar sensor gas:



Gambar 2.1 Susunan dasar sensor gas tipe semikonduktor (avtrens.blogspot.com).

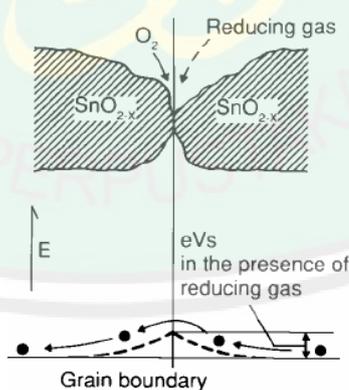
Bila suatu kristal oksida logam seperti  $\text{SnO}_2$  dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara, oksigen akan teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron-elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibatnya potensial permukaan terbentuk yang akan menghambat aliran elektron. Arus listrik di dalam sensor mengalir melalui bagian-bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro  $\text{SnO}_2$ . Batas-batas antar butir oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial ini. Gambar berikut menunjukkan model penghalang potensial antar butir kristal mikro  $\text{SnO}_2$  pada keadaan tanpa adanya gas yang dideteksi:



Gambar 2.2 Model penghalang antar butir pada keadaan tanpa gas yang dideteksi (faniirfani03.blogspot.com)

eVs: nilai energi penghalang permukaan

Ketika adanya gas pereduksi pada lingkungan, kerapatan oksigen teradsorpsi bermuatan negatif pada permukaan semikonduktor sensor menjadi berkurang, sehingga ketinggian penghalang pada batas antar butir berkurang. Ketinggian penghalang yang berkurang menyebabkan berkurangnya tahanan sensor butir dalam lingkungan gas:



Gambar 2.3 Model penghalang potensial antar butir dalam lingkungan gas (faniirfani03.blogspot.com)

Sensor metal oksida ( $\text{SnO}_2$ ) adalah sebuah semikonduktor. Mekanisme kinerja sensor terhadap gas dapat ditunjukkan sesuai pada persamaan 1 dan 2.



Simbol  $n$  menunjukkan area konduksi semikonduktor, sedangkan  $s$  dan  $g$  menunjukkan permukaan dan gas. Persamaan 1 menunjukkan bahwa oksigen secara kimia fisis teradsorpsi ke kisi-kisi ruangan yang ada di semikonduktor sehingga menyebabkan konduktivitasnya menjadi rendah saat kondisi udara bebas dari gas kontaminan. Elektron yang dihasilkan oleh reaksi dengan gas-gas yang dapat terbakar  $R(g)$  pada persamaan 2 menyebabkan peningkatan konduktivitas sensor pada saat sensor terpapar gas polutan. Peningkatan sensitivitas sensor dilakukan dengan ditambahkan sedikit logam katalis pada sensor. Pemanfaatan karakteristik dari masing-masing sensor saat mendeteksi gas polutan dapat dibuat alat yang otomatis menghitung kadar gas polutan tersebut.

Hubungan antar tahanan sensor dan konsentrasi gas pereduksi pada suatu rentang konsentrasi gas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

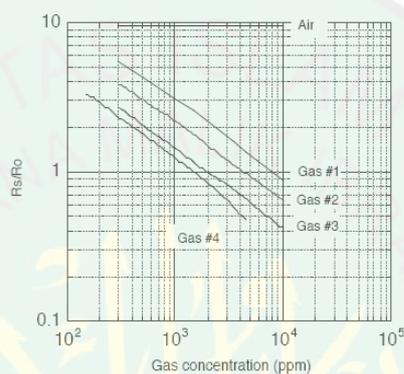
$$R_s = A [C]^{-a} \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

- $R_s$  : tahanan listrik sensor
- $A$  : konstanta
- $[C]$  : konsentrasi gas
- $a$  : gradien kurva  $R_s$

Sesuai dengan rumus  $R_s = A [C]^{-a}$  di atas, hubungan resistansi sensor terhadap konsentrasi gas adalah linier dalam bentuk logaritma dalam rentang tertentu konsentrasi gas (dari beberapa ppm ke beberapa ribu ppm). Gambar 2.4 berikut merupakan suatu contoh hubungan antara resistansi sensor dan konsentrasi gas. Sensor memperlihatkan kepekaan yang berbeda-beda terhadap berbagai gas.

Tingkat kepekaan relatif suatu sensor terhadap gas juga tergantung pada jenis bahan sensor dan temperatur. Dikarenakan resistensi sensor berbeda dari satu sensor ke sensor lain, maka karakteristik sensitivitas sensor dinyatakan sebagai rasio resistansi sensor dalam berbagai konsentrasi gas ( $R_s$ ) dengan resistansinya dalam konsentrasi tertentu suatu gas target ( $R_0$ ).



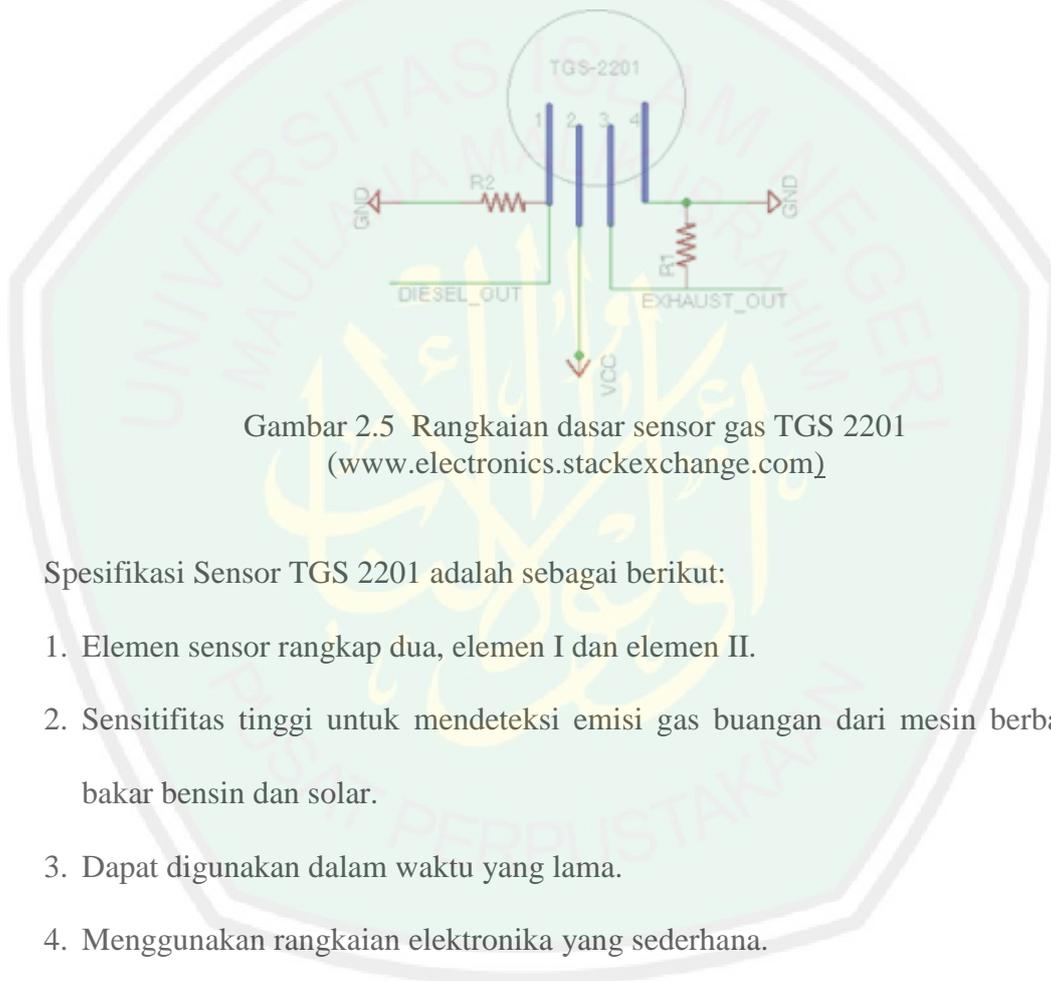
Gambar 2.4 Karakteristik sensitivitas sensor terhadap berbagai gas. (www.figarocom)

### 2.7.1 Sensor Gas Tipe TGS 2201 (Figaro)

Sensor ini adalah sebuah sensor kimia atau sensor gas yang mempunyai nilai resistansi ( $R_s$ ) yang akan berubah bila terkena emisi gas di udara. Sensor gas TGS 2201 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas CO, NO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> dan senyawa hidrokarbon. Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan salah satu komponen gas di udara, misalnya gas NO<sub>2</sub> dengan tingkat konsentrasi tertentu maka resistansi elektrik sensor tersebut akan bertambah. Sehingga tegangan yang dihasilkan oleh output sensor akan semakin rendah.

Selain itu sensor juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar agar sensor dapat bekerja kembali secara efektif. Saat keadaan terdeteksi adanya gas konduktivitas sensor meningkat tergantung pada konsentrasi gas di udara.

Tegangan ( $V_c$ ) digunakan untuk 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  $R_L$ . Rangkaian dasar sensor gas disajikan pada gambar berikut:



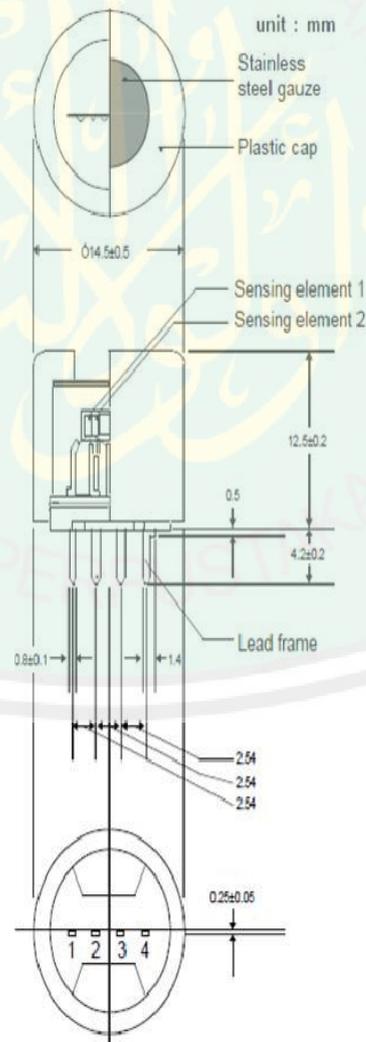
Gambar 2.5 Rangkaian dasar sensor gas TGS 2201  
([www.electronics.stackexchange.com](http://www.electronics.stackexchange.com))

Spesifikasi Sensor TGS 2201 adalah sebagai berikut:

1. Elemen sensor rangkap dua, elemen I dan elemen II.
2. Sensitifitas tinggi untuk mendeteksi emisi gas buangan dari mesin berbahan bakar bensin dan solar.
3. Dapat digunakan dalam waktu yang lama.
4. Menggunakan rangkaian elektronika yang sederhana.

Sensor TGS 2201 terdiri dari suatu lapisan semikonduktor oksida logam yang terbentuk pada oksida aluminium *substrate*, keduanya digabungkan bersamaan dengan pemanas (*heater*). Bila didekatkan pada suatu gas daya konduksi sensor akan berubah tergantung pada konsentrasi gas yang ada di udara. Berubahnya daya konduksi pada sensor akan mengakibatkan perubahan hambatan

output sensor. Rangkaian elektronika sederhana dapat mengkonversi perubahan hambatan output sensor menjadi sinyal input rangkaian yang berhubungan dengan konsentrasi gas yaitu ppm gas. Sensor TGS 2201 terdiri dari dua elemen sensor yang terpisah di atas lapisan dasar dan menghasilkan sinyal output yang terpisah untuk merespon gas buangan dari mesin bensin dan diesel. Spesifikasi ini membuat sensor TGS 2201 ideal untuk aplikasi sistem kontrol otomatis pada ventilasi mobil. Berikut adalah gambar struktur dan dimensi sensor gas TGS 2201 (Figaro):



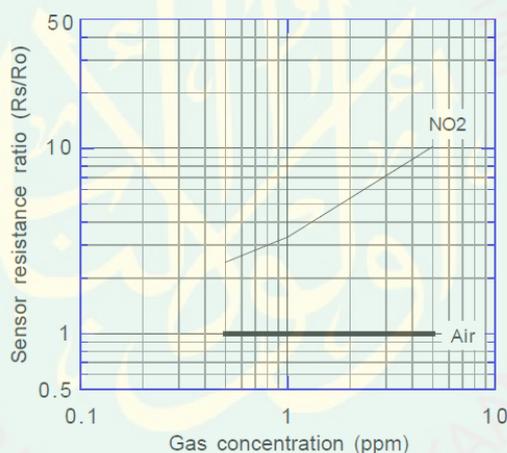
Gambar 2.6 Struktur dan dimensi sensor TGS 2201  
([www.figaro.com](http://www.figaro.com))

### A. Elemen I Gas Buang pada Mesin Diesel

Komponen utama gas buang mesin diesel adalah NO<sub>x</sub>. Gambar berikut menunjukkan karakteristik sensitifitas umum untuk elemen I, semua data telah dikumpulkan pada kondisi tes standar. Sumbu X menunjukkan ppm dari gas NO<sub>x</sub>. Sumbu Y menunjukkan rasio resistansi sensor ( $R_s/R_o$ ) yang didefinisikan sebagai berikut:

$R_s$  = Resistansi sensor yang ditunjukkan alat ukur pada konsentrasi gas yang bervariasi.

$R_o$  = Resistansi sensor pada keadaan udara yang bersih.



Gambar 2.7 Elemen I gas buang pada mesin berbahan bakar solar (www.figaro.com)

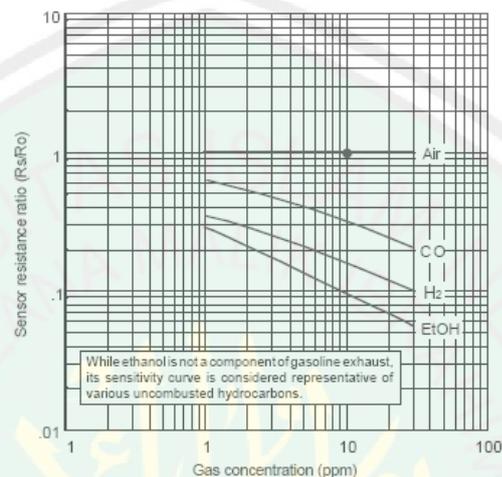
### B. Elemen II Gas Buang pada Mesin Bensin (*Gasoline*)

Komponen gas buang pada mesin berbahan bakar bensin adalah CO, H<sub>2</sub> dan hidrokarbon yang tak terbakar. Gambar di bawah ini menunjukkan karakteristik sensitifitas umum untuk elemen II. Semua data telah dikumpulkan pada kondisi tes standar. Sumbu X menunjukkan ppm dari gas CO. Sumbu Y menunjukkan rasio resistansi sensor ( $R_s/R_o$ ) yang didefinisikan sebagai berikut: (Ardhabili, 2010)

$R_s$  = Resistansi sensor yang ditunjukkan alat ukur pada konsentrasi gas yang bervariasi.

$R_o$  = Resistansi sensor pada keadaan gas yang bersih.

Sensitivity Characteristics:



Gambar 2.8 Elemen II gas buang pada mesin berbahan bakar bensin (www.figaro.com)

### 2.7.2 Pengukuran Dasar Sirkuit Figaro TGS 2201

Sensor memerlukan dua input tegangan yaitu tegangan pemanas ( $V_H$ ) dan tegangan sirkuit ( $V_C$ ) tegangan pemanas ( $V_H$ ) diletakkan ke pemanas yang terintegrasi untuk menjaga elemen *sensing* pada suhu tertentu yang optimal untuk *sensing* atau penginderaan. Tegangan sirkuit diaplikasikan untuk mengukur tegangan keluaran  $V_{RL1}$  dan  $V_{RL2}$  yang masing-masing disilangkan dengan  $R_{L1}$  dengan  $R_{L2}$ . Masing-masing beban resistor dihubungkan secara seri dengan komponen-komponen yang berhubungan dengan *sensing*.

