

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN  
RUMAH DI EMPAT TITIK DENGAN SISTEM TELEMETRI  
WIRELESS MODULE NRF24L01 BERBASIS ARDUINO UNO**

**SKRIPSI**

Oleh :

**OLBEN SIAHAAN**

**135090801111017**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN  
RUMAH DI EMPAT TITIK DENGAN SISTEM TELEMETRI  
WIRELESS MODULE NRF24L01 BERBASIS ARDUINO UNO**

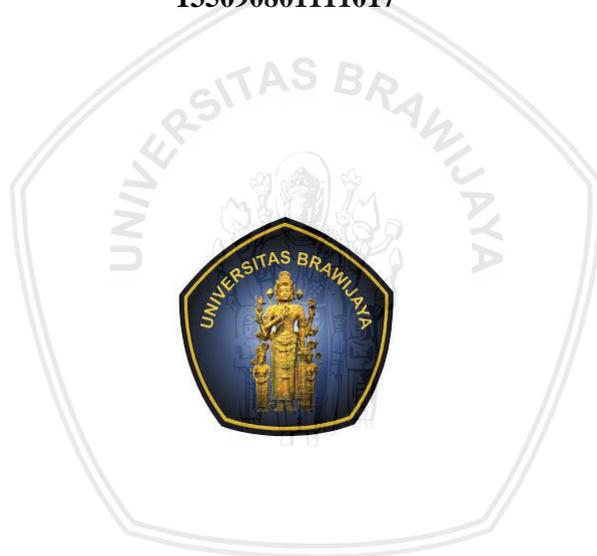
**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh:

**OLBEN SIAHAAN**

**135090801111017**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**





## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Olben Siahaan  
NIM : 135090801111017  
Jurusan : Fisika  
Penulis Skripsi berjudul :

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN  
RUMAH DI EMPAT TITIK DENGAN SISTEM TELEMETRI  
WIRELESS MODULE NRF24L01 BERBASIS ARDUINO UNO**

**Dengan ini menyatakan bahwa:**

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Nama-nama yang termaksud diisi dan tertulis di daftar pustaka digunakan sebagai referensi pendukung dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung risiko yang akan saya terima.

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

Malang, 19 Maret 2018  
Yang menyatakan,

Olben Siahaan  
NIM. 135090801111017

# RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN RUMAH DI EMPAT TITIK DENGAN SISTEM TELEMETRI WIRELESS MODULE NRF24L01 BERBASIS ARDUINO UNO

## ABSTRAK

Telah dibuat sistem pendeteksi kebakaran rumah di empat titik dengan sistem telemetri *wireless module* nRF24L01 berbasis Arduino Uno dengan pengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO) . Alat ini dapat bekerja dengan baik secara otomatis membaca konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dan hasilnya dapat ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) yang berada pada alat *server*. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun alat sistem pendeteksi kebakaran rumah di empat titik dengan sistem telemetri *wireless module* nRF24L01 berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan menggunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) sebagai objek dari penelitian. Hasil pengukuran dan kalibrasi rancang bangun alat pengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO) terhadap sensor gas MQ-7 sudah dikalibrasi dengan baik, di mana hubungan antara resistansi sensor gas MQ-7 dengan konsentrasi gas karbon monoksida (CO) adalah linier. Berdasarkan hasil penelitian dan hasil uji regresi diperoleh koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9457 dan menghasilkan persamaan  $y = 96,986x^{3,263}$  di mana  $y$  adalah resistansi sensor dan  $x$  adalah konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Alat ini dapat mengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO) pada *range* 20-2000ppm.

Kata Kunci : Sensor gas MQ-7, Mikrokontroler Arduino Uno, *Wireless Module* nRF24L01 , Gas Karbon Monoksida (CO).

Halaman ini sengaja dikosongkan



repository.ub.ac.id

# DESIGN OF HOME-FIRE DETECTION SYSTEM IN FOUR POINTS USING TELEMETRY WIRELESS MODULE NRF24L01 SYSTEM BASED ON ARDUINO UNO

## ABSTRACT

Design of home-fire detection system in four points using telemetry wireless module NRF24L01 with carbon monoxide (CO) gas concentration meter has been developed. The purposes of this research are to design a home-fire detection system in four different locations. The equipment works well automatically to read the concentration of carbon monoxide (CO) sensor and the results can be displayed on the Liquid Crystal Display (LCD) on the server. The result of measurement and calibration of the device has been calibrated well, where the relationship between MQ-7 gas sensor resistance and carbon monoxide (CO) gas concentration is linear. Based on the results of the research and regression test, it is obtained the coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.9457 and the equation  $y = 96.986x - 3,263$  where y is the sensor resistance and x is the concentration of carbon monoxide (CO) gas. This device can measure the concentration of carbon monoxide (CO) gas in the range of 20-2000ppm.

Keywords: Gas Sensor MQ-7, Arduino Uno Microcontroller, Wireless Module nRF24L01, Carbon Monoxide (CO) Gas.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kasih karunia-Nya yang telah diberikan kepada saya. Sehingga skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Rumah Di Empat Titik Dengan Sistem Telemetri *Wireless Module* nRF24L01 Berbasis Arduino UNO” ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam bidang Sains Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari semua pihak, maka kegiatan penelitian dan penulisan tidak dapat berjalan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr.rer.nat Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya yang telah memberikan persetujuan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Hari Arief Dharmawan, M.Eng., Ph.D., selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan pikiran, serta arahan selama pembuatan alat dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Arinto Yudi Ponco Wardoyo, M.Sc.,Ph.D., selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dan pikiran, serta arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak DR. Eng. Agus Naba, MT., Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik dari semester 1 sampai semester 10 yang selalu memberikan arahan serta motivasi.
5. Orang tua saya tercinta, Ibu (Resianna Naibaho) dan seluruh keluarga besar (Naibaho) yang terus memberikan motivasi serta doa di setiap saat.
6. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan jurusan Fisika yang telah memberikan pendidikan dan bantuan selama di jurusan Fisika FMIPA UB.
7. Amry, Mbak Bella, Mbak Amalia , Arnel, Ziaul, Amaydio, Fhaiz, Rangga dan Satrio yang selalu mendukung penulis saat mengalami kesulitan dalam penulisan skripsi.

8. Teman-teman satu grup penelitian dengan Bapak Drs. Hari Arief Dharmawan, M.Eng., Ph.D., yang selalu memberikan motivasi serta semangat dalam melaksanakan penelitian.
9. Teman-teman Fisika angkatan 2013 khususnya keluarga Instrumentasi 2013 yang sangat luar biasa, yang saling memberi semangat selama menempuh studi di jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
10. Teman-teman PMK Philadelphia, baik teman-teman seangkatan maupun kakak serta adik tingkat yang telah memberikan motivasi dan doanya setiap saat.
11. Adik – adik yang selalu memberi dukungan dan hiburan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih terdapat kekurangan baik dalam penyusunan, bahasa dan penyajian penjelasannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca sehingga dapat memberikan perubahan ke arah yang lebih baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 19 Maret 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Kebakaran.....	3
2.1.1 Definisi Kebakaran.....	3
2.1.2 Klasifikasi Kebakaran .....	3
2.1.3 Klasifikasi Kebakaran Menurut NFPA ( <i>National Fire Protection Association</i> ) .....	3
2.2 Teori Api .....	4
2.2.1 Definisi Api .....	4
2.2.2 Teori Segitiga Api ( <i>Fire Triangle</i> ) .....	5
2.3 Gas.....	6
2.3.1 Karbon Monoksida .....	6
2.3.2 Asap.....	7
2.4 Sensor .....	7

2.5	Sensor Gas ( MQ-7 ).....	7
2.6	Wireless Module nRF24L01 .....	9
2.7	LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	10
2.8	Buzzer .....	12
2.9	Mikrokontroler Arduino Uno R3.....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>15</b>
3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	15
3.2	Alat Dan Bahan .....	15
3.3	Tahapan Penelitian .....	16
3.3.1	Studi Literatur.....	17
3.3.2	Desain Sistem Instrumentasi.....	17
3.3.3	Perancangan Hardware .....	19
3.3.4	Perancangan <i>Software</i> .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>27</b>
4.1	Hasil Desain Alat.....	27
4.2	Kalibrasi Alat.....	30
4.2.1	Sensor Gas MQ7.....	31
4.2.2	Hubungan Kalibrator Dengan Sensor Yang Digunakan	39
4.3	Hasil Dan Pembahasan Data.....	41
4.3.1	Pengambilan Data.....	41
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>59</b>
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>61</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>Fire Triangle</i> (Sari, 2007).....	5
<b>Gambar 2.2</b> Bentuk fisik dari Sensor MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014).....	8
<b>Gambar 2.3</b> Struktur dan rangkaian dari Sensor MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014).....	8
<b>Gambar 2.4</b> <i>Wireless Module</i> nRF24L01 (Maurya dkk.,2016) .....	10
<b>Gambar 2.5</b> LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ) (Datasheet 20 x 4 Character LCD, 2012).....	11
<b>Gambar 2.6</b> Arduino Uno (Datasheet Arduino UNO, 2010).....	13
<b>Gambar 3.1</b> Alur Penelitian .....	16
<b>Gambar 3.2</b> Desain Sistem Instrumentasi.....	18
<b>Gambar 3.3</b> Skematik Perancangan <i>Hardware</i> Node 1 dan Node 2 pada Eagle.....	20
<b>Gambar 3.4</b> Skematik Perancangan <i>Hardware Server</i> pada Eagle.....	21
<b>Gambar 3.5</b> <i>Flowchart</i> Program TX (Pengirim Data).....	24
<b>Gambar 3.6</b> <i>Flowchart</i> Program RX (Penerima Data).....	25
<b>Gambar 4.1</b> Perangkat keras keseluruhan dari rancang bangun deteksi kebakaran rumah di empat titik.....	27
<b>Gambar 4.2</b> <i>Hardware</i> Node 1 .....	28
<b>Gambar 4.3</b> <i>Hardware</i> Node 2 .....	29
<b>Gambar 4.4</b> <i>Hardware Server</i> .....	30
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Karakteristik Sensitivitas MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014).....	31
<b>Gambar 4.6</b> <i>Q-Trak™ Indoor Air Quality Meter</i> Model 7565 (Datasheet Indoor Air Quality Instruments Q-TRAK™ Indoor Air Quality Monitor, 2008).....	32
<b>Gambar 4.7</b> Perangkat keras keseluruhan dari sistem pengkalibrasi .....	35
<b>Gambar 4.8</b> Grafik PPM dengan RS/R0.....	36

**Gambar 4.9** Grafik Hubungan Q-Track dan Sensor MQ-7.....40

**Gambar 4.10** Perangkat keras keseluruhan dari rancang bangun deteksi kebakaran rumah di empat titik pada saat proses pengambilan data. ....41

**Gambar 4.11** Pengambilan data dari lantai 2 di ruangan 1 .....43

**Gambar 4.12** Tampilan LCD pada percobaan pertama.....45

**Gambar 4.13** Grafik Hasil Pembacaan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan pertama .....46

**Gambar 4.14** Pengambilan data dari lantai 2 di ruangan 2 .....47

**Gambar 4.15** Tampilan LCD pada percobaan kedua .....49

**Gambar 4.16** Grafik Hasil Pembacaan dan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan kedua .....50

**Gambar 4.17** Pengambilan data dari lantai 1 di ruangan 3 .....51

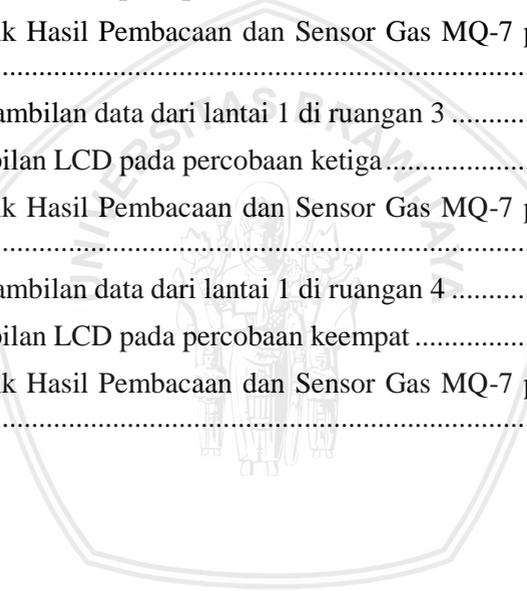
**Gambar 4.18** Tampilan LCD pada percobaan ketiga.....53

**Gambar 4.19** Grafik Hasil Pembacaan dan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan ketiga.....54

**Gambar 4.20** Pengambilan data dari lantai 1 di ruangan 4 .....55

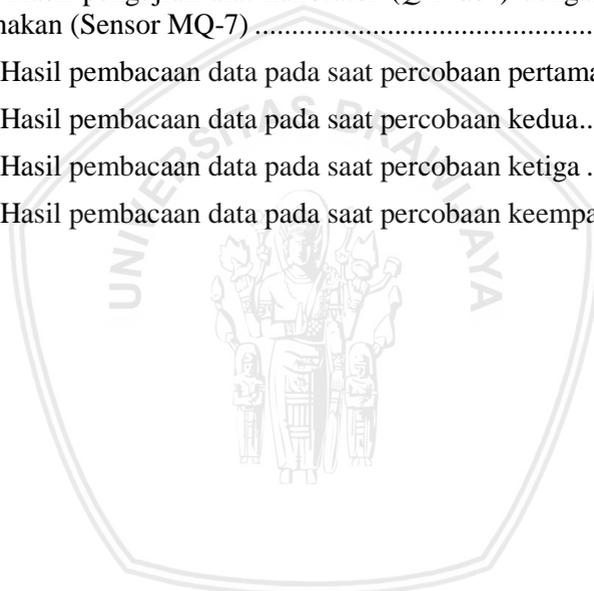
**Gambar 4.21** Tampilan LCD pada percobaan keempat .....57

**Gambar 4.22** Grafik Hasil Pembacaan dan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan keempat .....58



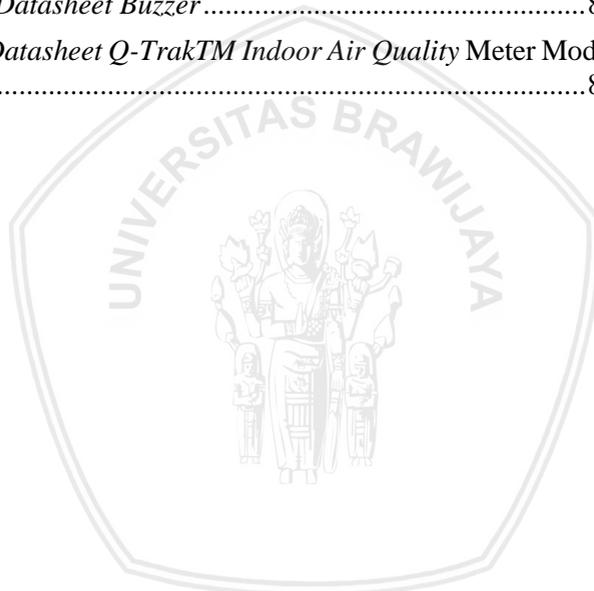
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Keterangan Struktur Sensor MQ-7 .....	9
<b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi Modul nRF24L01 .....	10
<b>Tabel 2.3</b> Deskripsi pin pada LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	11
<b>Tabel 4.1</b> Hasil pengujian sensor (ADC) dengan kalibrator (ppm) .	33
<b>Tabel 4.2</b> Sensitivitas <i>characteristik</i> dari <i>datasheet</i> Sensor MQ7 ...	37
<b>Tabel 4.3</b> Hasil pengujian sesuai dengan karakteristik sensitivitas sensor MQ-7 .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Hasil pengujian alat kalibrator ( <i>Q-Track</i> ) dengan sensor yang digunakan (Sensor MQ-7) .....	39
<b>Tabel 4.5</b> Hasil pembacaan data pada saat percobaan pertama .....	44
<b>Tabel 4.6</b> Hasil pembacaan data pada saat percobaan kedua.....	48
<b>Tabel 4.7</b> Hasil pembacaan data pada saat percobaan ketiga .....	52
<b>Tabel 4.8</b> Hasil pembacaan data pada saat percobaan keempat.....	56



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A. 1</b> <i>Datasheet</i> Arduino Uno R3 .....	63
<b>Lampiran A. 2</b> Program <i>Hardware Node</i> 1 .....	64
<b>Lampiran A. 3</b> Program <i>Hardware Node</i> 2 .....	67
<b>Lampiran A. 4</b> Program <i>Hardware Server</i> .....	70
<b>Lampiran A. 5</b> <i>Datasheet</i> LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	76
<b>Lampiran A. 6</b> <i>Datasheet</i> <i>Wireless Module</i> nRF24L01.....	77
<b>Lampiran A. 7</b> <i>Datasheet</i> Sensor MQ-7 .....	79
<b>Lampiran A. 8</b> <i>Datasheet</i> <i>Buzzer</i> .....	82
<b>Lampiran A.9</b> <i>Datasheet</i> <i>Q-Trak</i> ™ <i>Indoor Air Quality Meter</i> Model 7565 .....	83



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebakaran adalah salah satu peristiwa yang tidak pernah dikehendaki. Kerugian yang disebabkan oleh peristiwa kebakaran tidaklah sedikit. Selain menimbulkan kerugian materi, peristiwa kebakaran dapat juga menimbulkan kerugian jiwa. Kebakaran biasanya terjadi karena kecelakaan atau juga dengan kelalaian manusia. Kebakaran terjadi karena adanya tiga faktor yang terjadi unsur api yang bilamana ketika unsur tersebut berada dalam suatu konsentrasi yang memenuhi syarat, maka timbullah reaksi oksidasi atau dikenal sebagai proses pembakaran (Ramli , 2010).

Dalam penanggulangan masalah kebakaran banyak sekali ditemukan kesulitan-kesulitan, seperti sulitnya ditemukan sumber api secara dini, sehingga api akan terus menjalar ke tempat lain, untuk itu diperlukan suatu cara untuk menghentikan penjaralan api. Pencegahan kebakaran adalah usaha mewaspadaikan akan faktor-faktor yang menjadi sebab munculnya atau terjadinya kebakaran dan mengambil langkah-langkah untuk mencegah kemungkinan hal tersebut menjadi kenyataan. Bahaya kebakaran bisa saja terjadi dimana saja dengan cara apa saja, kapan akan terjadi kebakaran, tidak seorang pun yang tahu karena memang sangat sulit untuk diperkirakan. Hal terbaik yang dapat dilakukan adalah dengan mengantisipasi kebakaran dengan alat yang dapat bekerja secara otomatis. Perkembangan teknologi saat ini, semakin cepat dan berusaha menjawab semua kebutuhan manusia.

Berdasarkan uraian diatas, maka dirancang sebuah alat sistem deteksi kebakaran atau suatu rangkaian detektor kebakaran yang dapat mendeteksi adanya asap gas yang berupa partikel-partikel kecil yang terjadi pada suatu kebakaran. Sistem deteksi kebakaran untuk rumah yang perkembangannya tidak lepas dari peran mikrokontroler dalam deteksi dini. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya suatu asap gas yang berupa partikel-partikel kecil adalah sensor MQ-7. Sensor MQ-7 sensitif terhadap gas karbon monoksida (CO).