Umumnya sirkuit listrik dapat digunakan untuk kedua tegangan sirkuit dan tegangan pemanas guna pemenuhan kebutuhan listrik sensor. Beban nilai resistor untuk mengoptimalkan nilai ambang alarm, untuk menjaga dissipasi daya dari

semikonduktor di bawah 15 mW. Berikut adalah spesifikasi lengkap sensor gas tipe TGS 2201:

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor TGS 2201 (www.figaro.com)

Model Sensor		TGS 2201		
Tipe elemen sensor		S2		
Pembungkus standar		Plastik		
Gas target		Diesel (NO, NO <sub>2</sub> )	Gasoline (CO, H <sub>2</sub> , HC)	
Jangkauan pengukuran sensor		0,1 – 10 ppm	10 - 1.000 ppm	
Keadaan Rangkaian Standar	Tegangan pemanas	V <sub>H</sub>	7,0 ± 0,35 VDC	
	Tegangan rangkaian	V <sub>C</sub>	15,0 VDC Maksimal, P <sub>s</sub> ≤ 15mW	
	Tahanan beban	R <sub>L</sub>	Vaiabel, P <sub>s</sub> ≤ 15mW	
Karakteristik listrik pada kondisi standar	Tahanan pemanas	R <sub>H</sub>	65 ± 6W pada temperatur ruang	
	Arus pemanas	I <sub>H</sub>	72 mA	
	Kebutuhan tenaga pemanas	P <sub>H</sub>	505mW V <sub>H</sub> = 7,0 VDC	
	Tahanan Resistor	R <sub>S</sub>	250 kΩ di udara	25kΩ di udara
	Sensitifitas (Perubahan Nilai R <sub>s</sub> )		R <sub>s</sub> (0,3ppm pada NO <sub>2</sub> ) = 2,5 R <sub>s</sub> (Udara)	R <sub>s</sub> (10ppm pada H <sub>2</sub> ) = 0,35 R <sub>s</sub> (udara)
Kondisi pengujian standar	Keadaan pengujian gas	Udara pada suhu 20±2°C, 65±5%RH		
	Kondisi rangkaian	R <sub>L</sub> = 200kΩ±1%	R <sub>L</sub> =10,0kΩ±1%	
		V <sub>C</sub> = 7,0±0,2V DC; V <sub>H</sub> = 7,0±0,2VDC		
	Periode pengaruh keadaan sebelum diuji	7 Hari		

Dissipasi daya dapat dihitung dengan rumus:

$$P_s = \frac{(V_c - V_{RL})^2}{R_s} \dots\dots\dots(4)$$

Tahanan sensor dapat dihitung dengan rumus:

$$R_s = \frac{V_c - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

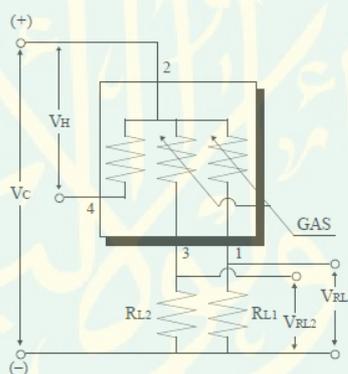
$R_s$  : Hambatan sensor saat mendeteksi gas

$V_c$  : Tegangan rangkaian

$V_{RL}$  : Tegangan keluaran sensor

$R_L$  : Hambatan sensor

Sirkuit pengujian dasar dari sensor gas TGS 2201 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.9. Sirkuit pengujian sensor TGS 2201 (www.figaro.com)

## 2.8 Platform Arduino

Arduino merupakan sebuah *board minimum system* mikrokontroler yang bersifat *open source*. Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih.

IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah *platform* karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Salah satu yang membuat Arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya yang *open source*, baik untuk *hardware* maupun *software* nya. Diagram rangkaian elektronik Arduino digratiskan kepada semua orang. Siapapun bisa bebas mendownload gambarnya, membeli komponen-komponennya, membuat PCB nya dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat Arduino. Sama halnya dengan IDE Arduino yang bisa didownload dan diinstal pada komputer secara gratis.

### 2.8.1 Board Arduino Uno

Arduino Uno adalah KIT elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis Atmega 328. Arduino Uno memiliki 14 Pin input/output, 6 Pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 *analog Input*, *crystal oscillator* 16 MHz, koneksi USB, *Jack Power*, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino Uno mampu men-*support* mikrokontroler, dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Berikut adalah tampilan fisik *board* Arduino Uno:

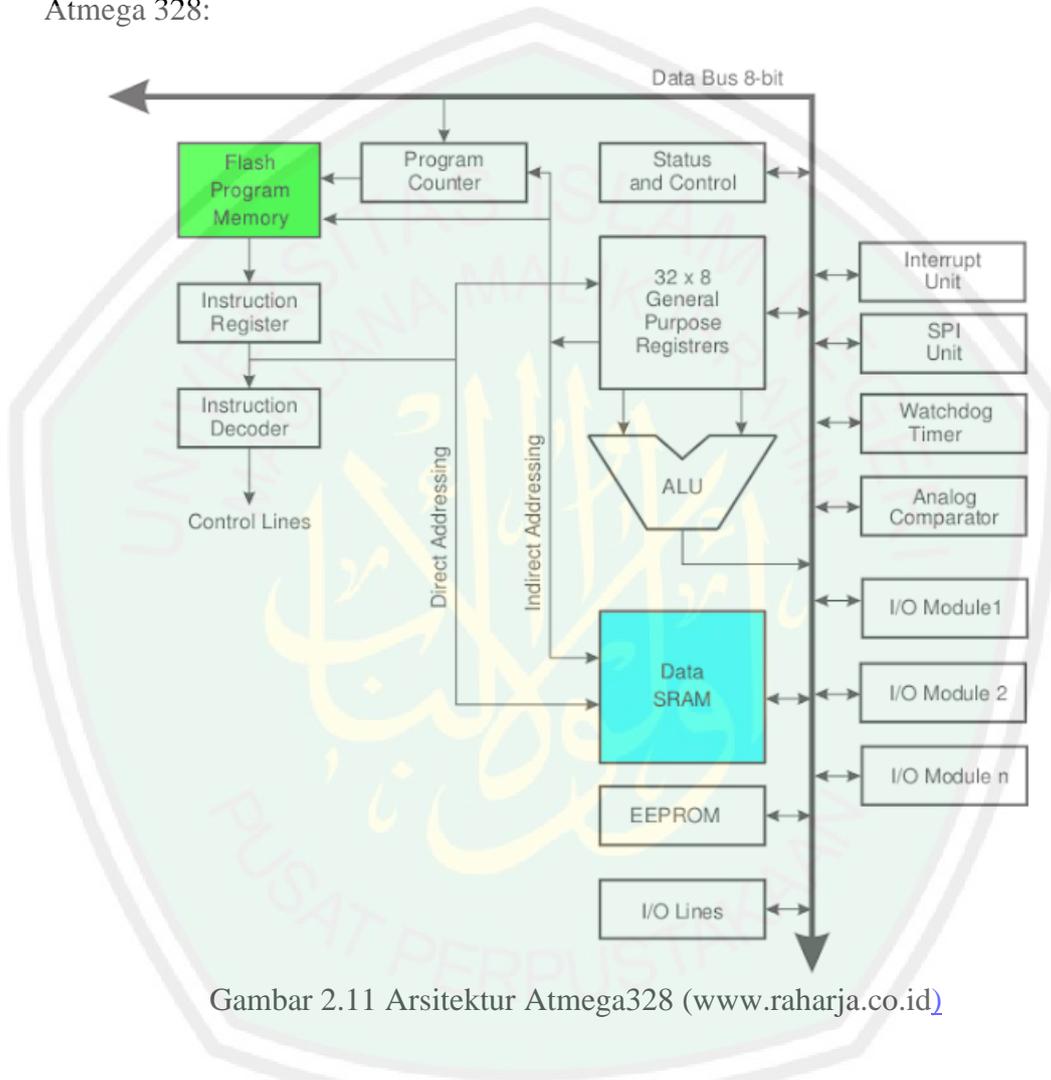


Gambar 2.10 *Board Arduino Uno* ([www.intorobotics.com](http://www.intorobotics.com))

ATMega 328 adalah mikrokontroler keluaran dari Atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

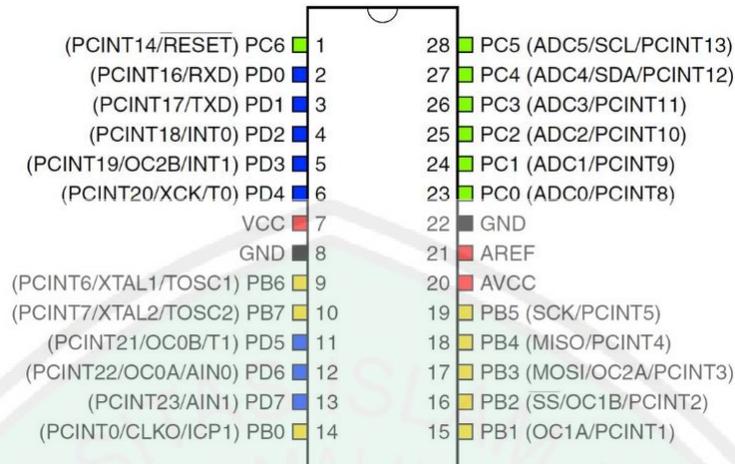
1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
2. 32 x 8-bit register serba guna.
3. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.
4. 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
5. Memiliki *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena *EEPROM* tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
6. Memiliki *SRAM* (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
7. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya *PWM* (*Pulse Width Modulation*) output.
8. *Master / Slave SPI Serial interface*

Mikrokontroler Atmega 328 memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Berikut ini adalah tampilan arsitektur Atmega 328:



Gambar 2.11 Arsitektur Atmega328 ([www.raharja.co.id](http://www.raharja.co.id))

Mikrokontrol Atmega 328 tersebut telah terintegrasi pada *board* Arduino Uno. Konfigurasi dan pembagian fungsi masing-masing Pin Atmega 328 dapat dilihat pada gambar di bawah:

Gambar 2.12 Konfigurasi PIN Atmega328 ([www.raharja.co.id](http://www.raharja.co.id))

Tabel 2.3 Fungsi alternatif masing-masing PORT Atmega 328

Port Pin	Alternative Function
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	SCK (SPI Bus master clock input) PCINT5 (Pin change interrupt 5)
PB4	MISO (SPI Bus master input/sleve input) PCINT4 (Pin Change Interrupt 4)
PB3	MOSI (SPI Bus master Output slave input) OC2A (Timer/Counter Output Compare match A output) PCINT3 (Pin Change Interrupt 3)
PB2	SS (SPI Bus master slave select) OC1A (Timer/Counter Output Compare match B output) PCINT2 (Pin Change Interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Counter Output Compare match A output) PCINT1 (Pin Change Interrupt 1)
PB0	ICP1 (Timer/counter1 input capture Input) CLKO (Devide system clock output) PCINT0 (Pin change interrupt 0)

Port Pin	Alternative Function
PC6	RESET (Reset Pin) PCINT 14 (Pin change interrupt 14)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5)

	SCL (2-wire Serial bus clock line) PCINT13 (Pin Serial bus clock line)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (2-Wire Serial bus data input/output line) PCINT12 (Pin change interrupt 12)
PC3	ADC3 (ADC Input channel 3) PCINT11 (Pin change interrupt 11)
PC2	ADC2 (ADC Input channel 2) PCINT10 (Pin change interrupt 10)
PC1	ADC1 (ADC Input channel 1) PCINT9 (Pin change interrupt 9)
PC0	ADC0 (ADC Input channel 0) PCINT8 (Pin change interrupt 8)

Port Pin	Alternative Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator negative input) PCINT23 (Pin change interrupt 23)
PD6	AIN0 (Analog Comparator negative input) OC0A (Timer/Counter0 Output compare match A output) PCINT22 (Pin change interrupt 22)
PD5	T1 (Timer/counter 1 external counter input) OC0B (Timer/Counter0 Output compare match B output) PCINT21 (Pin change interrupt 21)
PD4	XCK (USART External clock input/output) T0 (Timer/counter 0 external counter input) PCINT21 (Pin change interrupt 21)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 input) OC0B (Timer/Counter0 Output compare match B output) PCINT19 (Pin change interrupt 19)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 input) PCINT18 (Pin change interrupt 18)
PD1	TXD (USART Output Pin) PCINT17 (Pin change interrupt 17)
PD0	RXD (USART Input Pin) PCINT16 (Pin change interrupt 16)

### 2.8.2 Arduino IDE

Dibutuhkan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) bawaan dari Arduino untuk memprogram *board* Arduino. Aplikasi ini berguna untuk membuat, membuka, dan mengedit *source code* Arduino (*sketches*, para

*programmer* menyebut *source code* arduino dengan istilah "*sketches*"). Tampilan *software* Arduino IDE tampak seperti gambar di bawah:



Gambar 2.13 Tampilan Arduino IDE

Keterangan:

1. Editor program: sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
2. *Verify*: mengecek kode sketch yang eror sebelum meng-*upload* ke *board* arduino.
3. *Uploader*: sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke papan arduino.
4. *New*: membuat sebuah *sketch* baru.
5. *Open*: membuka daftar *sketch* pada *sketchbook* arduino.
6. *Save*: menyimpan kode *sketch* pada *sketchbook*.
7. *Serial Monitor*: menampilkan data serial yang dikirimkan dari *board* arduino (Syahwil, 2013).

## 2.9 LCD 1602 Karakter Keypad Shield

*Liquid Crystal Display* atau LCD merupakan sebuah indikator yang berupa tampilan layar. LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran tertutup rapat. Antara dua lembar tersebut diberi bahan

kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) dan oksida indium (*indium oxide*). Sel mempunyai ketebalan  $1 \times 10^{-6}$  meter dan diisi dengan kristal cair.

Jenis LCD yang digunakan pada penelitian ini adalah 1602 LCD *keypad shield*. LCD ini dikembangkan untuk dipasang pada *board* Arduino yang *compatible*. LCD ini dilengkapi dengan antarmuka yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi melalui *keypad*. Karakter yang dapat ditampilkan oleh LCD ini adalah 2 baris 16 kolom. Berikut adalah tampilan fisik 1602 LCD *keypad shield*:



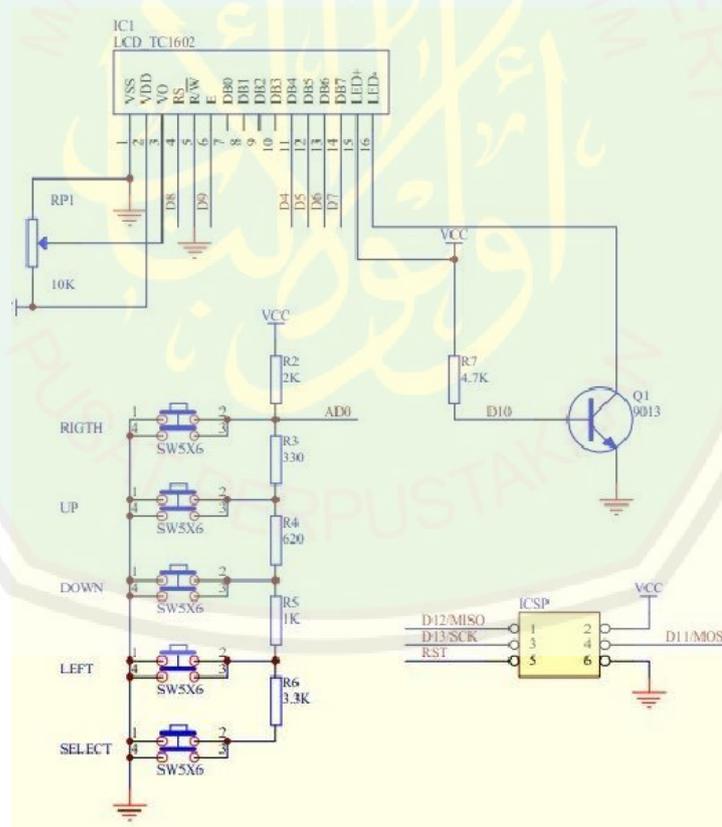
Gambar 2.14 LCD Karakter *keypad shield* Arduino

LCD ini membutuhkan koneksi beberapa pin agar berfungsi optimal. Berikut adalah penggunaan Pin Arduino oleh LCD:

Tabel 2.4 Penggunaan Pin LCD

Pin	Function
Analog 0	Button (select, up, right, down and left)
Digital 4	DB4
Digital 5	DB5
Digital 6	DB6
Digital 7	DB7
Digital 8	RS (Data or Signal Display Selection)
Digital 9	Enable
Digital 10	Backlit Control

*Keypad* yang tersedia terdiri dari 5 *button* yaitu *select*, *up*, *down*, *right*, dan *left*. Meskipun ada 5 input yang bisa diberikan namun LCD ini mampu menghemat penggunaan pin karena hanya membutuhkan satu input analog yaitu pin A0. Saat dijalankan, program akan membaca tombol mana yang ditekan dengan pembacaan nilai analog yang masuk melalui input A0. Nilai tegangan akan berubah saat salah satu tombol ditekan karena masing-masing tombol melewati model pembagi tegangan. Inilah yang dijadikan sebagai dasar untuk mengeksekusi perintah yang diberikan saat tombol ditekan. Gambar di bawah merupakan bagan lengkap 1602 LCD *keypad shield*:



Gambar 2.15 Skematik LCD 1602 *keypad shield*

## 2.10 Motor Servo

Motor *servo* adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotornya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor *servo*. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran *servo*. Sedangkan sudut dari sumbu motor *servo* diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

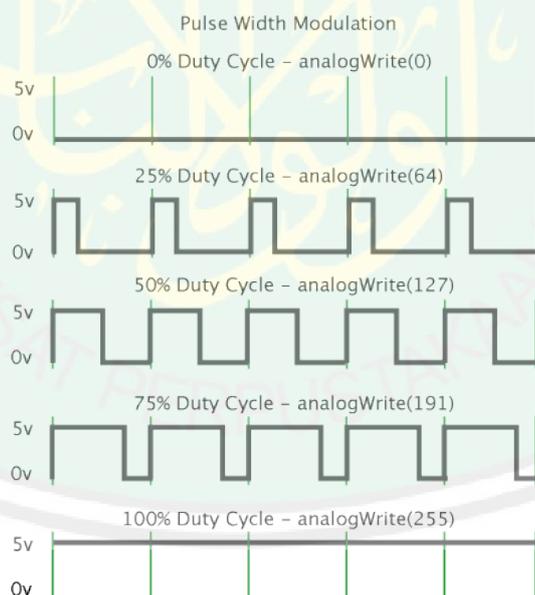


Gambar 2.16 Motor *servo* (www.difum.blogspot.com)

Secara umum terdapat 2 jenis motor *servo*, yaitu motor *servo standard* dan motor *servo continous*. Motor *servo* tipe standar hanya mampu berputar 180 derajat. Motor *servo* standard sering dipakai pada sistim robotika misalnya untuk membuat *RobotArm* (robot lengan). Sedangkan motor *servo continuous* dapat berputar sebesar 360 derajat. motor *servo continous* sering dipakai untuk *mobile robot*. Tertulis tipe pada badan *servo* yang bersangkutan. Pengendalian gerakan batang motor *servo* dapat dilakukan dengan menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*). Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengemudikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor *servo* diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar 2.17 dengan pulsa 1,5 ms pada periode selebar 2 ms, maka

sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa *Off* maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa *Off* maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam. Penelitian ini menggunakan motor *servo* jenis standar yang mampu berputar dari sudut 0 sampai 180 derajat yang dikonversikan sebagai gerakan translasi untuk mewakili sistem *power windows* mobil.

Motor *servo* dapat digerakkan ke kanan atau ke kiri, tergantung dari nilai *delay* yang kita berikan. Cara untuk membuat *servo* pada posisi *center*, diberikan pulsa 1,5 ms. Sedangkan untuk memutar *servo* ke kanan, diberikan pulsa  $\leq 1,3$  ms dan pulsa  $\geq 1,7$  ms untuk berputar ke kiri dengan *delay* 20 ms, seperti ilustrasi berikut:



Gambar 2.17 Sistem PWM motor *servo*

## 2.11 IM2400 4/5 Gas Analyzer

Alat ini digunakan untuk mengukur gas buang kendaraan bermesin bensin. Disebut *four gas* karena bisa untuk mengukur 4 gas yaitu CO, HC, O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub>.

Selain itu tersedia juga *optional kit* untuk mengukur kadar NO<sub>x</sub> sehingga bisa disebut *five gas*. Namun alat yang digunakan pada penelitian ini tidak dilengkapi dengan *optional kit* tersebut. Selain dari ke 4/5 gas tersebut alat ini juga dilengkapi indikator *Lambda* atau AFR (*Air Fuel Ratio*) yang bisa dijadikan parameter untuk memprediksi proses pembakaran dalam mesin. Alat ini telah terstandarisasi *international BAR 90, BAR 97, ISO3929/3930 dan ANDROSS 6241 high accuracy and high quality*.



Gambar 2.18 IM2400 4/5 Gas analyzer

*Probe* digunakan untuk mengambil sampel gas buang kendaraan dengan dimasukkan ke dalam knalpot kendaraan yang kemudian dikirim ke elemen *sensing* yang terdapat dalam kotak alat melalui selang penghubung. Secara otomatis alat bekerja serta hasil langsung tertera pada monitor alat sebagai output. Selain tampilan layar tersedia juga fitur *print* yang mampu mencetak 40 hasil pengukuran terakhir sekaligus. Berikut adalah spesifikasi lengkap IM2400 4/5 gas analyzer:

Tabel 2.5 Spesifikasi IM2400 4/5 *Gas analyzer*

<b>Model</b>	IM2400
<b>CPU</b>	Motorola 68HC
<b>Input tombol</b>	16 tombol
<b>Jangkauan pengukuran</b>	HC : 0 – 10.000 ppm
	CO : 0 – 100.000 ppm
	O <sub>2</sub> : 0 – 23%
	CO <sub>2</sub> : 0 – 20%
	Lambda : 0.5 – 2.5
	NO <sub>x</sub> : 0 – 5000 ppm (Opsional)
<b>Perangkat sensing</b>	CO, CO <sub>2</sub> , HC: Non-dispersive infrared O <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , : Elektro kimia
<b>Akurasi</b>	±2% of Full Scale
<b>Respon</b>	90% within 10 seconds
<b>Kondisi kerja</b>	Temperature: -10~40°C, Humidity: Less than 90% RH
<b>Power</b>	AC 100~230V 50~60Hz

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah eksperimental yaitu perancangan dan pembuatan alat. Sampel yang digunakan adalah gas buang kendaraan bermotor bermesin bensin. Alat dikalibrasi dahulu untuk menyesuaikan nilai output ppm gas menggunakan *gas analyzer*. Setelah nilainya sesuai alat yang telah dibuat dipasang pada kabin mobil untuk memantau kadar gas CO dan HC secara *real time*.

Kendaraan yang digunakan adalah mobil Suzuki Ertiga GX tahun 2013. Pemilihan jenis mobil tersebut karena mobil berbahan bakar bensin dan sudah dilengkapi dengan *catalytic converter* yang menekan kadar emisi gas buang. Jangkauan pengukuran kadar CO dan HC sensor TGS 2201 Figaro adalah 0 – 1000 ppm. Mobil ini dipilih sebagai kendaraan uji agar emisi CO dan HC mobil tidak melebihi ambang batas sensor karena telah dilengkapi *catalytic converter*.

Sistem *power windows* yang digunakan adalah simulasi menggunakan motor *servo* standar. Gerakan putar *servo* diubah menjadi gerakan translasi naik turun yang mewakili sistem kerja *power windows* pada umumnya.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2016. Proses pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Kalibrasi alat menggunakan pembanding IM2400 4/5 *gas analyzer* dilakukan di

Pusdiklat Teknik Otomotif Mobil Suzuki Universitas Negeri Malang Jalan Semarang No 5 Malang. Pengujian akurasi alat juga dilaksanakan di tempat tersebut.

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sensor gas tipe TGS 2201 (Figaro)	1
2. Suzuki Ertiga GX 2013	1
3. <i>Board</i> Arduino Uno	1
4. Resistor 10K	3
5. Resistor 1K	3
6. Led hijau	1
7. LED merah	1
8. PCB <i>Single layer</i>	1
9. <i>Long leg female header</i> 10 pin	4
10. <i>White connector</i> 3 pin	1
11. <i>Tantalum</i> kapasitor 10 $\mu$ F	1
12. Transistor TIP31	1
13. Kabel USB <i>Extend male to female</i>	1
14. LCD <i>character</i> 16x2 <i>keypad shield</i> untuk Arduino	1
15. Ipad/GPS <i>Car Holder</i>	1
16. Adaptor mobil 12V <i>to</i> 5 VDC	1
17. Multimeter	1
18. Kabel penghubung USB <i>to</i> Arduino	1

19. Variabel Resistor20K	1
20. <i>Buzzer</i>	1
21. Motor <i>servo</i>	1
22. <i>PC Windows</i>	1
23. IM2400 4/5 <i>Gas analyzer</i>	1

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gas buang kendaraan Suzuki Ertiga.

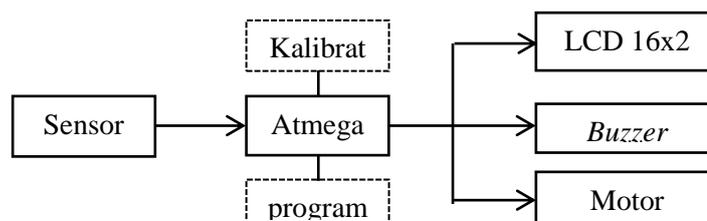
### 3.4 Perancangan dan Pembuatan Alat

Proses ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Tahap perancangan perangkat keras meliputi diagram blok sistem dan perangkaian alat. Sementara perancangan *software* adalah proses menanamkan kecedasan melalui *sketch* yang di-*compile* dalam mikrokontrol Atmega328 yang terdapat pada *board* Arduino Uno.

#### 3.4.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

##### A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem adalah diagram alir utama sistem yang menggambarkan struktur dari perancangan dan pembuatan alat secara keseluruhan. Adapun diagram blok sistem alat ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

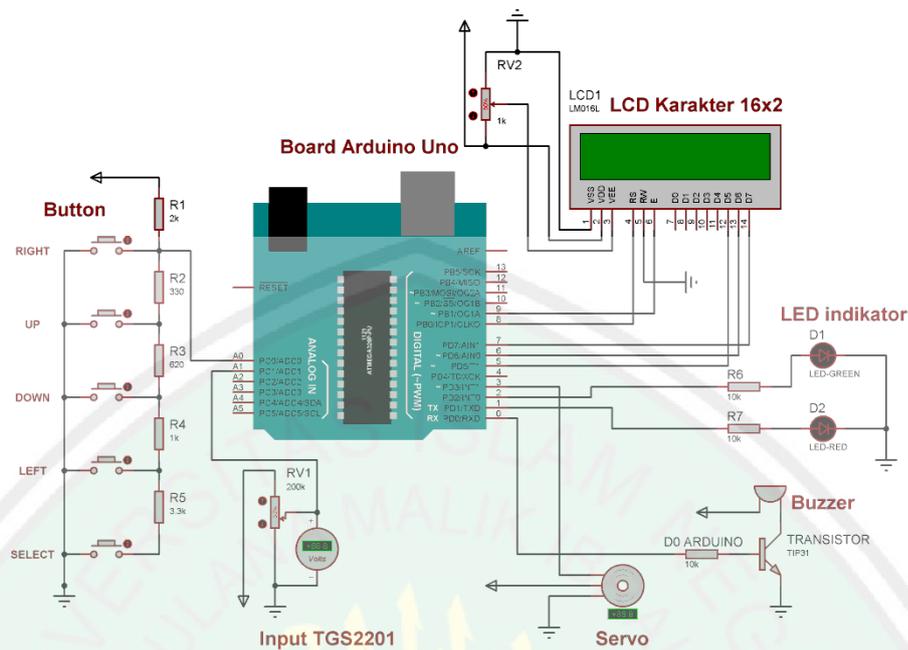
Diagram blok sistem di atas menunjukkan cara kerja sistem secara keseluruhan. Sensor gas TGS 2201 yang terdiri dari dua elemen bekerja mendeteksi keberadaan senyawa HC dan CO yang banyak berada pada gas buang kendaraan bermesin bensin menggunakan elemen II sensor dan gas NO<sub>x</sub> yang terdapat pada gas buang kendaraan bermesin diesel menggunakan elemen I sensor. Namun pada penelitian ini *output* sensor yang digunakan hanyalah elemen II yang sensitif terhadap gas CO dan HC.

Tegangan keluaran dari kedua *output* sensor ini berupa data analog yang dihubungkan ke pin *analog input* pada *board* Arduino. Data analog ini dikonversikan menjadi data ADC untuk keperluan mengubah tampilan menjadi nilai ppm pada LCD. Ketika nilai ppm pada LCD melebihi nilai ambang/*setpoint*, maka Arduino akan memerintah *buzzer* dan atau *servo* sebagai aktuator untuk bekerja. Aktuator ini bisa di-nyala/matikan sesuai keinginan.

## **B. Perancangan Rangkaian Alat**

### **- Rangkaian Alat Secara Keseluruhan**

Tahap ini meliputi proses perangkaian alat secara keseluruhan yang terdiri dari perangkat sensor, *board* Arduino, LCD, *buzzer*, dan *servo*. Rangkaian di bawah dicetak pada PCB dan dipasang masing-masing komponen sesuai gambar. PCB yang sudah jadi dan terpasang seluruh komponennya akan menjadi *shield* baru yang cocok dipasang pada *board* arduino uno. Berikut adalah rangkaian perangkat keras (*hardware*) yang dirancang secara keseluruhan:



Gambar 3.2 Rangkaian *hardware* keseluruhan

#### - Rangkaian Sensor TGS 2201

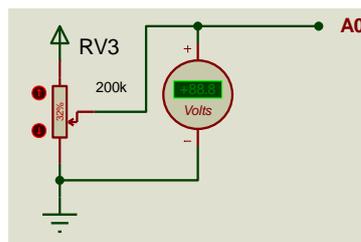
Sensor TGS 2201 memiliki 4 pin yang terdiri dari:

- Pin 1: Output Elemen I
- Pin 2: VCC
- Pin 3: Output elemen II
- Pin 4: GND / Vh

Pin 1 terhubung dengan pin A2 pada arduino, pin 2 terhubung dengan VCC, pin 3 terhubung dengan pin A1 Arduino dan pin 4 terhubung dengan GND.

Keluaran sensor yang terhubung oleh pin ADC pada arduino akan dibaca oleh program sebagai parameter pendeteksian gas. Masing-masing output sensor memiliki hambatan RL: 200K $\Omega$  (elemen 1) dan RL: 10K $\Omega$  (elemen 2). Resistor yang digunakan adalah jenis *multiturn* resistor sehingga bisa di-*ajust* nilainya.