Pengamanan rumah dari kemungkinan terjadinya kebakaran merupakan suatu hubungan fungsional yang dibuat untuk memudahkan bagi pemilik rumah dalam menyimpan pemakaian energi yang lebih efisien dan merasakan kemudahan dari sistem

otomatis rumah. Apabila asap atau gas terdeteksi oleh sensor, maka rangkaian akan aktif untuk membunyikan *alarm* atau *buzzer* dan ditampilkan suatu peringatan ke *liquid crystal display* (LCD) untuk mengetahui titik terdeteksinya suatu asap atau gas, agar kita dapat lebih dimudahkan untuk mencegah terjadinya sebuah peristiwa kebakaran yang tidak kita inginkan. Alat tersebut dipasang pada tempat-tempat yang berisiko terjadi kebakaran.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah, bagaimana merancang dan membangun sistem deteksi kebakaran berbasis sensor gas MQ-7?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem peringatan dini kebakaran rumah berbasis sensor gas MQ-7.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar dalam pembahasan penelitian ini tidak mengarah pada topik yang terlalu luas, maka penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Kebakaran diasumsikan terjadi saat sensor MQ-7 mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dengan spesifikasi sensor.
2. Uji coba dilakukan pada empat titik.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pendeteksi dini kebakaran rumah. Sehingga dapat memudahkan manusia untuk mendeteksi dini terjadinya peristiwa kebakaran.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kebakaran

#### 2.1.1 Definisi Kebakaran

Kebakaran adalah salah satu peristiwa oksidasi dengan ketiga unsur (bahan bakar, oksigen dan panas) yang berakibat menimbulkan kerugian harta benda atau cedera bahkan sampai kematian (Sari, 2007); (NFPA, 1986). Menurut Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional (DK3N), kebakaran adalah suatu peristiwa bencana yang berasal dari api yang tidak dikehendaki yang dapat menimbulkan kerugian, baik kerugian materi (berupa harta benda, bangunan fisik, deposit/asuransi, fasilitas sarana dan prasarana, dan lain-lain) maupun kerugian non materi (rasa takut, *shock*, ketakutan, dan lain-lain) hingga kehilangan nyawa atau cacat tubuh yang ditimbulkan akibat kebakaran tersebut.

#### 2.1.2 Klasifikasi Kebakaran

Klasifikasi kebakaran adalah penggolongan atau pembagian kebakaran atas dasar jenis bahan bakarnya. Pengklasifikasian kebakaran ini bertujuan untuk memudahkan usaha pencegahan dan pemadaman kebakaran (Ramli, 2010).

#### 2.1.3 Klasifikasi Kebakaran Menurut NFPA ( *National Fire Protection Association* )

NFPA ( *National Fire Protection Association* ) adalah suatu lembaga swasta yang khusus menangani di bidang penanggulangan bahaya kebakaran di Amerika Serikat. Menurut NFPA, kebakaran dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu :

1. Kelas A, yaitu kebakaran bahan padat kecuali logam.

Kelas ini mempunyai ciri jenis kebakaran yang meninggalkan arang dan abu. Unsur bahan yang terbakar biasanya mengandung karbon. Misalnya : kertas, kayu, tekstil, plastik, karet, busa, dan lain-lain yang sejenis dengan itu.

2. Kelas B, yaitu kebakaran bahan cair dan gas yang mudah terbakar.

Kelas ini terdiri dari unsur bahan yang mengandung hidrokarbon dari produk minyak bumi dan turunan kimianya. Misalnya : bensin, aspal, gemuk, minyak, alkohol, gas LPG, dan lain-lain yang sejenis dengan itu.

3. Kelas C, yaitu kebakaran peralatan elektronik.

Misalnya: peralatan rumah tangga, trafo, komputer, televisi, radio, panel listrik, transmisi listrik, dan lain-lain.

4. Kelas D, yaitu kebakaran bahan logam.

Pada prinsipnya semua bahan dapat terbakar tak terkecuali benda dari jenis logam, hanya saja tergantung pada nilai titik nyalanya. Misalnya : *potassium*, sodium, aluminium, magnesium, *calcium*, *zinc*, dan lain-lain (NFPA, 1986).

## 2.2 Teori Api

### 2.2.1 Definisi Api

Api didefinisikan sebagai suatu peristiwa/reaksi kimia yang diikuti oleh pengeluaran asap, panas, dan gas-gas lainnya. Api juga dapat diartikan sebagai hasil dari reaksi pembakaran yang cepat (Pusdiklatkar, 2006). Timbulnya api ini sendiri disebabkan oleh adanya sumber panas yang berasal dari berbagai bentuk energi yang dapat menjadi sumber penyulutan dalam segitiga api.

Contoh sumber Panas :

1. Bunga api listrik dan busur listrik
2. Listrik statis
3. Reaksi Kimia
4. Gesekan ( *Friction* )
5. Pemadatan ( *Compression* )
6. Api terbuka ( *Open Flame* )
7. Pembakaran Spontan ( *Spontaneous Combustion* )
8. Petir ( *Lightning* )
9. Sinar Matahari

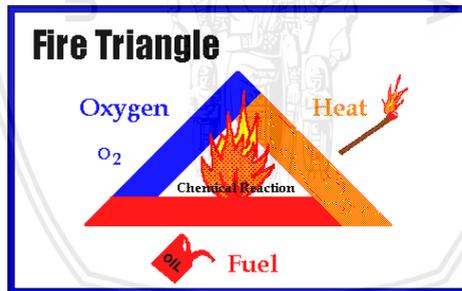
Api tidak terjadi begitu saja, tetapi merupakan suatu proses kimiawi antara uap bahan bakar dengan oksigen dan bantuan panas. Teori ini dikenal segitiga api (*Fire Triangle*) (Ramli, 2010). Menurut teori ini, kebakaran terjadi karena adanya tiga faktor yang

terjadi unsur api yang bilamana ketika unsur tersebut berada dalam suatu konsentrasi yang memenuhi syarat, maka timbullah reaksi oksidasi atau dikenal sebagai proses pembakaran (IFSTA, 1993).

1. Bahan Bakar ( *Fuel* ), yaitu unsur bahan bakar baik padat, cair, atau gas yang dapat terbakar yang bercampur dengan oksigen dari udara.
2. Sumber Panas ( *Heat* ), yaitu yang menjadi pemicu kebakaran dengan energi yang cukup untuk menyalakan campuran antara bahan bakar dan oksigen dari udara.
3. Oksigen, terkandung dalam udara. Tanpa adanya udara atau oksigen, maka proses kebakaran tidak dapat terjadi.

### 2.2.2 Teori Segitiga Api (*Fire Triangle*)

Secara sederhana susunan kimiawi dalam proses kebakaran dapat digambarkan dengan istilah “Segitiga Api”. Teori segitiga api ini menjelaskan bahwa untuk dapat berlangsungnya proses nyala api diperlukan adanya 3 unsur pokok, yaitu : bahan yang dapat terbakar (*fuel*), oksigen ( $O_2$ ) yang cukup dari udara atau dari bahan oksidator, dan panas yang cukup (Depnakertrans, 2008).



Gambar 2.1 *Fire Triangle* (Sari, 2007)

Berdasarkan teori segitiga api tersebut, maka apabila ketiga unsur di atas bertemu akan terjadi api. Namun, apabila salah satu unsur tersebut tidak ada atau tidak berada pada keseimbangan yang cukup, maka api tidak akan terjadi. Prinsip segitiga api ini dipakai sebagai dasar untuk mencegah kebakaran (mencegah agar api tidak terjadi) dan penanggulangan api yakni memadamkan api yang tak dapat dicegah (Sari, 2007); (Suma'mur, 1993).

repository.ub.ac.id

Pada proses nyalanya api, api mengalami empat tahapan, mulai dari tahap permulaan hingga menjadi besar, berikut penjelasannya :

1. *Inciplen Stage* ( Tahapan Pemula )

Pada tahap ini, tidak terlihat adanya asap, lidah api, atau panas, tetapi terbentuk partikel pembakaran dalam jumlah yang signifikan periode tertentu.

2. *Smoldering Stage* ( Tahap Membara )

Partikel pembakaran telah bertambah, membentuk apa yang kita lihat sebagai “asap”. Masih belum adanya nyala api atau panas yang signifikan.

3. *Flame Stage*

Tercapai titik nyala, dan mulai terbentuk lidah api. Jumlah asap mulai berkurang, sedangkan panas meningkat.

4. *Heat Stage*

Pada tahap ini terbentuk panas, lidah api, asap dan gas beracun dalam jumlah besar. Transisi dari *flame stage* ke *heat stage* biasanya sangat cepat, seolah – olah menjadi satu dalam fase sendiri.

## 2.3 Gas

Gas adalah suatu fase benda. Seperti cairan, gas mempunyai kemampuan untuk mengalir dan dapat berubah bentuk. Namun berbeda dari cairan, gas yang tak tertahan tidak mengisi suatu volume yang telah ditentukan, sebaliknya mereka mengembang dan mengisi ruang apa pun di mana mereka berada. Tenaga gerak/energi kinetik dalam suatu gas adalah bentuk zat terhebat kedua (setelah plasma). Karena penambahan energi kinetik ini, atom-atom gas dan molekul sering memantul antara satu sama lain, apalagi jika energi kinetik ini semakin bertambah (Chang, 2004).

### 2.3.1 Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa yang merupakan hasil pembakaran tidak sempurna antara bahan bakar fosil dengan oksigen. Gas karbon monoksida(CO) merupakan bahan yang umum ditemui di industri. Gas ini merupakan hasil pembakaran tidak sempurna dari kendaraan bermotor, alat pemanas, peralatan yang menggunakan bahan api berasaskan karbon dan nyala api (seperti tungku kayu), asap dari

repository.ub.ac.id

kereta api, pembakaran gas, asap tembakau. Namun sumber yang paling umum berupa residu pembakaran mesin. Banyak pembakaran yang menggunakan bahan bakar seperti alat pemanas dengan menggunakan minyak tanah, gas, kayu dan arang yaitu kompor, pemanas air, alat pembuangan hasil pembakaran dan lain-lain yang dapat menghasilkan karbon monoksida (CO) (Chang, 2004).

### 2.3.2 Asap

Asap adalah produk pembakaran yang sempurna dan tidak sempurna, yang terdiri dari partikel-partikel gas dan uap serta unsur-unsur terurai yang dilepas dari suatu bahan yang terbakar. Semua bahan yang dapat terbakar akan menghasilkan karbon monoksida (gas CO) dan karbon dioksida (gas CO<sub>2</sub>) dalam jumlah besar (Moran dkk.,2004).