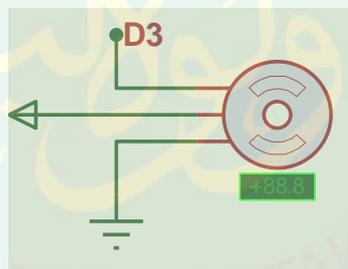
Berikut adalah skema rangkaian sensor TGS 2201:



Gambar 3.3 Rangkaian sensor TGS 2201

#### - Rangkaian Motor Servo

Motor *servo* berfungsi sebagai aktuator yang mewakili sistem kerja *power windows* mobil. *Servo* jenis standar yang digunakan pada penelitian ini mampu berputar dari sudut 0-180 derajat atau sebaliknya. Sudut 0 diasumsikan saat *power windows* membuka dan sudut 180 saat *power windows* menutup. Gerakan rotasi *servo* diubah melalui sistem mekanik sehingga menghasilkan gerakan naik-turun layaknya *power windows* bekerja. Putaran *servo* diatur melalui perintah yang diberikan saat program dijalankan.



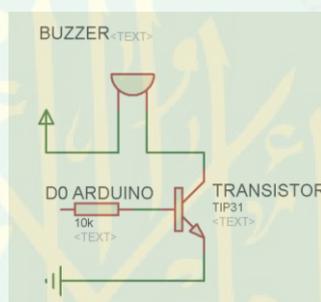
Gambar 3.4 Rangkaian motor *servo*

*Servo* terdiri dari 3 pin yaitu VCC, GND dan input yang terhubung dengan digital pin 3 arduino yang bekerja berdasarkan PWM. Sistem mekanik *power windows* dengan *servo* ini terletak terpisah dari rangkaian utama yang terhubung melalui *white connector* pada rangkaian utama yang dapat dipasang atau dilepas. *Servo* akan bergerak ke posisi 0 derajat saat ada gas CO atau HC

yang terdeteksi melebihi nilai *setpoint*. Setelah kondisi udara kembali normal atau di bawah *setpoint servo* akan kembali ke posisi 180 derajat (menutup).

#### - Rangkaian *Buzzer*

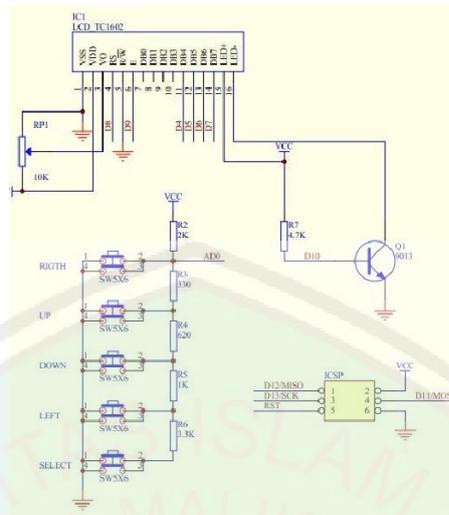
*Buzzer* berfungsi sebagai alarm indikator yang akan aktif ketika nilai yang terdeteksi pada LCD melebihi *setpoint*. Sebaliknya jika nilai ppm di bawah *setpoint buzzer* akan non-aktif. *Buzzer* bisa di-aktif/matikan sesuai dengan keinginan melalui *switch* eksternal yang terpisah dari rangkaian utama. Berikut adalah rangkaian *buzzer*:



Gambar 3.5 Rangkaian *Buzzer*

#### - Rangkaian LCD Karakter 1602 *Keypad Shield*

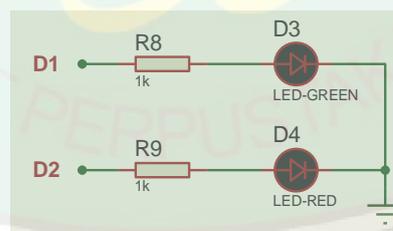
LCD karakter dirancang untuk menampilkan nilai ppm. Perancangan pada tahap ini menggunakan LCD karakter *keypad shield* arduino. LCD jenis ini bisa langsung ditancapkan ke arduino dan dilengkapi dengan *keypad* yang bisa digunakan untuk navigasi menu. Perintah navigasi menu dilakukan dengan fitur *keypad* yang tersedia melalui pembacaan nilai analog input yang terhubung ke pin A0 arduino. Berikut ini adalah rangkaian LCD karakter *keypad shield*:



Gambar 3.6 Rangkaian LCD karakter keypad shield

#### - Rangkaian LED (*Light Emitting Dioda*)

LED berfungsi sebagai indikator sistem yang terdiri 2 buah LED berbeda warna. LED merah akan menyala ketika gas terdeteksi melebihi *setpoint*. Sementara LED hijau aktif saat udara normal. Pin D1 arduino terhubung dengan LED merah, sedangkan pin D2 terhubung dengan LED hijau yang masing-masing terpasang resistor  $1K\Omega$  sebagaimana ditunjukkan gambar berikut:

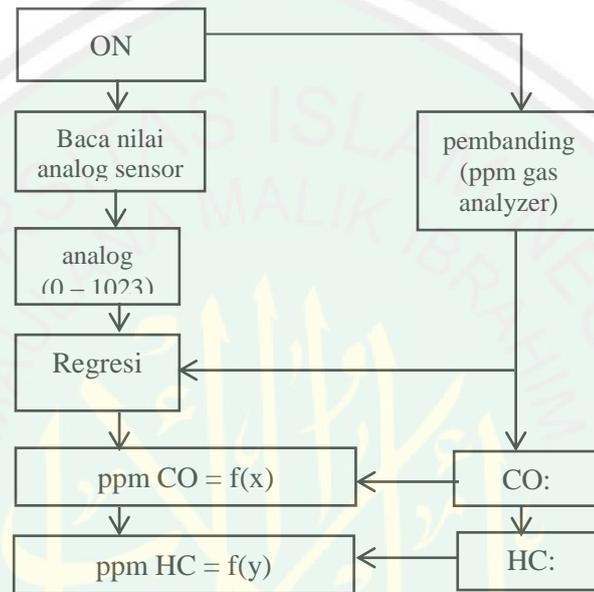


Gambar 3.7 Rangkaian LED

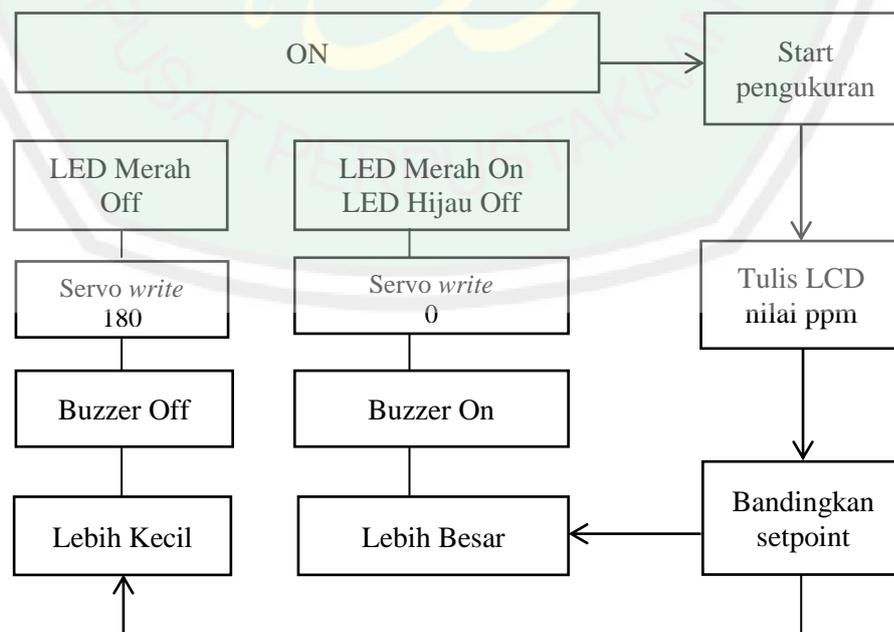
### 3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan dan pembuatan perangkat lunak digunakan sebagai pendukung kerja sistem. Perintah/program pada perangkat lunak akan menjalankan sistem secara keseluruhan sesuai kondisi yang dikehendaki yang

terpusat pada mikrokontrol Atmega 328 yang terdapat pada arduino. *Software* Arduino IDE dalam penelitian ini digunakan untuk membuat sketsa logika yang akan di-*compile* ke dalam arduino. Terdapat dua *flowchart software* yaitu untuk proses kalibrasi dan pengambilan data.



Gambar 3.8 Diagram alir proses kalibrasi



Gambar 3.9 Diagram alir pengambilan data

Diagram alir tersebut menunjukkan alur pemrograman alat. Sebelum alat bisa menampilkan nilai ppm gas, alat harus dikalibrasi dahulu dengan pembanding *gas analyzer*. Nilai output analog sensor akan dibandingkan dengan nilai ppm *gas analyzer* selama 5 kali percobaan untuk dicari persamaan regresinya. Masing-masing gas CO dan HC memiliki fungsi regresi berbeda meskipun berbasis output yang sama yaitu elemen II sensor TGS 2201. Setelah fungsi regresi didapat, fungsi tersebut akan dimasukkan ke program sehingga output LCD tidak lagi berupa nilai data analog sensor melainkan nilai ppm gas.

### **3.5 Prosedur Pengujian Alat**

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dirancang secara keseluruhan. Pengujian alat meliputi pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak. Pengujian perangkat keras dilakukan dengan menguji komponen satu-persatu sebelum komponen dipasang pada rangkaian. Ketika komponen sudah terangkai penuh menjadi sebuah alat maka alat akan diuji apakah alat mampu berfungsi sebagaimana mestinya.

Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk melihat kinerja alat sebagaimana program yang telah di-*compile* ke papan arduino. Sesuai dengan rumusan masalah, pengujian alat dibagi menjadi dua bagian yang diuraikan pada subbab di bawah:

#### **3.5.1 Kalibrasi Alat**

Proses kalibrasi alat bertujuan untuk menyesuaikan nilai output tegangan sensor dengan nilai sebenarnya. Cara yang dipakai pada tahap ini adalah dengan membandingkan nilai output dengan alat yang sudah *valid* yaitu menggunakan

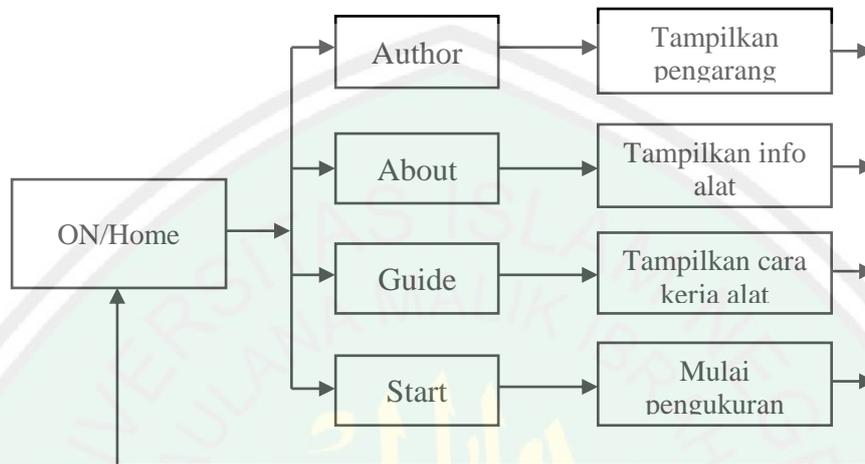
*gas analyzer*. Tujuan utama tahap ini adalah mencari fungsi regresi masing-masing gas. Pengambilan data pada proses kalibrasi dimulai dengan memasukkan *probe gas analyzer* ke dalam lubang knalpot mobil. *Gas analyzer* dinyalakan dan ditunggu hingga *gas analyzer* menunjukkan nilai nol dan peringatan “*Zeroing, please wait*” hilang dari layar. Mesin mobil dinyalakan dan ditunggu kurang lebih 5 menit agar proses pembakaran ideal. Alat diaktifkan dengan menghubungkan kabel arduino ke slot USB laptop. Agar mempermudah pengukuran, digunakan kabel USB *extend* yang panjangnya kurang lebih satu meter sehingga mempermudah ruang gerak alat.

Saat mobil, *gas analyzer*, dan alat siap digunakan pengukuran dimulai dengan meletakan mulut sensor tepat di depan lubang knalpot mobil dengan jarak 10 cm. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa *exhaust* yang di-*sensing* oleh sensor dan *gas analyzer* adalah gas yang sama. Jangkauan maksimal sensor TGS 2201 untuk mengukur kadar CO dan HC adalah 1000 ppm, sedangkan *gas analyzer* mampu mengukur hingga 100.000 ppm CO dan 1000 ppm HC. Oleh karena itu nilai ppm CO yang terdeteksi oleh *gas analyzer* dijadikan sebagai acuan untuk mengambil data karena nilai CO tidak boleh melebihi 1000 ppm yang berarti di luar jangkauan sensor. Nilai CO dan HC akan berubah seiring dengan putaran mesin.

### **3.5.2 Pengujian Navigasi Menu**

LCD *keypad shield* dilengkapi dengan 5 tombol yang bisa digunakan untuk pembuatan navigasi menu. Tahap pengukuran nilai ppm oleh alat dilakukan ketika alat sudah terkalibrasi melalui navigasi menu. Selain untuk memulai

pengukuran, navigasi menu juga dapat memberikan intruksi perintah yang lain. Proses pembuatan navigasi menu dilakukan pada program arduino. Berikut adalah *flowchart* navigasi menu yang dibuat:



Gambar 3.10 Diagram alir navigasi menu LCD keypad shield

### 3.5.3 Pengujian Respon *Buzzer* dan Motor *Servo* (*Power Windows*)

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon *buzzer* dan *servo* terhadap adanya gas terdeteksi. Kedua aktuator tersebut berperan untuk memberikan peringatan dan pencegahan kepada orang yang berada dalam kabin mobil. Saat terdeteksinya gas *buzzer* akan aktif dengan mengeluarkan bunyi alarm. Sementara *power windows* akan membuka kaca jendela dan menutup kembali ketika udara kembali normal.

Nilai *setpoint* merupakan nilai ambang yang akan menjadi patokan *buzzer* dan *power windows* bekerja. Nilai *setpoint* akan disesuaikan dengan teori tentang batas ambang kadar masing-masing gas terhadap dampak kesehatan yang ditimbulkan. Berikut adalah tabel pengujian respon *buzzer* dan *power windows* yang akan dilakukan.

### 3.6 Tabel Pengambilan Data

Pengambilan data meliputi data tegangan adaptor USB mobil, data kalibrasi dan data pengujian respon *buzzer* dan *power windows*. Parameter kinerja alat dianalisis dari masing-masing tabel.