## 2.4 Sensor

Sensor merupakan suatu *device* yang digunakan untuk mengonversi suatu besaran fisis (yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka) menjadi besaran listrik. Contohnya seperti sensor tekanan, informasi berupa besaran mekanik dikonversi menjadi suatu besaran listrik yang akan dapat diproses menggunakan sistem pemroses sinyal menjadi format digital (Narudin & Adrian F.N. Venema, 2011), berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yakni sensor optik, sensor termal dan sensor mekanik.

### 2.5 Sensor Gas ( MQ-7 )

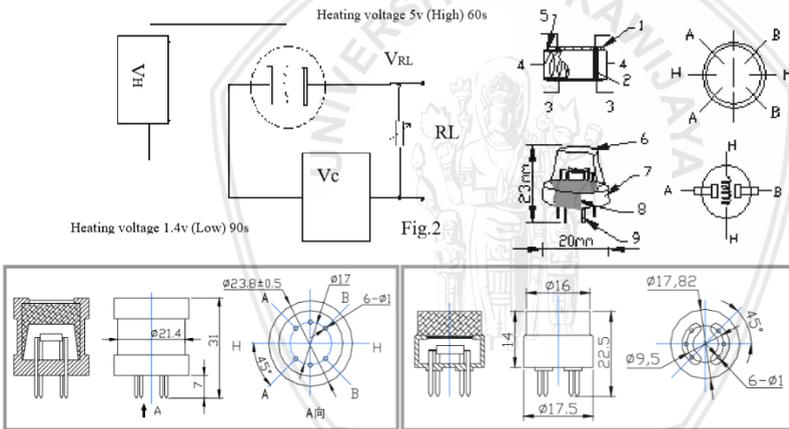
Sensor yang digunakan pada perancangan ini adalah sensor gas tipe MQ-7. Sensor MQ-7 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dengan sensitivitas yang tinggi. Sensor MQ-7 merupakan sensor gas karbon monoksida (CO) yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO), di mana sensor ini salah satunya dipakai dalam memantau gas karbon monoksida (CO). Sensor ini mempunyai sensitivitas yang tinggi dan respons yang cepat. Keluaran yang dihasilkan oleh sensor ini adalah berupa sinyal analog, sensor ini membutuhkan tegangan *direct current* (DC) sebesar 5V dan jarak pengukuran 20 – 2000ppm untuk ampuh mengukur gas karbon monoksida (CO). Pada Gambar 2.2 merupakan

repository.ub.ac.id

gambar dari bentuk modul sensor MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014).



Gambar 2.2 Bentuk fisik dari Sensor MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014)



Gambar 2.3 Struktur dan rangkaian dari Sensor MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014)

Pada Gambar 2.3 di atas menunjukkan bentuk dari struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-7. (Konfigurasi A atau B), sensor disusun oleh mikro AL203 tabung keramik, Tin Dioksida ( $\text{SnO}_2$ ) lapisan sensitif, elektroda pengukuran dan pemanas adalah tetap menjadi kerak yang dibuat oleh plastik dan *stainless steel* bersih. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan komponen sensitif. MQ-7 dibuat dengan 6 pin, 4 dari mereka yang digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 lainnya digunakan untuk

menyediakan arus pemanasan. Keterangan dari struktur tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Keterangan Struktur Sensor MQ-7

No	Bagian	Bahan
1	Lapisan Pendeteksi	SnO <sub>2</sub>
2	Elektroda	Au
3	Kawat Elektroda	Pt
4	Koil Pemanas	Ni-Cr alloy
5	Tabung Keramik	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6	Jaringan Anti Ledakan	Kasa <i>Stainless Steel</i> ( SUS316 100 - mesh)
7	Cincin Penjepit	Piringan Tembaga Ni
8	Dasar Resin	Bakelite
9	Pin Konektor	Piringan Tembaga Ni

## 2.6 *Wireless Module nRF24L01*

*Wireless Module nRF24L01* adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi. Tegangan kerja dari modul ini adalah 5V DC. nRF24L01 memiliki *baseband logic Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator yang support "highspeed SPI interface for the application controller"*. nRF24L01 memiliki *true ULP solution*, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun. Modul ini dapat digunakan untuk pembuatan *pheriperal PC*, piranti permainan, piranti *fitnes* dan olahraga, mainan anak-anak dan alat lainnya. Modul ini memiliki 8 buah pin seperti pada Gambar 2.4 di bawah ini (Maurya dkk.,2016).



Gambar 2.4 *Wireless Module* nRF24L01 (Maurya dkk.,2016)

Spesifikasi lain yang dimiliki oleh modul nRF24L01 dijelaskan pada Tabel 2.2 :

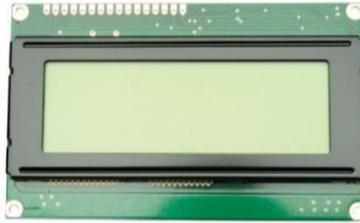
Tabel 2.2 Spesifikasi Modul nRF24L01

<i>Power supply</i>	1.9V~3.6V
<i>I/O port working voltage</i>	0~3.3, 5 V I
<i>I/O port working current</i>	13.5mA at 2Mbps
<i>Data rate</i>	256kbps / 1Mbps / 2Mbps
<i>Receiving sensitivity</i>	-85dBm at 1Mbps
<i>Transmission range</i>	70~100 meter at 256kbps
<i>Temperatures</i>	<i>Operating</i> :-40°C ~ 85°C / <i>Storage</i> :-40°C ~ 125°C

## 2.7 LCD ( *Liquid Crystal Display* )

LCD ( *Liquid Crystal Display* ) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Di pasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. LCD juga merupakan perangkat *display* yang paling umum dipasangkan di Mikrokontroler, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuannya menampilkan karakter atau grafik yang lebih dibandingkan *display seven-segment*. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Untuk mengakses LCD 20x4 harus melakukan konfigurasi pin dari LCD dengan pin I/O

mikrokontroler tersebut. Gambar 2.5 di bawah ini, adalah sebuah LCD berukuran 20x4 (Huang dkk.,2018).



Gambar 2.5 LCD (*Liquid Cristal Display*) (Datasheet 20 x 4 Character LCD, 2012)

Berikut adalah karakteristik dari LCD 20X4 :

- ✓ 20 Karakter dan 4 Baris tampilan kristal cair (LCD) dari dot matrik.
- ✓ ROM pembangkit karakter untuk 192 tipe karakter (5x7 dot matrik)
- ✓ Mempunyai 2 jenis RAM, yaitu RAM pembangkit karakter dan RAM data tampilan
- ✓ RAM pembangkit karakter untuk 8 tipe karakter program tulis dengan bentuk 5 x7 dot matrik
- ✓ RAM data tampilan dengan bentuk 80 x 8 matrik titik (maksimum 80 karakter).
- ✓ Mempunyai pembangkit *clock* internal.
- ✓ Catu daya 5 Vdc.
- ✓ Rangkaian otomatis riset saat daya dinyalakan.
- ✓ Jangkauan suhu pengoperasian 0 - 50 derajat.

Ada 2 cara untuk berkomunikasi dengan LCD, yaitu 8 bit dan 4 bit jalur data, selain bit data tersebut juga dibutuhkan 3 jalur lagi untuk kontrol, yaitu : RS, RW dan E untuk memperjelas konfigurasi pin LCD dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2.3 Deskripsi pin pada LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pin	Simbol	Fungsi
1	GND	<i>Ground</i>
2	VCC	+5 Volt

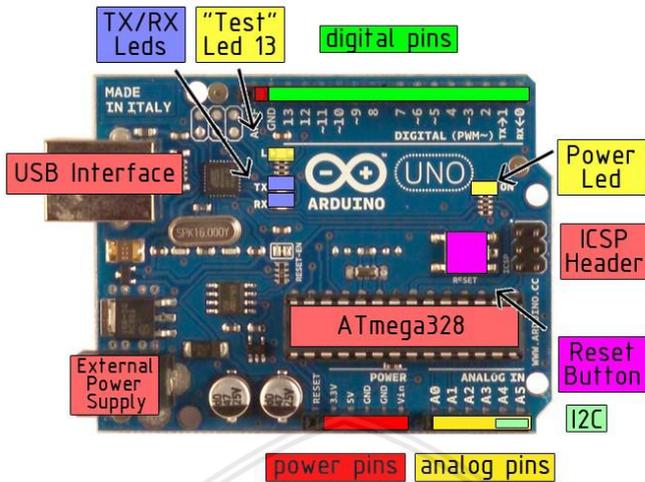
3	VO	Pengaturan kontras layar
4	RS	<i>H/L Register select</i>
5	R/W	<i>H/L Read/Write</i>
6	E	<i>H/L Enable</i>
7	DB0	<i>Data Bus Line</i>
8	DB1	<i>Data Bus Line</i>
9	DB2	<i>Data Bus Line</i>
10	DB3	<i>Data Bus Line</i>
11	DB4	<i>Data Bus Line</i>
12	DB5	<i>Data Bus Line</i>
13	DB6	<i>Data Bus Line</i>
14	DB7	<i>Data Bus Line</i>
15	A	(+5V) untuk BKL
16	K	(GND) untuk BKL

## 2.8 Buzzer

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (*alarm*) (Datasheet Piezo Buzzer 41.P25L120A-LF, 2012).

## 2.9 Mikrokontroler Arduino Uno R3

Mikrokontroler merupakan suatu *chip* yang berupa IC (*Integrated Circuit*), di dalamnya terdapat sistem mikroprosesor lengkap. Sebuah mikrokontroler pada umumnya telah terdapat komponen-komponen untuk mendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input/Output* (Oktariawan & Sugiyanto, 2013).



Gambar 2.6 Arduino Uno (Datasheet Arduino UNO, 2010)

Gambar 2.6 diatas, merupakan modul Arduino Uno yang di dalamnya terdapat Mikrokontroler ATmega328. Arduino jenis ini sangat banyak digunakan oleh para *programmer* untuk melakukan pengontrolan pada alat serta sistem yang telah dibuat. Mikrokontroler arduino uno memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 pin digital (pin 3, pin 5, pin 6, pin 9, pin 10, dan pin 11) dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*). Terdapat juga 6 pin analog *input*, 2 pin (pin A4 dan A5) digunakan sebagai input untuk komunikasi I<sup>2</sup>C. Selain itu tersedia 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *power jack*, *header* ICSP, dan tombol reset. Mikrokontroler arduino uno membutuhkan sumber tegangan (rekomendasi) 7-12V dan akan bekerja pada tegangan 5V. Mikrokontroler Arduino Uno dapat diprogram dengan menggunakan *software* Arduino IDE dan *software* ini dapat diunduh secara gratis karena sifatnya yang *opensource* (Datasheet Arduino UNO, 2010).

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pengerjaan alat untuk tugas akhir ini dilakukan mulai bulan Oktober 2017 sampai dengan Februari 2018 di Laboratorium *Air Quality* dan *Astro Imaging*, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi dan ruang dosen pembimbing satu di gedung Biomol Lantai 3 Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.

### 3.2 Alat Dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa alat yaitu:

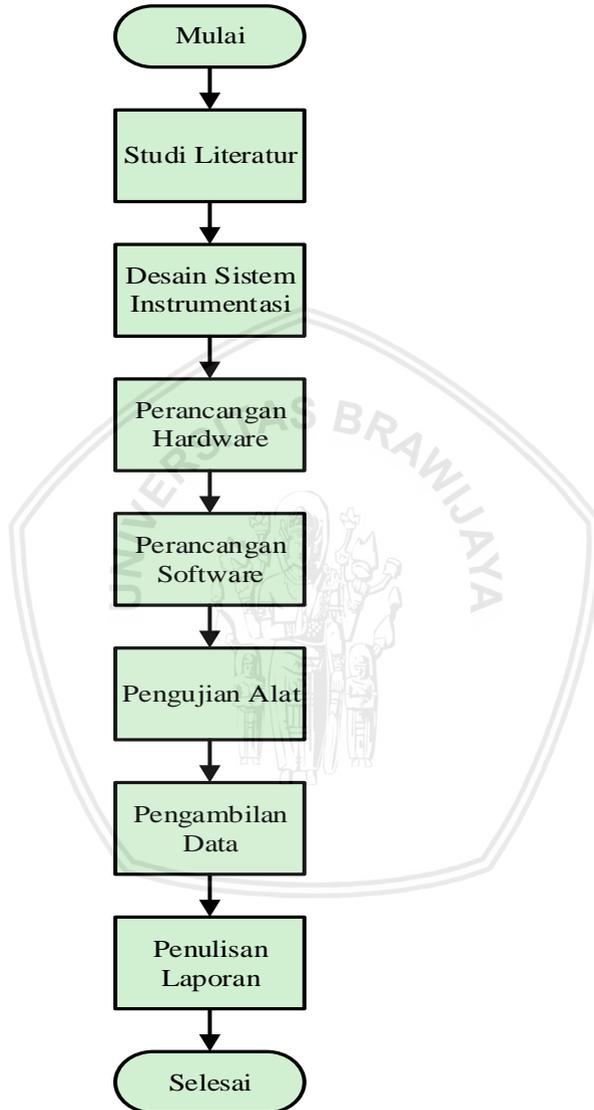
1. Perangkat Lunak (*Software*)
  - Arduino IDE
  - *Microsoft Word 2010*
  - *Microsoft Excel 2010*
  - *Eagle 7.1.0*
2. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - Arduino Uno R3 dengan ATmega328
  - *Wireless Moduls nRF24L01*
  - *LCD (Liquid Crystal Display)*
  - *Moduls Sensor MQ-7*
  - *Buzzer*
  - Laptop Asus *Intel(R) Core (TM) i3-4030U CPU @ 1.90GHz, 1.90GHz*
  - *Q-Trak™ Indoor Air Quality Meter Model 7565.*

Pada penelitian ini digunakan beberapa bahan yaitu:

1. Timah
2. Solder
3. *PCB*
4. Kabel *Jumper*
5. Akrilik
6. Selang bening

### 3.3 Tahapan Penelitian

Agar dapat berjalan dengan baik, Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

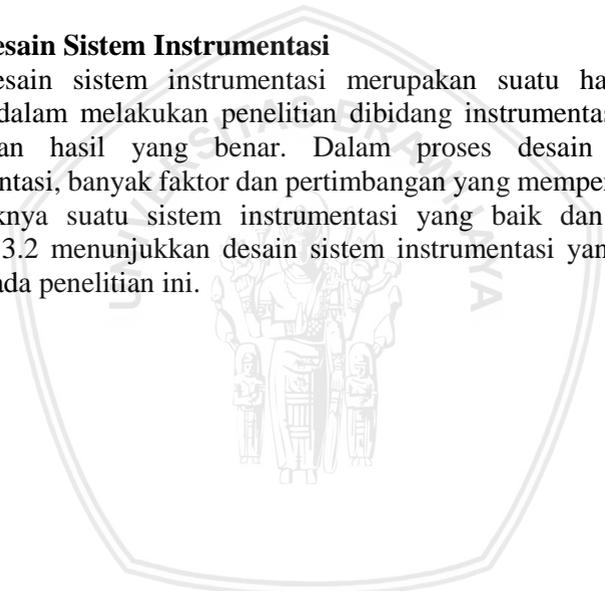
### 3.3.1 Studi Literatur

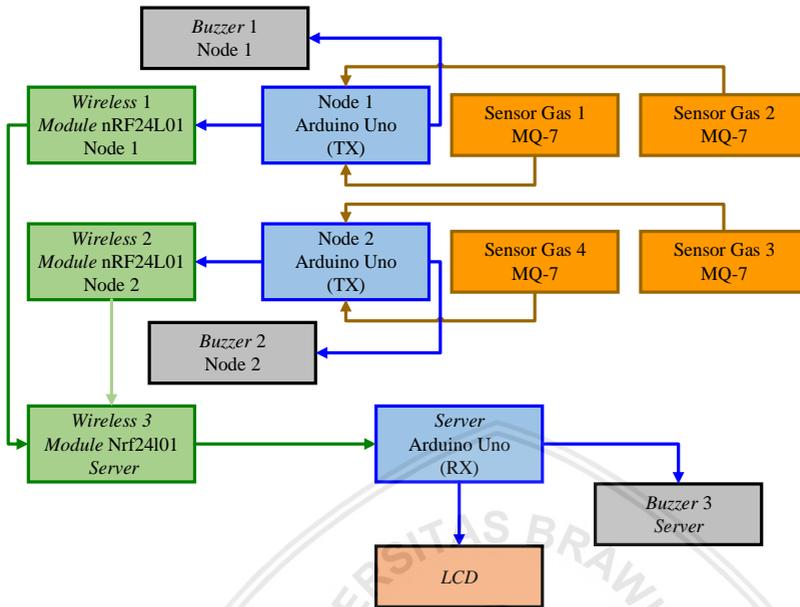
Dalam penelitian tugas akhir ini diperlukan tahap awal untuk mendapatkan proses yang baik dan terstruktur. Tahap awal yang dilakukan adalah studi *literatur*. Ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dan referensi mengenai materi-materi dasar yang berkaitan dengan penelitian. Penulis menggunakan laporan sebelumnya, jurnal, *paper*, buku-buku, serta internet sebagai referensi untuk dijadikan bahan studi *literatur*.

Adapun metode yang digunakan dalam studi literatur ini adalah mengkaji kembali materi di buku, jurnal, maupun sumber lain yang berkaitan dengan penelitian.

### 3.3.2 Desain Sistem Instrumentasi

Desain sistem instrumentasi merupakan suatu hal yang penting dalam melakukan penelitian dibidang instrumentasi, agar didapatkan hasil yang benar. Dalam proses desain sistem instrumentasi, banyak faktor dan pertimbangan yang mempengaruhi terbentuknya suatu sistem instrumentasi yang baik dan benar. Gambar 3.2 menunjukkan desain sistem instrumentasi yang telah dibuat pada penelitian ini.





Gambar 3.2 Desain Sistem Instrumentasi

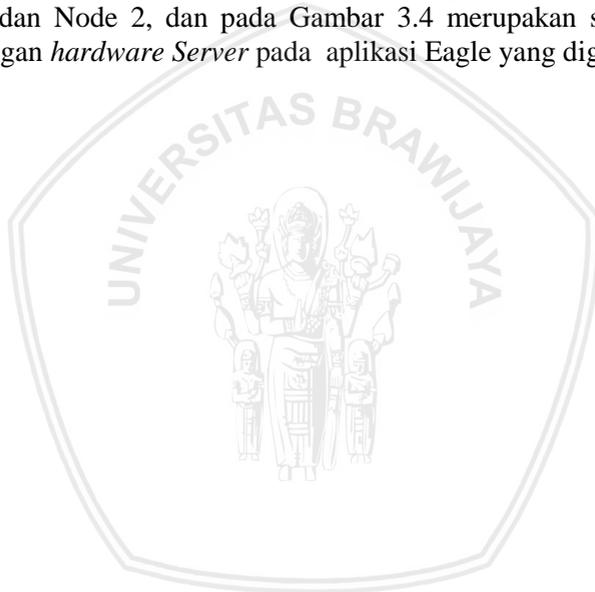
Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa, tahap awal yang dilakukan adalah membuat suatu *prototype* rumah dengan desain dua lantai dan di setiap lantai akan dilengkapi dengan mikrokontroler Arduino Uno yang akan menjadi pemrosesan sinyal. Sinyal yang berupa data-data dari sensor MQ-7, akan diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno melalui program yang telah dibuat. *Prototype* rumah masing – masing lantai memiliki dua ruangan. Di setiap ruangan akan dipasang sensor MQ-7 yang akan mendeteksi suatu gas karbon monoksida (CO) yang kemudian datanya akan dikirim ke masing-masing Arduino.

Tahap selanjutnya, data yang telah diolah pada mikrokontroler Arduino Uno di masing-masing lantai, akan dikirim ke *server*. *Server* tersebut berfungsi sebagai pemrosesan sinyal. Data yang diterima, didapat dari setiap masing-masing pemrosesan sinyal dari setiap lantai yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. *Server* tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang akan digunakan untuk *output* berupa *display* menggunakan LCD dan berupa peringatan menggunakan *Buzzer*.