Diukur tegangan keluaran adaptor dengan variasi penggunaan beberapa fitur yang mempengaruhi kelistrikan mobil. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas tegangan yang dihasilkan adaptor. Berikut adalah tabel output tegangan adaptor USB mobil:

Tabel 3.1 Pengujian tegangan keluaran adaptor

NO	Kondisi pengujian	Tegangan (volt)	
		<i>idle</i>	Akselerasi
1	Bebas beban		
2	AC		
3	Klakson		
4	Lampu utama		
5	Radio		
6	AC + klakson		
7	AC + Lampu Utama		
8	AC + Radio		
9	AC + klakson + lampu utama		
10	Nyala semua		

Pengambilan data kalibrasi dilakukan dengan melakukan pengujian output data analog sensor dan nilai ppm dari *gas analyzer* secara bersamaan. Dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan kadar emisi yang berbeda dengan memainkan putaran mesin (RPM). Berikut adalah tabel pengambilan data kalibrasi:

Tabel 3.2 Pengambilan data kalibrasi

Percobaan ke	Nilai analog sensor	Nilai Gas analyzer	
		HC (ppm)	CO (ppm)
1			
2			
3			
4			
5			

Respon *buzzer* dan *power windows* diuji dengan melakukan pengambilan data dan perbandingan alat yang sudah terkalibrasi dengan *gas analyzer*. Selain mengetahui respon aktuator, tahap ini juga digunakan untuk mengetahui akurasi alat karena akan terlihat perbandingan nilai ppm dari alat dan *gas analyzer* secara bersamaan pada masing-masing percobaan. Berikut adalah tabel pengambilan data respon *buzzer* dan *power windows*:

Tabel 3.3 Respon *buzzer* dan *servo (power windows)*

Percobaan ke	Pembacaan gas analyzer (ppm)		Pembacaan Alat (ppm)		Respon buzzer	Respon PW
	CO	HC	CO	HC		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
<b>Error</b>	CO:.....%		HC: ..... %		Buzzer:.....%	PW: ....%

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kalibrasi Alat

#### 4.1.1 Analisis Prosedur Kalibrasi

Proses kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan nilai output tegangan dengan nilai sebenarnya. Digunakan alat pembanding *gas analyzer* untuk kalibrasi alat. Kadar CO dan HC yang terdapat pada sampel diukur dengan alat hasil rancangan dan *gas analyzer* secara bersamaan. Meskipun pada dasarnya alat yang dirancang pada penelitian ini bertujuan untuk beroperasi di dalam kabin mobil, namun proses kalibrasi dilakukan di lubang *exhaust* (knalpot) yang tentunya berada di luar mobil. *Gas analyzer* tipe IM2400 yang digunakan adalah perangkat yang dikhususkan untuk menguji emisi mobil dan tidak dimungkinkan untuk dilakukan pengukuran di dalam kabin mobil.



Gambar 4.1 *Probe gas analyzer*

*Gas analyzer* tersebut menggunakan batang/*probe* yang memiliki panjang sekitar 40 cm yang dimasukkan ke dalam knalpot. *Probe* berfungsi untuk mengambil sampel asap dan diteruskan ke elemen *sensing* yang terintegrasi di dalam *box gas*

*analyzer* melalui selang penghubung sepanjang  $\pm 8$  m, sehingga asap yang masuk ke *probe* harus mendapat tekanan terus-menerus agar dapat sampai ke elemen *sensing*. Kondisi tersebut terpenuhi jika *probe* dipasang pada lubang knalpot karena asap akan mendapat tekanan terus-menerus dari mesin untuk dibuang keluar. Pengukuran tidak dimungkinkan dilakukan oleh *gas analyzer* dalam kondisi partikel gas pada asap berada di udara bebas karena sampel tidak akan masuk ke elemen *sensing*. Selain itu gas CO dan HC yang akan dideteksi alat saat berada pada kabin mobil juga bersumber dari gas buang yang dimungkinkan masuk ke kabin melalui celah-celah atau *seal* bodi mobil ataupun kebocoran sistem AC saat mobil tertutup rapat. Sehingga proses kalibrasi alat yang dilakukan di dekat knalpot dianggap mewakili.



Gambar 4.2 Proses kalibrasi alat

Pengujian emisi mobil dilakukan di ruangan dengan suhu ruang bengkel  $\pm 28^{\circ}$  C. Mula-mula *probe* dimasukkan ke dalam knalpot sambil *gas analyzer* diaktifkan sampai kondisi “*ready to measure*”. Dilakukan pemanasan elemen sensor TGS 2201 pada rangkaian dengan alat mulai diaktifkan dan ditunggu hingga pembacaan nilai analog sensor pada LCD berada pada titik terendah dan nilainya stabil. Ketika alat dan *gas analyzer* dalam kondisi siap memulai

pengukuran mesin mobil mulai dinyalakan. Emisi CO dan HC pada saat mobil baru di-“start” cenderung tinggi dan tidak stabil sehingga harus ditunggu hingga emisi CO dan HC stabil. Mulut sensor diletakan berhadapan dengan lubang knalpot dan melakukan pengukuran secara serempak dengan *gas analyzer*. Sensor mendapatkan nilai output analog elemen II yang tertampil pada layar LCD, sedangkan *gas analyzer* menampilkan output nilai kandungan beberapa *gas exhaust*.

*Gas analyzer* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki jangkauan pengukuran untuk CO sebesar 0-10% atau 0-100.000 ppm dengan resolusi sebesar 0,01% atau 100 ppm sehingga mampu mengukur CO dengan kadar 100, 200, 300, 400 ....., 100.000 ppm. Sedang jangkauan untuk HC adalah 0-1000 ppm dengan resolusi 1 ppm yang berarti mampu mengukur HC dari 1, 2, 3, 4, ..., 1000 ppm.

Jangkauan pengukuran *gas analyzer* terhadap HC sama dengan kemampuan sensor gas TGS 2201 yang mampu mengukur hingga 1000 ppm menurut tabel *datasheet*. Namun untuk jangkauan pengukuran CO *gas analyzer* mampu mengukur hingga 100.000 ppm yang tentunya diluar jangkauan sensor yang hanya mampu mengukur hingga 1000 ppm. Oleh karena itu pengambilan data dilakukan dengan kondisi kadar CO yang terdeteksi *gas analyzer* tidak boleh melebihi 1000 ppm atau 0,1%.

Pengambilan data dilakukan dengan variasi putaran mesin. Data yang diambil adalah ketika kondisi putaran mesin, pembacaan nilai analog sensor, dan pembacaan *gas analyzer* stabil bersamaan. Pengkondisian hal tersebut memerlukan ketelitian untuk mendapatkan data yang valid.

#### 4.1.2 Analisis Hasil Kalibrasi

Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali dengan sampel *exhaust* yang sama dari mobil. Kandungan CO dan HC akan berubah seiring dengan berubahnya putaran mesin (RPM) yang menunjukkan kuantitas pembakaran dalam mesin. Kondisi tersebut dimanfaatkan untuk mengubah kandungan CO dan HC yang terdeteksi oleh sensor dan *gas analyzer* dengan memainkan putaran mesin sehingga dengan sumber *exhaust* yang sama didapatkan nilai CO dan HC yang berbeda. Berikut adalah hasil pengujian pembacaan sensor dan *gas analyzer* yang digunakan sebagai acuan kalibrasi:

Tabel 4.1 Kalibrasi alat dengan *gas analyzer*

Percobaan ke	Output analog sensor	Tegangan Sensor (Volt)	Pembacaan <i>Gas analyzer</i>	
			CO (ppm)	HC (ppm)
1	206	1,007	200	37
2	284	1,388	400	62
4	416	2,033	700	66
3	420	2,053	800	73
5	454	2,218	900	90

Berdasarkan tabel *datasheet* sensor TGS 2201 Figaro yang digunakan Elemen II pada sensor sensitif terhadap perubahan gas CO dan HC yang merupakan kandungan utama pada *exhaust* kendaraan bermesin bensin, sedangkan Elemen I sensitif terhadap NO. Oleh karena itu hanya Elemen II sensor yang dimanfaatkan pada penelitian ini. Satu output analog dari elemen sensor akan diubah menjadi dua buah nilai ppm gas berbeda melalui persamaan regresi dengan membandingkan output sensor dengan hasil pembacaan oleh *gas analyzer* masing-masing gas.

### A. Kalibrasi CO

Nilai output analog sensor dibandingkan dengan nilai ppm gas CO yang tertera pada tabel pengambilan data kalibrasi 4.1. Nilai output analog sensor mewakili nilai tegangan keluaran sensor yang bisa dikonversi dengan DAC (*Digital To Analog Conversion*). Board arduino uno memiliki resolusi 10 bit yang berarti mampu membaca keluaran analog sensor dari skala 0 hingga 1023. Nilai tegangan keluaran sensor bisa dihitung dengan persamaan:

$$V_{in} = \frac{ADC}{1023} V_{ref} \dots\dots\dots(6)$$

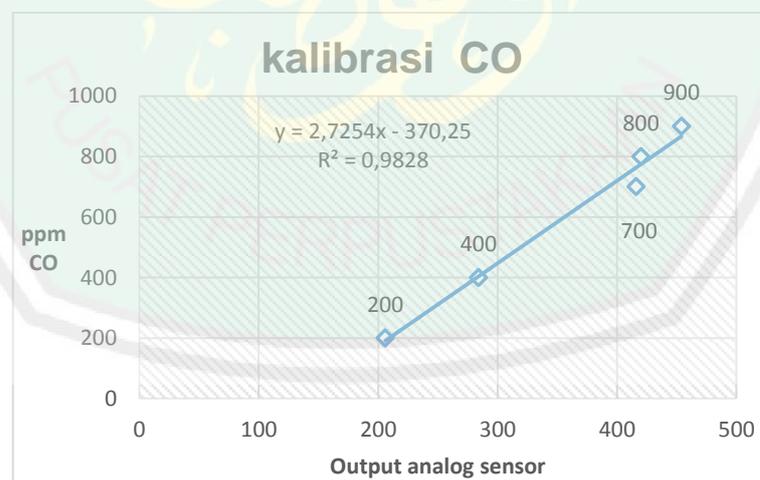
dengan

$V_{in}$  : Tegangan sensor (V)

ADC : Nilai analog sensor

$V_{ref}$  : Tegangan referensi (5V)

Berikut adalah kurva kalibrasi CO:



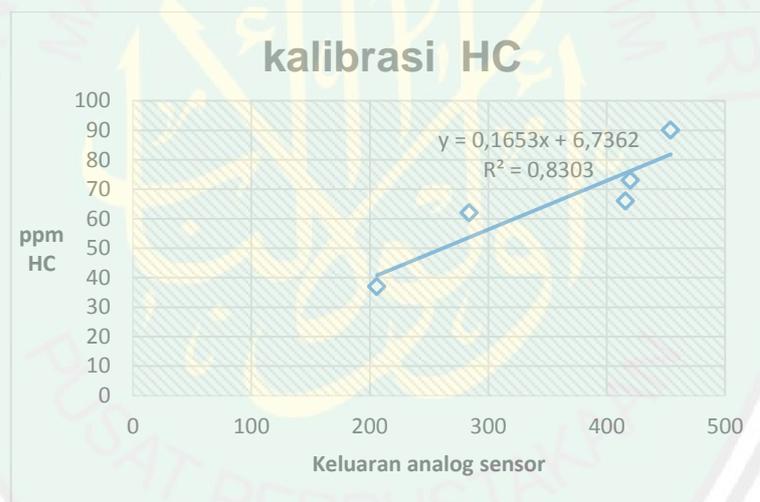
Gambar 4.3 Kurva Kalibrasi CO

Ditampilkan pada kurva kalibrasi diatas hubungan tegangan sensor dan konsentrasi CO. Nilai R merupakan koefisien korelasi dan  $R^2$  adalah koefisien

determinasi. Nilai  $R=1$  menunjukkan hubungan 2 variabel sempurna dan nilai  $R=0$  jika tidak ada hubungan sama sekali antara 2 variabel yang diuji.

### B. Kalibrasi HC

Keluaran sensor pada elemen II TGS 2201 selain sensitif terhadap gas CO juga sensitif terhadap gas HC, sehingga satu keluaran output tegangan yang sama akan diubah menjadi dua nilai ppm yang berbeda. Pembacaan nilai ppm HC pada *gas analyzer* dibandingkan dengan tegangan keluaran sensor yang diwakili oleh output analog sensor untuk dicari persamaan regresinya. Berikut adalah kurva kalibrasi gas HC:

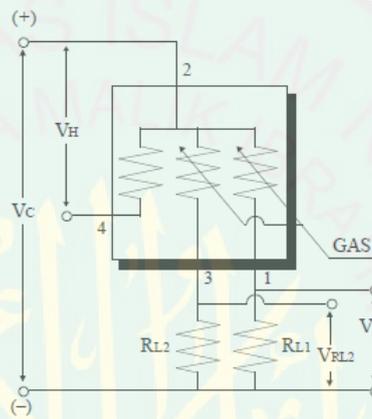


Gambar 4.4 Kurva Kalibrasi HC

### 4.2 Karakteristik Sensitivitas Sensor

Penggunaan sensor TGS 2201 menggunakan prinsip pembagi tegangan untuk tegangan outputnya, ini dikarenakan sensor TGS 2201 merespon kadar HC dan CO pada elemen I dan NO<sub>x</sub> pada elemen II. Terdapat beberapa titik hubungan yaitu VC, VH, GND dan VRL sebagaimana pada gambar rangkaian pengujian sensor. Titik-titik ini mempunyai fungsi masing-masing. V<sub>c</sub> merupakan suplai

tegangan untuk sirkuit sensor dan membutuhkan tegangan DC maksimum 24 volt, tetapi tegangan DC yang di gunakan sebesar 5 Volt DC.  $V_{out}$  merupakan titik output tegangan analog dari sensor.  $R_s$  merupakan resistansi sensor yang akan berubah apabila sensor mendeteksi adanya CO dan HC.  $R_L$  merupakan resistansi beban, yang berfungsi sebagai pembagi tegangan.



Gambar 4.5 Rangkaian pengujian sensor

Dilakukan perhitungan ppm pada tahap ini berdasarkan karakteristik sensor yang dijelaskan di *datasheet*. Sensitifitas sensor didefinisikan sebagai rasio perubahan tahanan sensor  $R_S$  saat terdeteksi gas terhadap tahanan sensor saat udara bersih  $R_O$  atau  $R_S/R_O$ . Sensitifitas sensor berdasarkan hasil perhitungan pada rangkaian dibandingkan dengan sensitifitas sensor pada *datasheet* dan dibuat grafik perbandingannya. Berikut adalah contoh perhitungan nilai  $R_S$  pada pengambilan data 1:

diketahui:

$V_C$  : 5 V  
 $V_{RL}$  : 0,547 V (diukur dengan *analog serial print* arduino)  
 $R_L$  : 10 k $\Omega$

hambatan sensor di udara bersih ( $R_O$ ):

$$\begin{aligned}
 R_0 &= \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \\
 &= \frac{5 - 0,547}{0,547} \times 10 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

$$R_0 = 82,6 \text{ k}\Omega$$

tahanan sensor di lingkungan gas (RS):

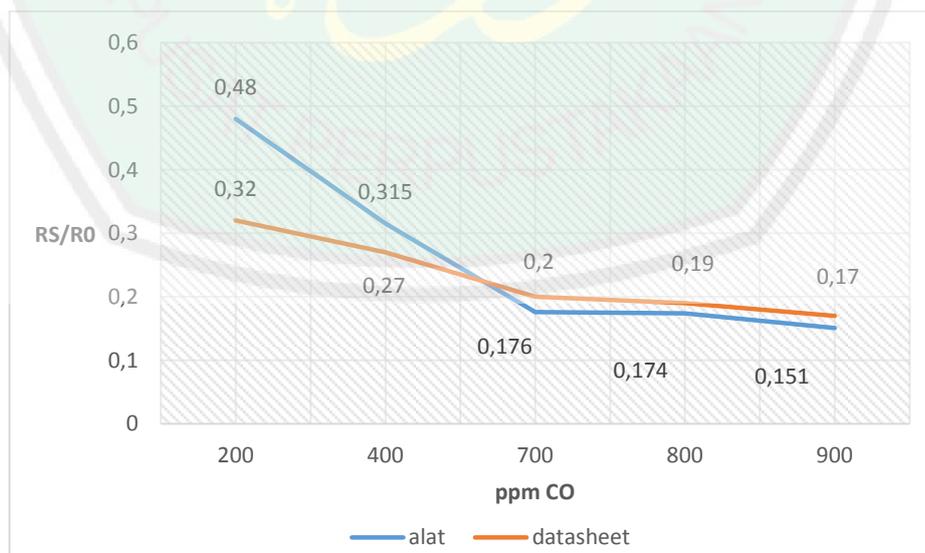
$V_{RL} = 1,007 \text{ V}$  saat terdeteksi CO 200 ppm

$$\begin{aligned}
 R_S &= \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \\
 &= \frac{5 - 1,007}{1,007} \times 10 \text{ k}\Omega \\
 R_S &= 39,65 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

Rasio RS/R0 (untuk 200 ppm CO):

$$\frac{R_S}{R_0} = \frac{39,65}{82,6} = 0,48$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada pengambilan data sampai data ke 5 dan diperoleh grafik hubungan RS/R0 sebagai fungsi ppm gas CO di bawah:



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan karakteristik sensitifitas sensor gas CO

Berdasarkan karakteristik sensitifitas sensor yang terdapat pada *datasheet* dijelaskan bahwa rasio RS/RO sensor mewakili ppm gas yang terdeteksi. Nilai RS/RO berada pada rentang 0-10, semakin tinggi nilai RS/RO semakin kecil nilai ppm gas. Terlihat pada grafik tersebut bahwa sensor yang digunakan dan dikalibrasi menggunakan pembanding *gas analyzer* untuk menentukan nilai ppm nya memiliki karakter sensitifitas yang identik dengan sensitifitas standar sensor yang tertera pada *datasheet*.