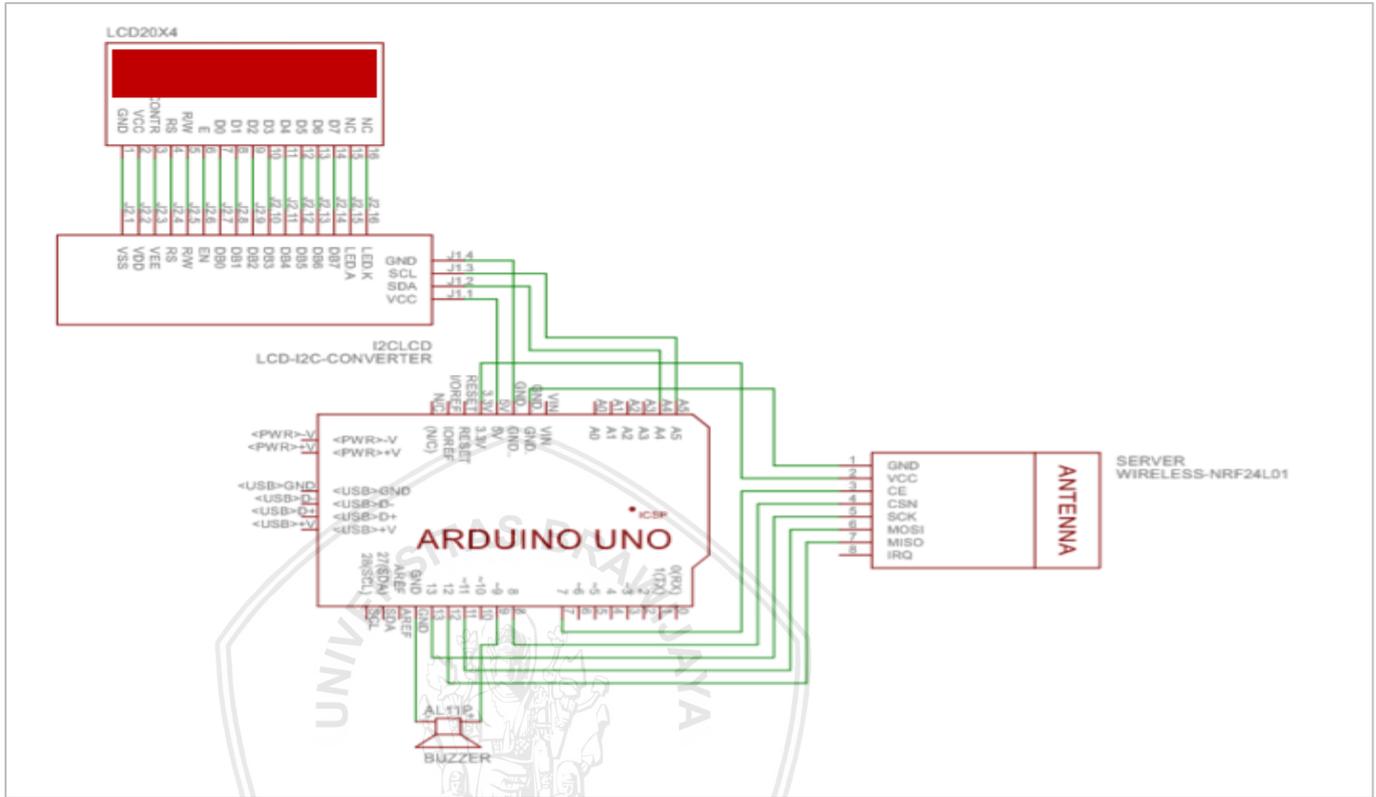
### 3.3.3 Perancangan Hardware

- **Mikrokontroler**

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mikrokontroler Arduino Uno yang di dalamnya terdapat Atmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital *input/output* dan 6 pin analog *input* yang mempunyai fungsi masing-masing. Dalam penelitian ini mikrokontroler Arduino Uno dirancang sedemikian rupa dengan sensor MQ-7, *Wireless Module* nRF24L01, *Buzzer*, dan LCD untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Perancangan dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Eagle* yang dapat melakukan perancangan skematis dengan cukup baik. Pada Gambar 3.3 merupakan skematis perancangan dari *hardware* Node 1 dan Node 2, dan pada Gambar 3.4 merupakan skematis perancangan *hardware Server* pada aplikasi Eagle yang digunakan.







Gambar 3.4 Skematik Perancangan *Hardware Server* pada Eagle

- **Sistem Telemetri**

Tipe komunikasi yang digunakan untuk mengirimkan data dari Arduino Uno yang terletak pada masing-masing lantai ke Arduino Uno *server* yaitu sistem komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*).

Pada komunikasi digunakan *Wireless Module* nRF24L01. Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi. Tegangan kerja dari modul ini adalah 5V DC. nRF24L01 memiliki *baseband logic Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator* yang *support* “*highspeed SPI interface* untuk kontrol.

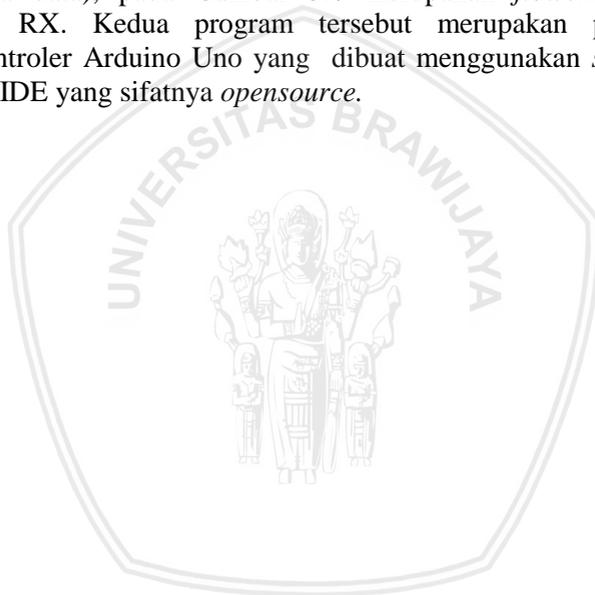
### 3.3.4 Perancangan Software

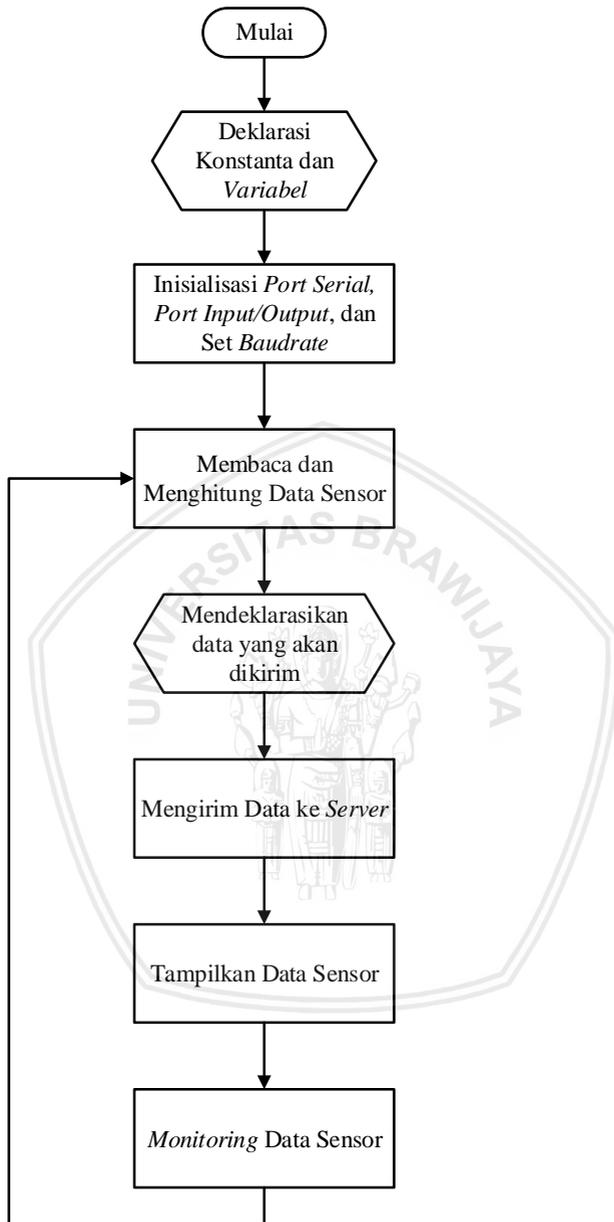
Pengolahan data dari sensor MQ-7, *Buzzer*, *Wireless Module* nRF24L01, dan LCD akan dilakukan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Dibutuhkan suatu program untuk mengolah data tersebut menjadi data yang lebih mudah dimengerti. Dengan memanfaatkan *sketch* yang terdapat di dalam Arduino IDE, program untuk mengolah data dari sensor gas MQ-7, *Buzzer*, *Wireless Modul*nRF24L01, dan LCD dapat didesain sesuai kebutuhan. Pada umumnya *sketch* tersusun atas sejumlah fungsi, di antaranya fungsi *setup* () dan fungsi *loop* (). Kode-kode yang terdapat di dalam kedua fungsi tersebut akan dijalankan apabila kedua fungsi tersebut dipanggil.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan tiga buah mikrokontroler Arduino Uno. Masing-masing arduino diberi program guna menjalankan semua fungsi dari *hardware*. Arduino pertama diberi nama “*Node1*” dan Arduino kedua diberi nama “*Node2*”. Node 1 dan 2 ini terhubung langsung dengan *Wireless Module Transceiver*. Program yang ada pada *Node* 1 dan 2 ini memiliki fungsi untuk mengakuisisi data dari sensor gas karbon monoksida (CO). Sensor tersebut memiliki keluaran berupa tegangan, sehingga tegangan tersebut akan dikonversi menjadi data digital menggunakan ADC, dan selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai kadar gas, dimana akan digunakan sebagai batas maksimum kadar gas untuk mentrigger *alarm*. Selain itu *Node* 1 dan 2 akan mengirimkan data ADC menuju *Wireless Module Server* yang berperan sebagai *receiver* untuk

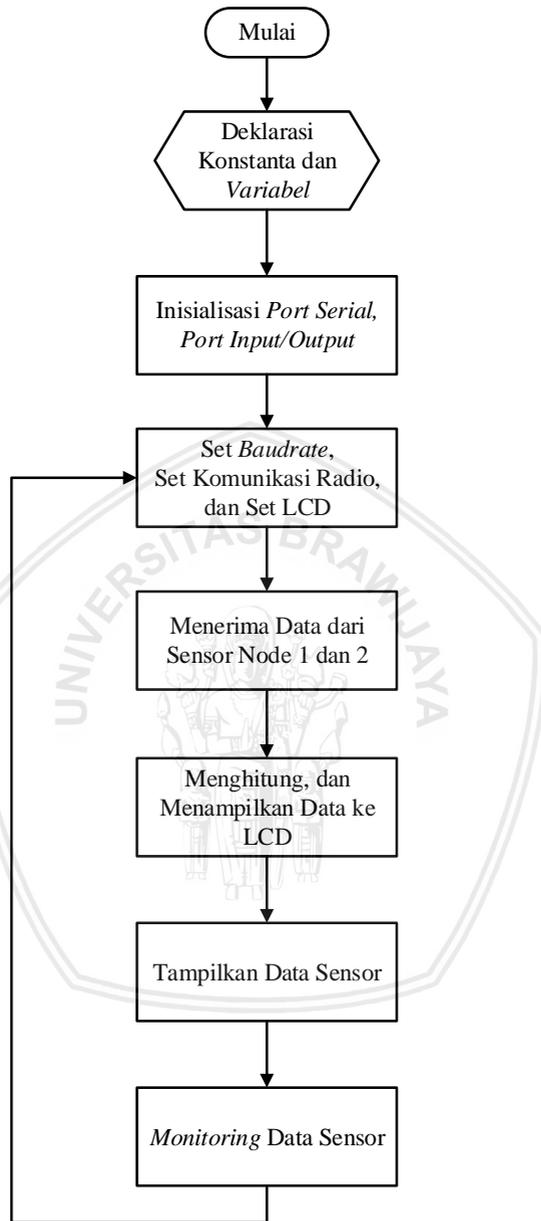
diteruskan dan diterima oleh Arduino Uno ketiga yang diberi nama “*Server*”, dimana *server* nantinya juga akan mengolah data ADC tersebut, yang bertujuan memonitoring data yang ada pada Node 1 dan Node 2 tersebut. *Wireless Module* pada penelitian ini berperan sebagai pengganti kabel yang berfungsi sebagai media komunikasi jarak jauh. Selanjutnya data yang diterima dari Node 1 dan Node 2 akan diolah untuk mendapatkan nilai kadar gas. Nilai kadar gas tersebut akan ditampilkan melalui LCD serta mentrigger *alarm*.

Pada penelitian kali ini, ada dua jenis program yang harus dibuat. Pertama yaitu program TX (pengiriman data), pada Gambar 3.5 merupakan *flowchart* dari program TX. Kedua yaitu program RX (penerima data), pada Gambar 3.6 merupakan *flowchart* dari program RX. Kedua program tersebut merupakan program mikrokontroler Arduino Uno yang dibuat menggunakan *software* Arduino IDE yang sifatnya *opensource*.





Gambar 3.5 Flowchart Program TX (Pengirim Data)



Gambar 3.6 *Flowchart* Program RX (Penerima Data)

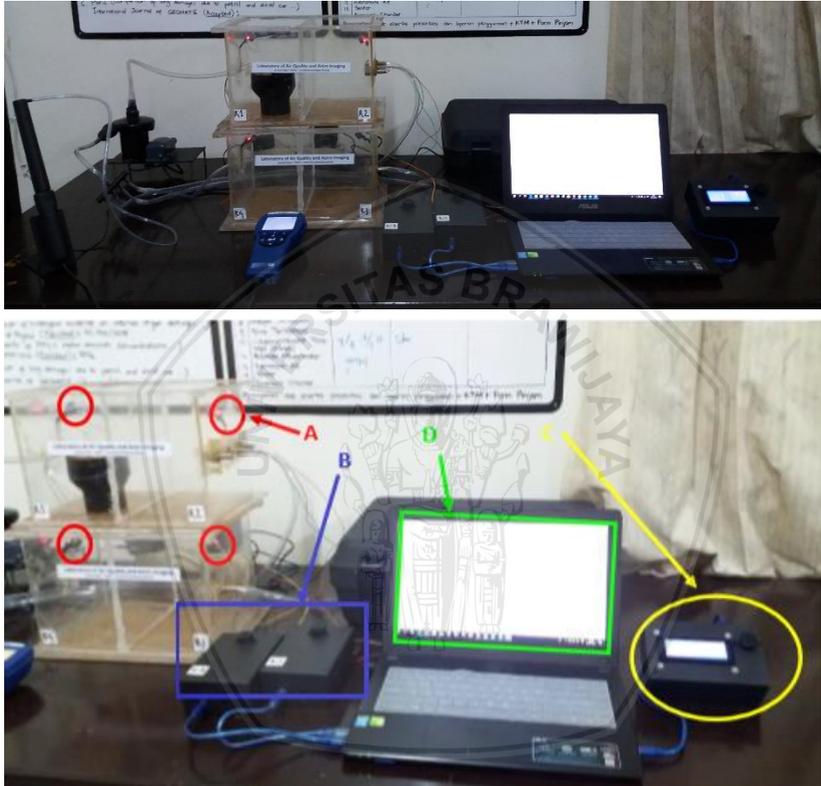
Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Desain Alat

Setelah dilakukannya tahapan desain sistem instrumentasi serta pembuatan alat, dihasilkan sebuah rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran rumah di empat titik seperti tampak pada Gambar 4.1.

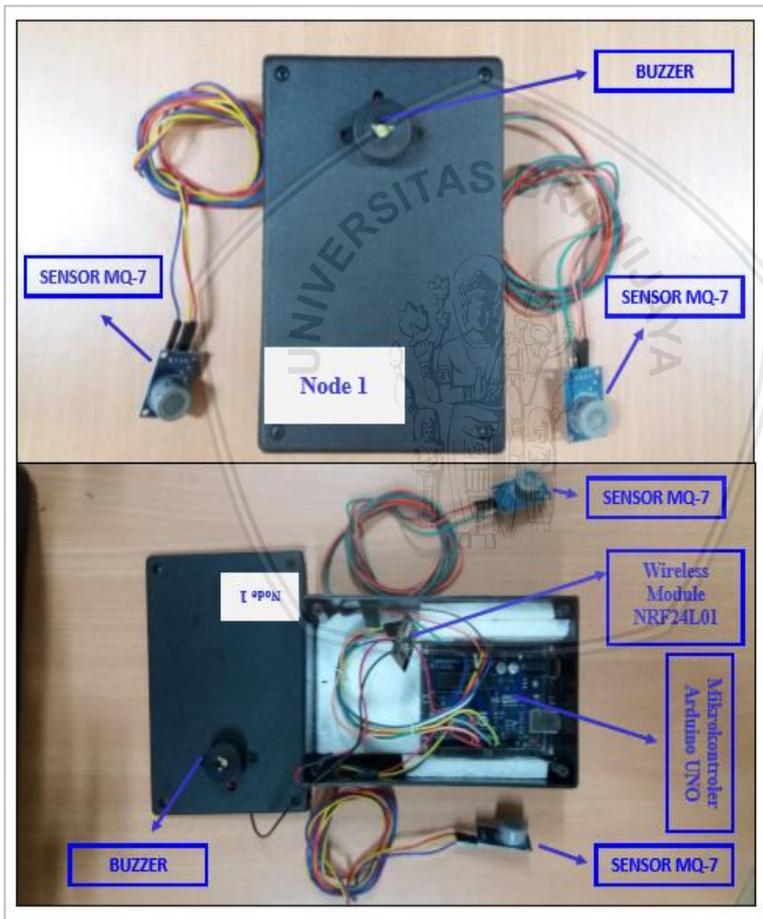


Gambar 4.1 Perangkat keras keseluruhan dari rancang bangun deteksi kebakaran rumah di empat titik

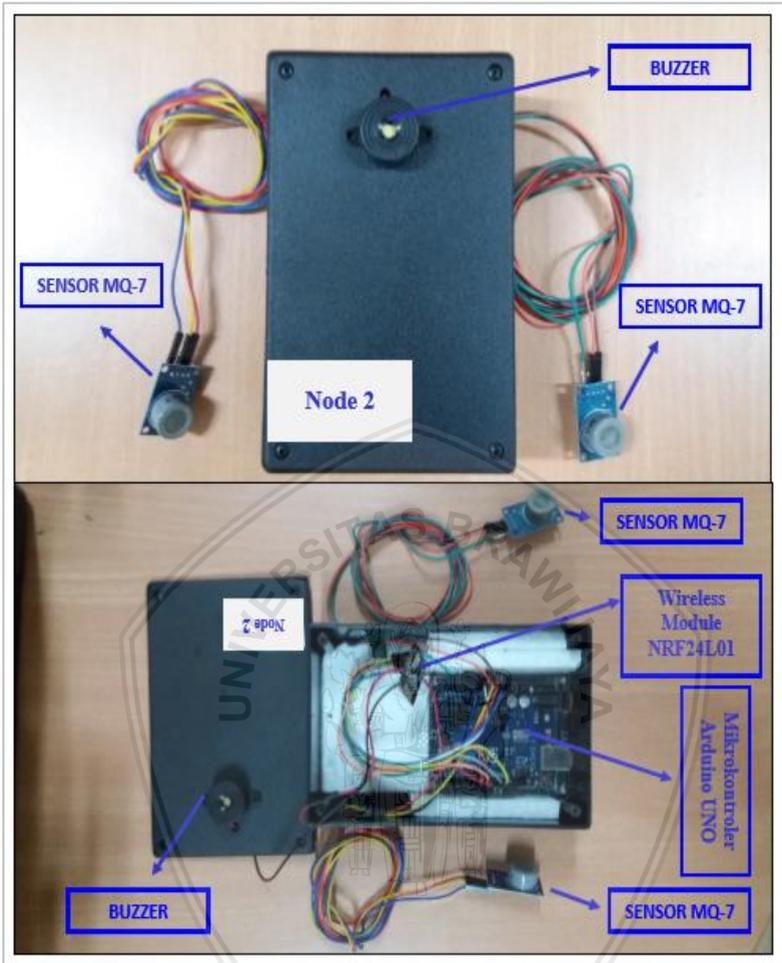
Gambar diatas terdiri dari :

- A. Sensor Gas MQ-7 yang dapat mendeteksi gas karbon monoksida (CO).
- B. *Hardware* dari Node 1 dan 2 yang berisi Arduino Uno, *Wireless Moduls* nRF24L01 dan *Buzzer* yang berfungsi untuk mengakuisisi data.