#### 4.3 Hasil Pengujian Respon *Buzzer* dan *Servo (Power Windows)*

Dilakukan pengujian alat dengan membandingkan output ppm LCD alat dan ppm dari *gas analyzer*. Selain untuk mengetahui akurasi alat dalam pengukuran tahap ini juga bertujuan untuk mengetahui respon *buzzer* dan *power windows* saat konsentrasi gas melebihi nilai *setpoint*. Berikut adalah tabel hasil pengujian respon *buzzer* dan *power windows*:

Tabel 4.2 Pengujian respon *buzzer* dan *power windows*

Pengujian ke-	Gas CO (ppm)		Gas HC (ppm)		Buzzer	Power windows
	LCD	Gas analyzer	LCD	Gas analyzer		
1	123	100	36	42	Off	Tutup
2	122	100	37	34	Off	Tutup
3	225	200	42	36	On	Buka
4	255	300	41	38	On	Buka
5	170	200	51	64	On	Buka
6	340	300	42	58	On	Buka
7	592	600	58	63	On	Buka
8	712	800	72	74	On	Buka
9	687	600	70	64	On	Buka
10	913	1000	84	104	On	Buka

Nilai *setpoint* didapat dari literatur mengenai ambang batas aman gas CO dan HC bagi kesehatan. Ambang batas aman gas CO terhirup manusia dalam ruangan adalah 200 ppm, nilai tersebut dijadikan *setpoint* gas CO. Sementara kadar HC menurut standar uji emisi bagi kendaraan roda 4 atau lebih adalah 200 ppm, namun pada penelitian ini tidak ditemukan gas HC yang melebihi 200 ppm, sehingga untuk kepentingan mengetahui respon aktuator maka nilai *setpoint* pada penelitian ini untuk gas HC ditetapkan 50 ppm.

Diperlukan waktu untuk merespon perintah dari mikrokontroller ke *power windows* untuk bekerja. Saat terjadi perubahan kadar gas yang melewati nilai ambang *power windows* bergerak naik/turun, waktu yang diperlukan *power windows* untuk bergerak ke posisi terbuka/tertutup dari posisi semula diukur dengan *stopwatch*, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Waktu respon *power windows*

Perubahan gas (ppm)		Posisi awal <i>windows</i>	Posisi akhir <i>windows</i>	Waktu respon (detik)
Awal	Akhir			
CO: 71 HC: 33	CO: 487 HC: 58	Tertutup	Terbuka	2,8
CO: 273 HC: 45	CO: 191 HC: 40	Terbuka	Tertutup	2,3
<i>Setpoint:</i>		CO: 200 ppm HC: 50 ppm		

Terdapat dua output pengukuran yaitu CO dan HC dan dua aktuator yaitu *buzzer* dan *power windows*. Kedua aktuator akan aktif bersamaan saat nilai salah satu gas melebihi *setpoint*, sehingga digunakan logika *OR* dalam pemrograman yang berarti aktuator akan bekerja jika minimal salah satu syarat (*setpoint*) bernilai *TRUE*. Ketika kondisi udara bersih/kadar gas berada di bawah *setpoint*, *buzzer*

dalam posisi *off* dan jendela tertutup. Saat terdeteksi gas di atas nilai ambang maka *buzzer* akan aktif dan jendela terbuka. Kondisi tersebut akan bertahan selama nilai gas masih berada di atas nilai ambang dan aktuator otomatis akan kembali pada kondisi semula saat udara kembali bersih. Dilihat pada tabel di atas respon aktuator bekerja sebagaimana mestinya sesuai dengan kondisi yang dimaksudkan.

Tabel respon aktuator sebelumnya juga dijadikan acuan untuk mengetahui akurasi pengukuran alat. Nilai kesalahan/eror alat tiap pengukuran bisa dihitung dengan persamaan:

$$Kr = \frac{\text{Nilai alat standar} - \text{Nilai alat coba}}{\text{Nilai alat standar}} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Ketelitian} = 100\% - Kr$$

$$Kr = \text{Kesalahan/eror}$$

Didapat nilai eror pada pengambilan data sebagaimana pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Kesalahan pengukuran alat

Gas CO (ppm)		Eror (%)	Gas HC (ppm)		Eror (%)
LCD	Gas analyzer		LCD	Gas analyzer	
123	100	23	36	42	14,28571
122	100	22	37	34	8,823
225	200	12,5	42	36	16,67
255	300	15	41	38	7,894
170	200	15	51	64	20,3125
340	300	13,3	42	58	27,58621
592	600	1,3	58	63	7,936508
712	800	11	72	74	2,702703
687	600	14,5	70	64	9,375
913	1000	8,7	84	104	19,23077
<b>Eror rata-rata (%)</b>		14,3	<b>Eror rata-rata (%)</b>		13,48164

#### 4.4 Hasil Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kinerja perangkat keras secara terpisah dan keseluruhan yang meliputi pengujian rangkaian sensor, *board* arduino uno, *buzzer*, LCD, motor servo dan pengujian secara keseluruhan.

Pengujian sensor gas TGS 2201 dilakukan dengan memasang sensor pada rangkaian pengujian dasar sensor yang ada pada bab sebelumnya. Sensor ini membutuhkan tegangan kerja sirkuit ( $V_c$ ), tegangan pemanas ( $V_h$ ), dan tahanan beban ( $R_L$ ). Kinerja sensor TGS 2201 harus menurut spesifikasi sebagai berikut:

$$V_c = 5 \text{ V DC}$$

$$V_h = 5 \text{ V DC}$$

$$R_L = 10 \text{ K}\Omega$$

Respon keluaran sensor dapat dilihat dari fitur *analog serial print* pada arduino yang menampilkan output analog sensor yang memiliki resolusi 10 bit yang berarti mampu membaca dari skala 0-1023. Nilai output tersebut mewakili tegangan sensor sebagai respon terhadap gas uji. Berikut adalah hasil pengujian keluaran sensor dengan menggunakan *analog serial print* arduino:

Tabel 4.5 Pengujian rangkaian sensor dengan *analog serial print* arduino

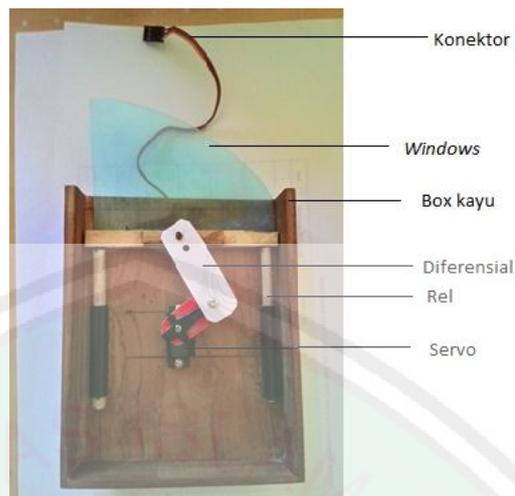
No	Kondisi pengujian	Nilai analog sensor (0-1023)
1	Udara bersih	112
2	Paparan asap rokok	515
3	Asap mobil	545
4	Asap motor 1	582
5	Asap motor 2	564
6	Asap motor 3	578

Keluaran sensor menunjukkan respon terhadap gas uji yang mengandung gas CO dan HC, saat udara bersih keluaran sensor berada menunjukkan nilai 112 yang akan bertambah nilainya saat sensor dipapari gas sampel. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian sensor bekerja sesuai dengan kondisi yang diharapkan.

Pengujian *board* arduino dilakukan dengan meng-*upload* program *blink* (nyala-matikan LED secara periodik). Proses ini akan menguji apakah *board* arduino bisa bekerja sebagaimana mestinya. Pengujian yang dilakukan pada *board* arduino uno yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan program berhasil di-*upload* dan program *blink* berjalan yang berarti papan arduino siap digunakan untuk program selanjutnya.

Output LED pada arduino yang berada pada pin 13 disambungkan dengan kaki positif pada *buzzer* yang akan menguji kinerja *buzzer*. Pin 13 sebagai pin output digital yang memberi logika 1 (*TRUE*) dan 0 (*FALSE*). Hasil pengujian menunjukkan *buzzer* aktif saat diberi logika 1 dan mati saat logika 0 yang menunjukkan *buzzer* siap digunakan.

Motor servo pada penelitian ini bekerja sebagai aktuator yang gerakan rotasinya diubah menjadi gerakan naik turun yang mewakili sistem kerja *power windows*. Posisi 0 derajat di-*setting* menjadi kondisi kaca terbuka (*down*), sementara posisi 180 derajat sebagai kondisi kaca tertutup (*up*). Berikut adalah gambar sistem mekanik motor servo sebagai *power windows* yang digunakan:



Gambar 4.7 Sistem mekanik motor servo

Konektor berfungsi untuk menyambungkan servo dengan arduino, *box* kayu untuk menopang komponen, diferensial berfungsi untuk mengubah gerakan rotasi servo menjadi gerakan naik turun dan servo sebagai penggerak. Sistem mekanik perlu diuji kinerjanya dengan meng-*upload* program sederhana pada arduino yang terhubung dengan servo. Berikut adalah hasil pengujian sistem mekanik servo:

Tabel 4.6 Pengujian respon sistem mekanik servo

No	Perintah pada program	Respon servo	Windows
1	Servo.write (0)	Posisi 0 derajat	Buka
2	Servo.write (180)	Posisi 180 derajat	Tutup
3	Program gerak naik turun ( <i>Sweep</i> )	Gerak dari 0 ke 180 derajat dan sebaliknya secara periodik	Naik- turun periodik

Tabel di atas menunjukkan bahwa sistem mekanik motor servo telah bekerja baik dari segi program maupun dukungan sistem mekanik yang terintegrasi.

Pengujian dilanjutkan dengan uji LCD *keypad shield*. Selain menguji tampilan LCD berdasarkan perintah tahap ini juga bertujuan menguji keluaran

nilai analog dari masing-masing *button* yang tersedia pada LCD. Dilakukan *upload* program sederhana yang tersedia pada program *example* pada arduino untuk menguji tampilan LCD. *Keypad* yang tersedia pada LCD adalah rangkaian pembagi tegangan yang terhubung dengan input analog pin A0 arduino sehingga saat. Rangkaian pembagi tegangan yang dimaksud seperti pada gambar 2.15 pada bab sebelumnya akan menghasilkan masukan analog berbeda saat masing-masing tombol ditekan karena masing-masing *button* terhubung dengan resistor yang berbeda pada rangkaian. Nilai masukan *button* pada pin A0 dijadikan syarat eksekusi program yang diberikan. Pengujian nilai analog masing-masing *button* dilakukan dengan fasilitas *analog serial print* pada arduino yang akan membaca nilai masing-masing *button* saat ditekan. Berikut adalah hasil pengujian LCD *keypad shield*:

Tabel 4.7 Pengujian LCD *keypad shield*

Pengujian tampilan LCD		
No	Perintah program	Tampilan LCD
1	lcd.print (“Nurr Azizz”)	Nurr Azizz
2	autoscroll	Angka berjalan 0-9 dari kanan ke kiri
3	Blink cursor	kursor berkedip
4	Millis (time counter)	Hitungan waktu per 1000 ms sejak LCD aktif
Pembacaan nilai analog button		
No	Button	Pembacaan serial monitor (0-1023)
1	Select	718
2	Left	478
3	Right	0
4	Up	131
5	down	308



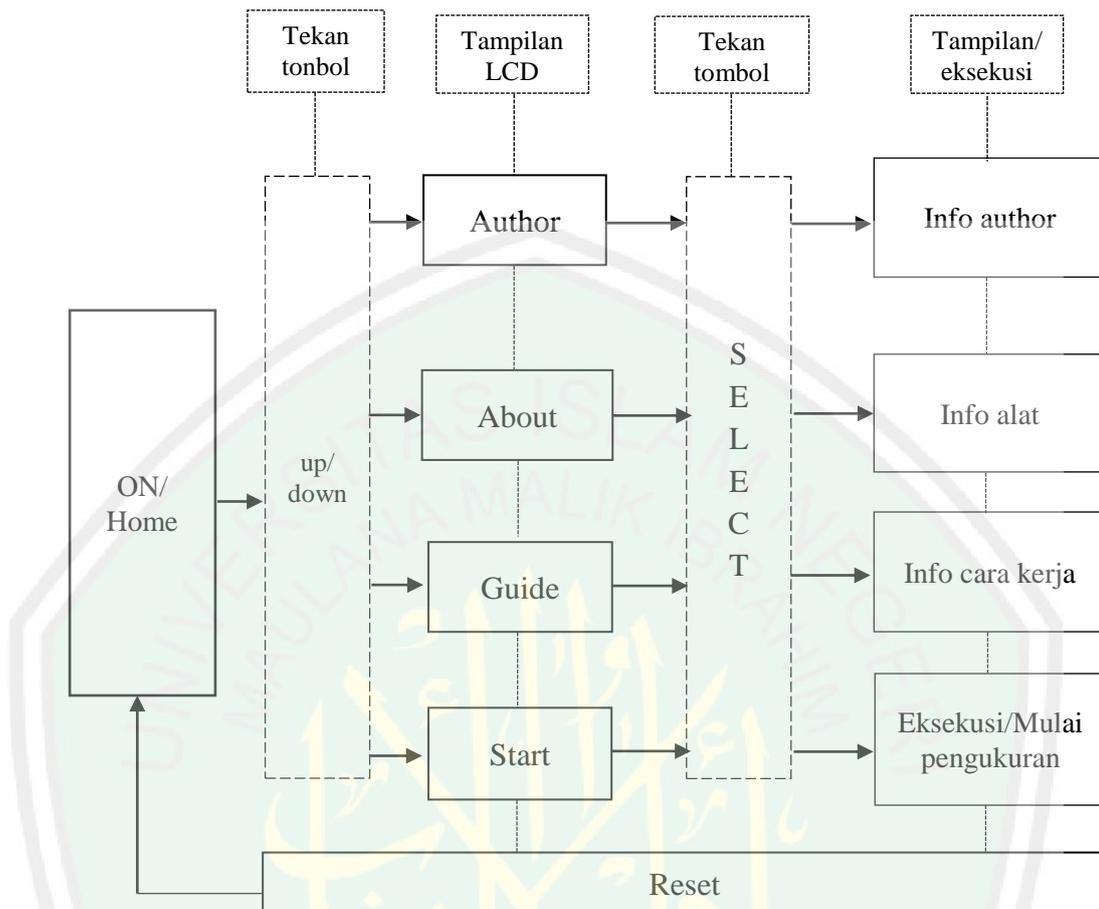
Gambar 4.8 Pengujian LCD *keypad shield*

Tabel dan gambar pengujian di atas menunjukkan LCD *keypad shield* yang digunakan telah berfungsi sesuai kondisi yang diharapkan baik dari tampilan LCD maupun *button* yang tersedia.

#### 4.5 Hasil Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Pengujian perangkat lunak terkonsentrasi pada navigasi menu, karena pada tahap itulah seluruh kinerja komponen dikendalikan. Ketika pertama kali dinyalakan alat tidak langsung menampilkan kadar gas melainkan menampilkan tampilan utama/*home*. *Option* pada *home* bisa dipilih menggunakan *keypad up* dan *down* termasuk *option* untuk memulai pengukuran.

Selain digunakan untuk masuk ke mode pengukuran menu yang dibuat juga dibuat untuk menampilkan informasi mengenai pengarang (*author*), selayang pandang alat (*about*), dan cara menggunakan alat (*guide*). Perintah pengukuran akan berjalan saat ditekan *button select* pada *option* “start” dan berakhir hanya saat tombol *reset* ditekan. Hal itu berlaku juga untuk tampilan info mengenai *author*, *guide*, dan *about*. Secara keseluruhan perangkat lunak yang rancang dan diterjemahkan dalam program untuk di-*upload* pada papan arduino berjalan sebagaimana mestinya. Berikut adalah hasil pembuatan navigasi menu:



Gambar 4.9 Hasil pengujian navigasi menu

#### 4.6 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Sistem keseluruhan merupakan hasil perancangan yang terdiri perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi serta siap digunakan untuk melakukan pengukuran. Berikut adalah bentuk fisik alat yang dibuat:



Gambar 4.10 Tampilan fisik alat dipasang pada kabin

Perangkat utama alat yang terdiri dari sensor, *buzzer*, papan arduino, PCB hasil rancangan, LCD dan indikator LED berada pada satu kesatuan yang *portable* dan dapat dipasang pada kabin menggunakan *smartphone car holder*, sementara sistem mekanik *servo/power windows* berada pada posisi terpisah dari alat utama. Secara keseluruhan alat yang dirancang bekerja sebagaimana mestinya sehingga didapatkan nilai ppm gas CO dan HC yang tersaji pada subbab sebelumnya.

Sumber tegangan yang dipakai alat ini saat dipasang di dalam mobil berasal dari adaptor yang dipasang pada *socket* catu daya yang tersedia di kabin. Adaptor 12/24 VDC to 5 VDC untuk mobil banyak tersedia di pasaran karena bermanfaat untuk melakukan *charging* pada berbagai *gadget* sebagaimana yang dipakai pada penelitian ini. Tegangan keluaran dari adaptor yang digunakan pada penelitian ini diuji dahulu kestabilannya. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran adaptor menggunakan *multimeter* dengan variasi pengaktifan beberapa komponen kelistrikan pada mobil. Berikut adalah hasil pengujian adaptor:

Tabel 4.8 Pengujian tegangan adaptor

NO	Kondisi pengujian	Tegangan (volt)	
		<i>idle</i>	Akselerasi
1	Bebas beban	5,11	5,12
2	AC	4,95	5,00
3	Klakson	5,11	5,11
4	Lampu utama	5,12	5,12
5	Radio	5,12	5,11
6	AC + klakson	5,10	5,05
7	AC + Lampu Utama	5,02	5,12
8	AC + Radio	5,00	5,10
9	AC + klakson + lampu utama	5,12	5,10

Tegangan adaptor pada pengujian di atas menunjukkan nilai yang cenderung stabil meskipun komponen kelistrikan pada mobil aktif sehingga dinilai layak untuk dijadikan sumber tegangan arduino beserta komponen lain pada penelitian ini.

#### 4.7 Integrasi dengan al-Qur'an

Seluruh fenomena alam yang terjadi di jagat raya telah di-nash kan dalam al-Qur'an. Hakikatnya ilmu pengetahuan berasal dari Tuhan pencipta Alam yang berupa wahyu, alam semesta beserta hukum yang ada di dalamnya, manusia dengan perilakunya dalam kehidupannya, pemikiran dan pemahamannya serta seluruh ciptaan-Nya. Dengan demikian pencipta ilmu pengetahuan adalah Tuhan dan yang menemukan ilmu pengetahuan tersebut adalah manusia. Atas dasar pandangan ini kita memahami bahwa dari sekian banyak ilmu.

Udara merupakan salah satu kenikmatan yang diberikan Allah Swt kepada manusia. Selain untuk bernafas udara juga bisa diolah dan digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan manusia bermanfaat. Udara disini bukan hanya oksigen, tapi juga berbagai unsur lain yang berbentuk gas/fluida. Telah dijelaskan dalam al-Qur'an mengenai udara dalam QS al-Jatsiyah ayat 5:

وَاخْتَلَفِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ رِزْقٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ آيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

*“Dan pada pergantian malam dan siang dan hujan yang diturunkan Allah dari langit lalu dihidupkan-Nya dengan air hujan itu bumi sesudah matinya; dan pada perkisaran angin terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berakal.” (QS.al-Jatsiyah: 5).*

Dijelaskan oleh ayat di atas bahwasanya terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah yang terdapat pada “perkisaran angin”. Udara yang bisa dikategorikan sebagai “angin” merupakan salah satu ciptaan-Nya yang dapat dipelajari oleh manusia.

Proses pernapasan yang dilakukan manusia, hewan, dan tumbuhan mutlak membutuhkan udara. Saat ayat tersebut diturunkan diasumsikan udara masih bersih dan belum dipelajari manfaat serta bahayanya dalam kondisi tertentu. Seiring perkembangan jaman dan kemajuan teknologi udara yang berupa fluida/gas lebih luas penggunaannya. Selain memiliki dampak positif hal tersebut juga menyebabkan salah satu dampak buruk yakni tercemarnya udara sekitar.

Berbagai aktifitas yang menyebabkan pencemaran udara telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dampak pencemaran udara tidak hanya dirasakan oleh manusia, namun juga makhluk-Nya yang lain seperti hewan dan tumbuhan. Sebisamungkin manusia mengurangi atau mencegah terjadinya pencemaran udara. Selain itu manusia juga harus menjaga diri dari dampak pencemaran udara. Melalui penelitian ini penulis berusaha untuk berkontribusi melaksanakan hal tersebut dengan membuat alat hasil perancangan. Karbon monoksida yang merupakan salah satu “produk” dari pencemaran udara adalah gas berbahaya yang harus dicegah agar tidak ikut tercampur dalam udara pernapasan karena akibat terburuk bisa menyebabkan kematian.

Bagi orang beriman, iman dan ilmu harus seimbang. Iman merupakan setir atau kompas sehingga orang beriman tidak kehilangan arah, dan tidak akan melupakan Tuhan penciptanya. Kemajuan ilmu pengetahuan dan pesatnya peradaban di dunia bagi umat mukmin tidaklah melupakan dirinya untuk mempersiapkan bekal kehidupan yang kekal di akhirat. Ukuran sebuah kemajuan umat mukmin tidak dilihat hanya pada sisi peradaban dunia belaka, tapi bagaimana kehidupan mereka sekaligus dapat menjalankan ajaran agamanya (mengikuti Al-Qur'an dan Sunnah) di samping kemajuan di dunia.

Sebagai seorang Mukmin sudah selayaknya untuk mengamalkan perintah al-Qur'an. Selain menjelaskan tentang kerusakan alam, al-Quran juga menjelaskan tentang bagaimana sikap seorang muslim terhadap kerusakan alam. Dijelaskan dalam QS. al-Qashash ayat 27:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

*“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”* (QS.al-Qashash: 77).

Sangat jelas disebutkan pada ayat tersebut bahwa manusia dilarang untuk berbuat kerusakan dimuka bumi. Manusia sebagai khalifah di muka bumi harus mampu menjaga kelestarian alam demi kelangsungan hidup mahluk hidup di dalamnya. Sebagai contoh umat muslim harus bijak dalam penggunaan kendaraan bermotor yang menghasilkan polusi, tidak menggunakan kendaraan bermotor jika melakukan aktifitas yang kurang berfaedah, sebisa mungkin menggunakan kendaraan umum, atau menggunakan sepeda pancal jika jarak yang ditempuh relatif dekat. Jika setiap orang beranggapan demikian dan melakukan hal itu mulai dari diri sendiri tentunya akan berdampak besar terhadap masalah polusi udara. Hal yang lebih besar lagi yang mungkin bisa dilakukan adalah dengan menciptakan teknologi ramah lingkungan sehingga masalah pencemaran bisa diminimalisir.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang didapat pada penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Telah dibuat alat untuk mengukur kadar gas CO dan HC pada kabin mobil yang dikalibrasi dengan *gas analyzer*. Rasio RS/R0 bernilai 0,48 saat terdeteksi 200 ppm CO dan 0,151 saat terdeteksi 900 ppm CO yang mewakili nilai ppm *minimum* dan *maximum* pengambilan data. Sensitivitas rangkaian sensor hasil rancangan identik dengan karakter sensitivitas sensor pada *datasheet*. Nilai error rata-rata pembacaan sensor dibandingkan dengan *gas analyzer* adalah 14,3 persen untuk gas CO dan 13,48 persen untuk HC.
2. Aktuator pada penelitian ini terdiri dari *buzzer* dan *servo/power windows* yang kinerjanya bergantung pada output nilai ppm alat. Saat kadar gas uji melebihi nilai *setpoint*, *buzzer* aktif dan *power windows* membuka. Sebaliknya, saat udara yang terdeteksi kembali bersih *buzzer* akan *off* dan kaca akan menutup kembali secara otomatis.

### 5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman pada penelitian ini disarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Digunakan alat pembanding yang memiliki jangkauan pengukuran yang sepadan dengan jangkauan pengukuran sensor.

2. Digunakan alat pebanding yang tidak hanya mampu mendeteksi CO dan HC, tapi juga NO<sub>x</sub> sehingga dua elemen sensor yang tersedia bisa dimanfaatkan sekaligus sebagai sistem monitoring yang akurat
3. Bila memungkinkan pengujian dilakukan di dalam kabin mobil langsung agar kondisi pengujian alat benar-benar mewakili kondisi lingkungan saat alat digunakan.
4. Digunakan *power windows* asli sebagai aktuator.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, Muhammad. 2007. *Peradaban Sains Dalam Islam*. Makalah publikasi KEMENAG Sumsel
- Arif, Masykur. 2014. *Titik Temu Sains dan Islam (Kajian atas Pemikiran Naquib Al-Attas dan Amin Abdullah)*. Tesis. Program Pascasarjana UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Daryanto. 2004. *Masalah Pencemaran*. Bandung: Tarsito
- Ghulsyani, Mahdi. 2001. *Filsafat-Sains menurut al-Qur'an*. Bandung: Mizan
- Karatadinata, S. 1989. *Kualifikasi Profesional Petugas Bimbingan Indonesia: Kajian Psikologis*. Makalah pada Konvensi 7 IPBI, Denpasar
- Kristiana, Ervin. 2011. *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Bermotor*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Masruri, H.D dan Rossidy, Imron. 2007. *Filsafat Sains dalam Al-Qur'an: Melacak Kerangka Dasar Integrasi Ilmu dan Agama*. Malang: UIN-Malang Press
- Mukono, H.J. 2006. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan Edisi Kedua*. Surabaya: Airlangga University Press
- Mukono, H.J. 2003. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press
- Perdana, Anggit dkk. 2013. *Purwarupa Sistem Pemantau dan Peringatan Kadar Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Kabin Mobil Berbasis Mikrokontroller ATMEGA 8*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang: Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Nebart, evert. 2014. *Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO Dan CO2 di Lingkungan Industri*. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer (2014), ISSN : 2301-8402
- Nugroho, S. 2009. *Analisis Kualitas Udara di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Tahun 2002-2008 Sebagai Sumber Belajar Siswa Kelas VII SLTP/MTs*.

- Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Qardhawi, Yusuf. 1998. *Al-Qur'an berbicara tentang akal dan ilmu pengetahuan*. Jakarta: Gema Insani
- Silalahi, Aripin. 2011. *Penentuan Kadar Gas Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Menggunakan Sensor Gas Semikonduktor TGS 2201*. Tesis. Medan: Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Sudarsono, Rohadi. 2005. *Ilmu dan Teknologi dalam Islam*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Sugiarti, 2009. *Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia*. Jurnal Chemica Vo/. 10 Nomor 1 Juni 2009, 50-58
- Susanta G, dan S Sutjaha 2007 *Akankah Indonesia tenggelam akibat pemanasan global?*. Jakarta: Penebar plus
- <http://forum.researchdesignlab.com/datasheet/mq7> (diunduh 12 Januari 2016 09:12 WIB)
- <http://www.tribunnews.com/otomotif/2014/04/15/jumlah-kendaraan-di-indonesia-capai-104211-juta-unit> (diunduh 2 Januari 2016 21:00 WIB)
- <http://muslimfiqih.blogspot.co.id/2015/05/kumpulan-hadist-nabi-tentang-menuntut-ilmu.html> (diunduh 27 Januari 2016 13:00 WIB)
- <http://ibnukatsironline.blogspot.co.id/2015/09/tafsir-surat-ar-rum-ayat-41-42.html>
- <https://ultrawomen.wordpress.com/2010/02/15/hidrokarbon-hc/> (diunduh 28 Januari 2016 22:14 WIB)
- [http://mbasyarazzuhri.blogspot.co.id/2014/12/dampak-pemakaian hidrokarbon.html](http://mbasyarazzuhri.blogspot.co.id/2014/12/dampak-pemakaian-hidrokarbon.html) (diunduh 28 Januari 2016 16:24 WIB)
- <https://rumaysho.com/634-nikmat-sehat-dan-waktu-luang-yang-membuat-manusia-tertipu.html> (diunduh 03 juni 2016, 08:51 WIB)
- <http://www.kompasiana.com/perwiraHenri/mari-mensyukuri-nikmat-sehat-dengan-baik-dan-benar> (diunduh 03 juni 2016, 09:09 WIB)
- <http://www.kompasiana.com/muhdidiharyono/integrasi-keilmuan-antara-sains-dan-islam> (diunduh 27 Juni 2016, 22:47 WIB)

The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG" in a light green, sans-serif font, curved along the top and sides. In the center, there is a yellow calligraphic emblem. At the bottom, the text "PUSAT PERPUSTAKAAN" is written in a light green, sans-serif font, curved along the bottom edge.

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN

### A. Perhitungan tegangan sensor berdasarkan *serial analog read* arduino pada tabel 4.1

$$\begin{aligned} 1. \text{ Vin} &= \frac{\text{ADC}}{1023} V_{\text{ref}} \\ &= \frac{206}{1023} 5 \text{ V} \\ &= 1,007 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Vin} &= \frac{\text{ADC}}{1023} V_{\text{ref}} \\ &= \frac{284}{1023} 5 \text{ V} \\ &= 1,388 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Vin} &= \frac{\text{ADC}}{1023} V_{\text{ref}} \\ &= \frac{416}{1023} 5 \text{ V} \\ &= 2,033 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Vin} &= \frac{\text{ADC}}{1023} V_{\text{ref}} \\ &= \frac{420}{1023} 5 \text{ V} \\ &= 2,053 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \text{ Vin} &= \frac{\text{ADC}}{1023} V_{\text{ref}} \\ &= \frac{454}{1023} 5 \text{ V} \\ &= 2,218 \text{ V} \end{aligned}$$

### B. Perhitungan nilai RS/R0 pada grafik gambar 4.9

$$\begin{aligned} 1. R_s &= \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \\ &= \frac{5 - 1,007}{1,007} \times 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$R_s = 39,65 \text{ k}\Omega$$

$$\begin{aligned} \frac{R_s}{R_0} &= \frac{39,65}{82,6} \\ &= 0,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. R_s &= \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \\ &= \frac{5 - 1,388}{1,388} \times 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$R_s = 26,02 \text{ k}\Omega$$

$$\begin{aligned} \frac{R_s}{R_0} &= \frac{26,02}{82,6} \\ &= 0,315 \end{aligned}$$

$$3. RS = \frac{VC - VRL}{VRL} RL$$

$$= \frac{5 - 1,388}{1,388} \times 10 \text{ k}\Omega$$

$$RS = 14,59 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{RS}{R0} = \frac{14,59}{82,6}$$

$$= 0,176$$

$$5. RS = \frac{VC - VRL}{VRL} RL$$

$$= \frac{5 - 2,218}{2,218} \times 10 \text{ k}\Omega$$

$$RS = 12,543 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{RS}{R0} = \frac{12,543}{82,6}$$

$$= 0,151$$

$$4. RS = \frac{VC - VRL}{VRL} RL$$

$$= \frac{5 - 2,053}{2,053} \times 10 \text{ k}\Omega$$

$$RS = 14,354 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{RS}{R0} = \frac{14,354}{82,6}$$

$$= 0,174$$

### C. Perhitungan Nilai eror pada tabel 4.3

$$Kr = \frac{\text{Nilai alat standar} - \text{Nilai alat coba}}{\text{Nilai alat standar}} \times 100 \%$$

#### - Error CO

$$1. Kr = \frac{123 - 100}{100} \times 100 \%$$

$$= 23\%$$

$$2. Kr = \frac{122 - 100}{100} \times 100 \%$$

$$= 22\%$$

$$3. Kr = \frac{225 - 200}{200} \times 100 \%$$

$$= 12,5 \%$$

$$4. Kr = \frac{255 - 200}{200} \times 100 \%$$

$$= 15 \%$$

$$5. Kr = \frac{170 - 200}{200} \times 100 \%$$

$$= 15 \%$$

$$6. Kr = \frac{340 - 300}{300} \times 100 \%$$

$$= 13,3 \%$$

$$7. Kr = \frac{592 - 600}{600} \times 100 \%$$

$$= 1,33\%$$

$$8. Kr = \frac{712 - 800}{800} \times 100 \%$$

$$= 11 \%$$

$$9. Kr = \frac{687 - 600}{600} \times 100 \%$$

$$= 14,5 \%$$

$$10. Kr = \frac{913 - 900}{900} \times 100 \%$$

$$= 8,7 \%$$

- **Error HC**

$$1. \text{ Kr} = \frac{42 - 36}{42} \times 100 \% \\ = 14,28 \%$$

$$2. \text{ Kr} = \frac{37 - 34}{34} \times 100 \% \\ = 8,82\%$$

$$3. \text{ Kr} = \frac{42 - 36}{36} \times 100 \% \\ = 16,67 \%$$

$$4. \text{ Kr} = \frac{41 - 38}{38} \times 100 \% \\ = 7,89 \%$$

$$5. \text{ Kr} = \frac{64 - 51}{64} \times 100 \% \\ = 20,3 \%$$

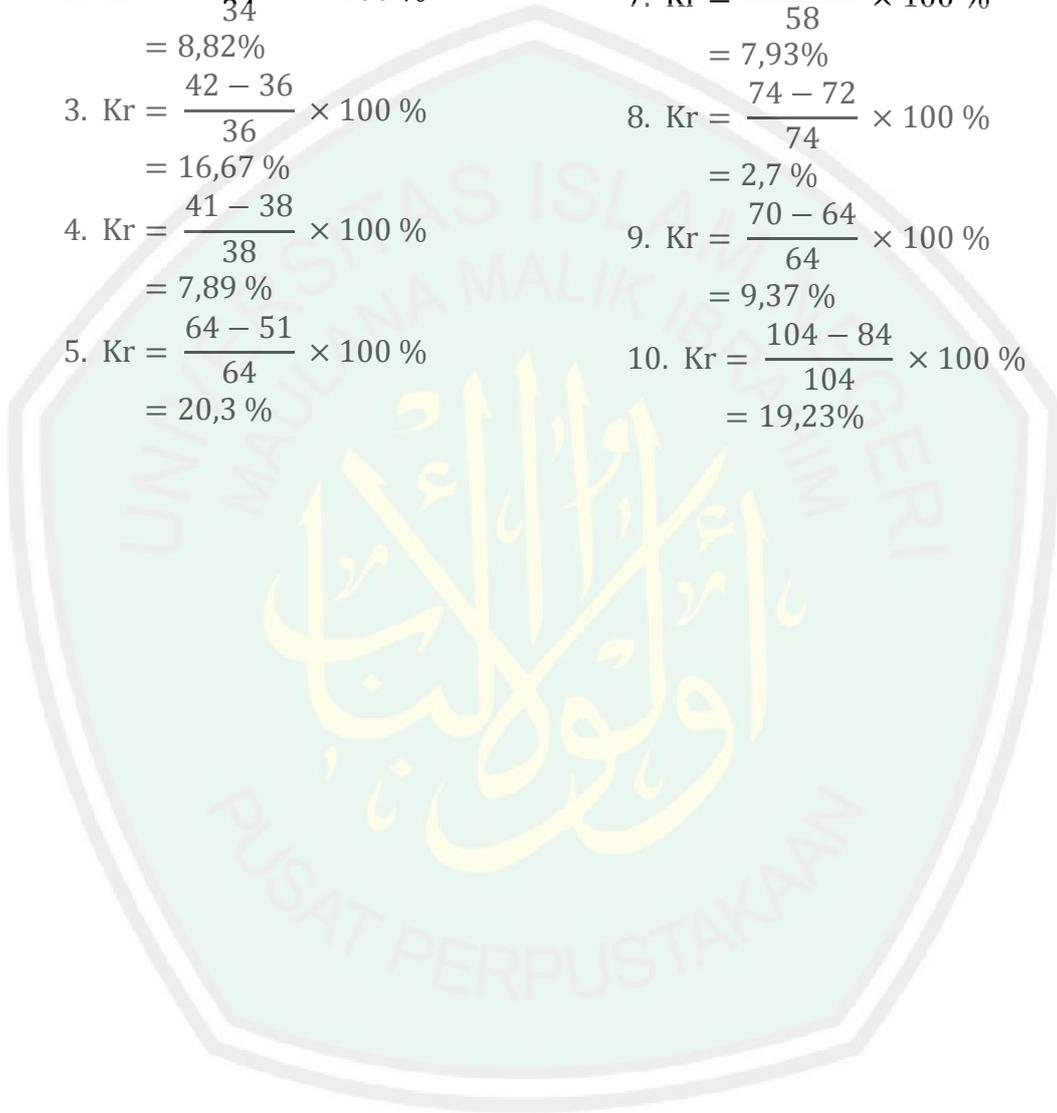
$$6. \text{ Kr} = \frac{58 - 42}{58} \times 100 \% \\ = 27,58 \%$$

$$7. \text{ Kr} = \frac{63 - 58}{58} \times 100 \% \\ = 7,93\%$$

$$8. \text{ Kr} = \frac{74 - 72}{74} \times 100 \% \\ = 2,7 \%$$

$$9. \text{ Kr} = \frac{70 - 64}{64} \times 100 \% \\ = 9,37 \%$$

$$10. \text{ Kr} = \frac{104 - 84}{104} \times 100 \% \\ = 19,23\%$$



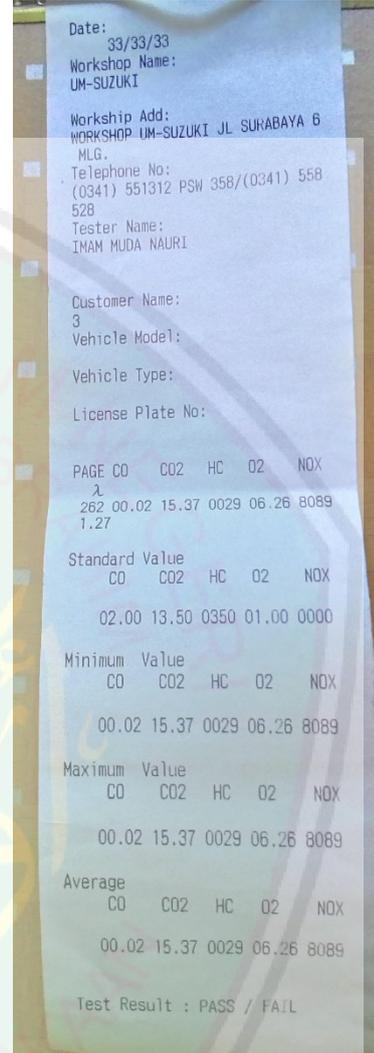
## Lampiran 2 Gambar Pengambilan Data



Gambar 1 Persiapan alat

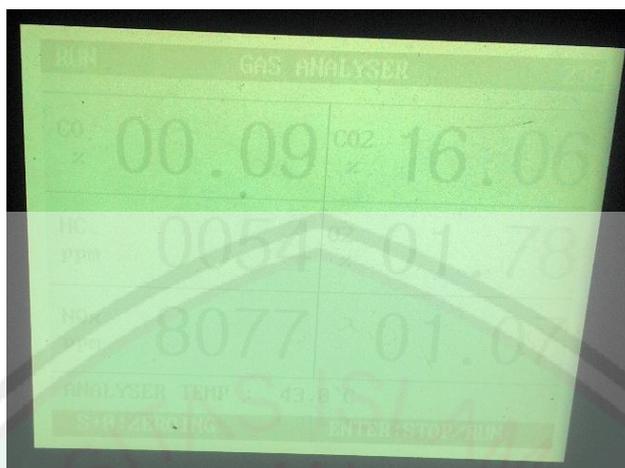


Gambar 2 Uji Coba alat dalam kabin



Gambar 5 print out hasil





Gambar 4. Pembacaan ppm gas analyzer



Gambar 4 Tempat uji coba dan pengambilan data



Gambar 5 Tampilan alat keseluruhan

### Lampiran 3 Kode program/Sketch

```
// inisiasi PIN
int sensorPin2 = A1; // input elemen 2 TGS 2201 -- CO & HC --
int sensorPin1 = A2; // Input elemen 1 TGS 2201 -- NOx --
int buzzerPin = 0; // pin Buzzer
int redPin = 2; // pin LEDred
int greenPin = 1; // pin LEDgreen
int sensorValue1 = 0; // Nilai awal sensor
int sensorValue2 = 0;
int pos = 0; // posisi servo

//States for the menu.
int currentMenuItem = 0;
int lastState = 0;

#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
#include <Servo.h>
Servo myservo;

void setup() {
  //TAMPILAN AWAL LCD
  lcd.begin(16, 2);
  clearPrintTitle();
  myservo.attach(3);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  pinMode (redPin, OUTPUT);
  pinMode (greenPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  //Call the main menu.
  mainMenu();
}

void mainMenu() {
  //State = 0 every loop cycle.
  int state = 0;
  //Refresh the button pressed.
  int x = analogRead (0);
  //Set the Row 0, Col 0 position.
  lcd.setCursor(0,0);

  //Cek nilai analog button A0
  if (x < 100) {
    //Right
```

```

} else if (x < 200) {
//Up
state = 1;
} else if (x < 400){
//Down
state = 2;
} else if (x < 600){
//Left
} else if (x < 800){
//Select
state = 3;
}

//Jika keluar jangkauan akan direset.
if (currentMenuItem < 0 || currentMenuItem > 4) {
currentMenuItem = 0;
}

//Mengubah index
if (state != lastState) {
if (state == 1) {
//If Up
currentMenuItem = currentMenuItem - 1;
displayMenu(currentMenuItem);
} else if (state == 2) {
//If Down
currentMenuItem = currentMenuItem + 1;
displayMenu(currentMenuItem);
} else if (state == 3) {
//If Selected
selectMenu(currentMenuItem);
}
}
//Simpan pernyataan terakhir
lastState = state;
}
//Small delay
delay(5);
}

```

//Display Menu Option based on Index.

```

void displayMenu(int x) {
switch (x) {
case 1:
clearPrintTitle();
lcd.print ("-> About");
break;
case 2:

```

```

    clearPrintTitle();
    lcd.print ("-> Author");
    break;
case 3:
    clearPrintTitle();
    lcd.print ("-> Guide");
    break;
case 4:
    clearPrintTitle();
    lcd.print ("-> Start");
    break;
}
}
//Print a basic header on Row 1.
void clearPrintTitle() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print ("*Ahlan Wasahlan*");
    lcd.setCursor(0,1);
}
void pengukuran(){
    lcd.clear();
    sensorValue1 = analogRead(sensorPin2);
    sensorValue2 = analogRead(sensorPin1);
    int ppmCO = (sensorValue1*2.726)-370.25;
    int ppmHC = (sensorValue1*0.1653)+6.74;
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print ("CO:");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print ("HC:");
    lcd.setCursor (13,1);
    lcd.print ("ppm");
    lcd.setCursor (13,0);
    lcd.print ("ppm");
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print (ppmCO);
    if (ppmCO < 40){
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("0 ");
    }
    else if (ppmCO > 1000){
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("1000");
    }
    lcd.setCursor (3,1);
    lcd.print (ppmHC);
    if (ppmHC <=30 ){

```

```

    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print ("0 ");
  }
  delay (50);

if (ppmCO >= 200 || ppmHC >=50) {
  digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
  delay(30);
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(redPin, HIGH);
  digitalWrite(greenPin, LOW);
  myservo.write(180);
}

else if (ppmCO < 200 && ppmHC <50){
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);
  digitalWrite(redPin, LOW);
  digitalWrite(greenPin, HIGH);
  myservo.write(10);
}
}

//Show the selection on Screen.
void selectMenu(int x) {
  switch (x) {
    case 1:
      lcd.clear();
      lcd.print(">>Automatic Ventilation Control<<");
      delay(1000);
      for (int positionCounter = 0; positionCounter < 18; positionCounter++) {
        // scroll one position left:
        lcd.scrollDisplayLeft();
        // wait a bit:
        delay(300);
      }
      delay(500);
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("deteksi gas CO dan HC pada kabin mobil");
      delay(1000);
      for (int positionCounter = 0; positionCounter < 24; positionCounter++) {
        // scroll one position left:
        lcd.scrollDisplayLeft();
        // wait a bit:
        delay(300);
      }
      delay(500);

```

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Buzzer ON & Windows DOWN if high GAS");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 22; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
break;
case 2:
lcd.clear();
lcd.print("Purwarupa ini dikembangkan oleh:");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 18; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
delay(500);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("M. NUR AZIZ 11640023, FISIKA UIN MALANG");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 24; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
break;
case 3:
lcd.clear();
lcd.print("1. Pasang alat dengan Car Holder/lainnya");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 24; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("2. Sambung dengan port USB/power DC 5V");

```

```

delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 22; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("3. pilih menu start untuk mulai");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 20; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("4. Tunggu display LCD 0 ppm CO & HC");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 22; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("5. Alat Siap digunakan");
delay(1000);
for (int positionCounter = 0; positionCounter < 14; positionCounter++) {
// scroll one position left:
lcd.scrollDisplayLeft();
// wait a bit:
delay(300);
}
break;
case 4:
while(1){
pengukuran();
}
}
}
}

```



**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM**  
**MALANG**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : M. NUR AZIZ  
NIM : 11640023  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida dan Senyawa Hidrokarbon pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor Gas TGS 2201 Berbasis Arduino  
Pembimbing I : Farid Samsu Hananto, M.T  
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	28 Januari 2016	Konsultasi Bab I	
2	3 Februari 2016	Konsultasi Bab III	
3	5 Februari	ACC Bab I, II, III	
4	14 Mei 2016	Konsultasi Alat	
5	20 Mei 2016	Konsultasi Pengambilan Data	
6	30 Mei 2016	Konsultasi Hasil	
7	30 Mei 2016	Konsultasi Kajian Agama	
8	6 Juni 2016	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
9	3 Juni 2016	Konsultasi Kalibrasi	
10	6 Juni 2016	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 5 Juni 2016  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan

Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009