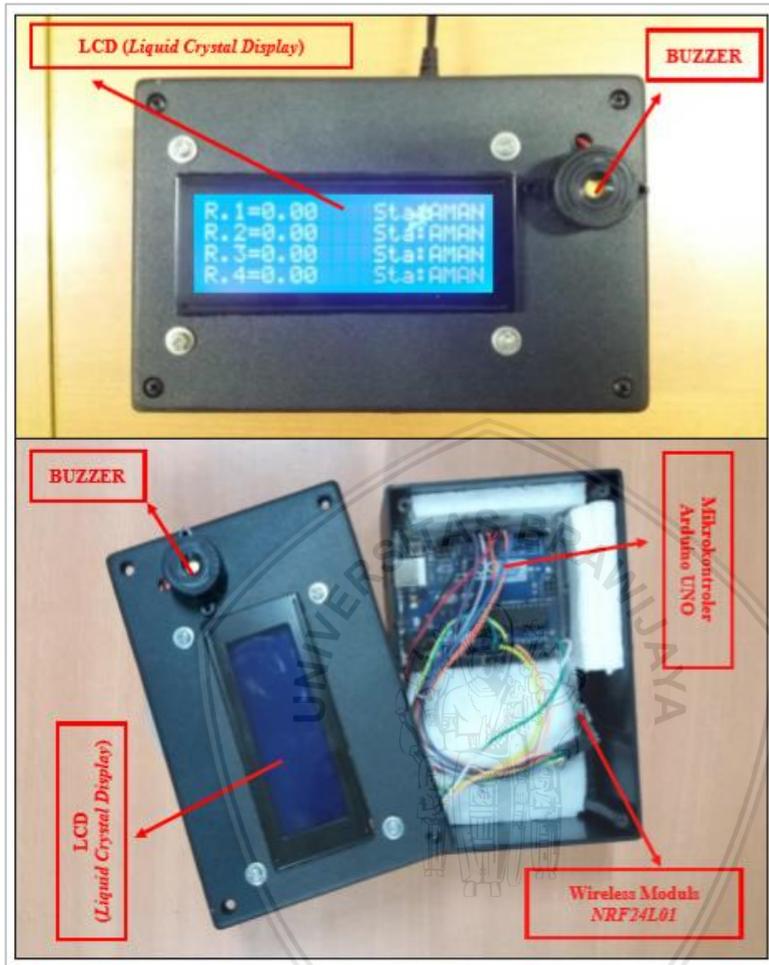
- C. *Hardware server* yang berisi Arduino Uno, *Wireless Moduls* nRF24L01, *Buzzer* dan LCD (*Liquid Crystal Display*), dimana *hardware server* ini memiliki fungsi untuk menerima data yang dikirim oleh Node 1 dan 2, dan akan digunakan sebagai *display*, yang nantinya nilai kadar gas tersebut akan ditampilkan melalui LCD serta mentrigger *alarm*.
- D. PC sebagai alat untuk memprogram *hardware* Node 1,2 dan *Server*. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 adalah bentuk *hardware* dari Node 1 dan 2. Sedangkan Gambar 4.4 adalah bentuk *hardware* dari *server*.



Gambar 4.2 *Hardware* Node 1



Gambar 4.3 Hardware Node 2



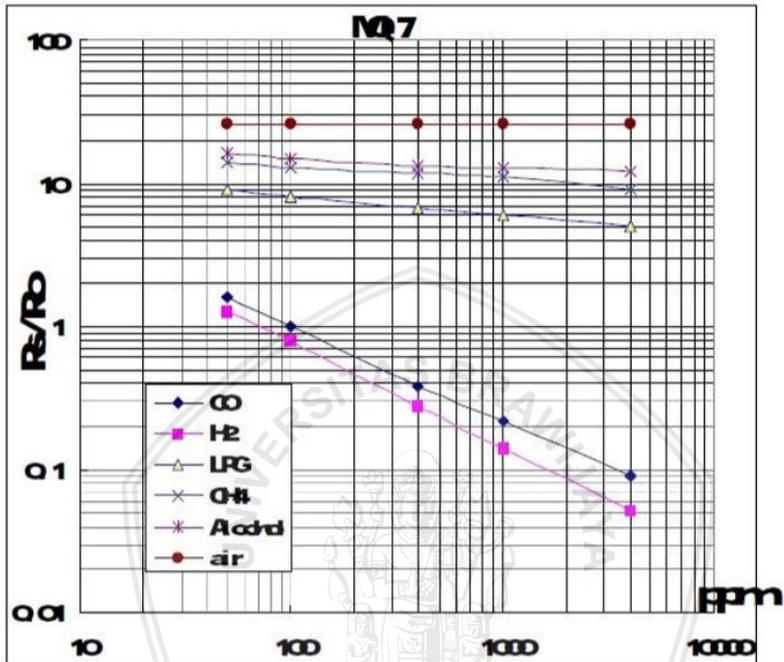
Gambar 4.4 *Hardware Server*

## 4.2 Kalibrasi Alat

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu modul sensor MQ7. Untuk menghindari terjadinya kesalahan pada sensor yang digunakan, diperlukan kalibrasi serta pengujian pada alat tersebut. Proses kalibrasi serta pengujian alat dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi dan Laboratorium *Air Quality* dan *Astro Imaging* Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya.

### 4.2.1 Sensor Gas MQ7

Sensor yang digunakan pada perancangan ini adalah sensor gas tipe MQ-7. Sensor MQ-7 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dengan sensitivitas yang tinggi.



Gambar 4.5 Grafik Karakteristik Sensitivitas MQ-7 (Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor, 2014)

Untuk melakukan analisa terhadap grafik yang ada pada Gambar 4.5, maka dapat dilihat bahwa rasio resistansi sensor MQ-7 ( $R_s/R_0$ ) akan bernilai =1 pada konsentrasi gas CO = 100ppm, yang artinya pada saat konsentrasi gas CO = 100ppm maka nilai  $R_s=R_0$ . Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan berikut :

$$100\text{ppm CO} = R_s/R_0 = 1$$

$$R_s \text{ 100 ppm CO} = R_0$$

Pada penelitian ini alat yang digunakan tidak dapat mendeteksi tepat pada nilai 100ppm, maka pada penelitian ini diambil nilai yang mendekati 100ppm, yaitu 107,1ppm CO dimana  $R_s/R_0 = 3 \text{ k}\Omega$ .

Pada saat melakukan pengujian, digunakan alat ukur konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO) Q-Trak<sup>TM</sup> Indoor Air Quality Meter Model 7565 yang berfungsi sebagai alat kalibrator. Dalam pengujian ini rentang pengukuran disesuaikan dengan kebutuhan. Gambar 3.6 merupakan bentuk fisik dari alat kalibrator Q-Trak<sup>TM</sup> Indoor Air Quality Meter Model 7565.



Gambar 4.6 Q-Trak<sup>TM</sup> Indoor Air Quality Meter Model 7565 (Datasheet Indoor Air Quality Instruments Q-TRAK<sup>TM</sup> Indoor Air Quality Monitor, 2008)

Pada dasarnya nilai konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dalam satuan ppm dapat diketahui dengan cara mengambil beberapa data  $R_s$  (resistansi sensor MQ-7 pada tingkatan konsentrasi gas yang berbeda-beda) dan kemudian dicari model matematisnya (persamaan garis) terhadap setiap perubahan konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Nilai pembacaan  $R_s$  yang dibaca oleh mikrokontroler dalam bentuk ADC kemudian diolah untuk mendapatkan nilai dari  $V_{out}$ ,  $R_s$  dan  $R_s/R_0$ .  $V_{out}$  dihitung sebagai berikut :

$$V_{out} = \left( \frac{R_L}{R_L + R_S} \right) V_{CC}$$

Hasil pengujian sensor (ADC) dengan kalibrator (ppm) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor (ADC) dengan kalibrator (ppm)

t (detik)	Q-Track (ppm)	Sensor MQ-7 (ADC)			Rata - Rata Nilai ADC dari MQ-7	Vout (Volt)	Rs (kΩ)	Rs/R0
		ADC 1	ADC 2	ADC 3				
0	3,7	107	106	107	106,7	0,521	8,600	2,867
1	4,1	107	107	106	106,7	0,521	8,600	2,867
2	4,6	107	107	108	107,3	0,524	8,540	2,847
3	5,0	114	113	113	113,3	0,553	8,035	2,678
4	5,6	139	136	135	136,7	0,667	6,493	2,164
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	60,9	234	233	232	233,0	1,138	3,395	1,132
12	76,3	241	239	240	240,0	1,172	3,267	1,089
13	92,1	248	243	246	245,7	1,200	3,168	1,056
<b>14</b>	<b>107,1</b>	<b>256</b>	<b>250</b>	<b>253</b>	<b>253,0</b>	<b>1,235</b>	<b>3,047</b>	<b>1,016</b>
15	120,4	268	263	266	265,7	1,297	2,854	0,951
16	131,6	269	266	267	267,3	1,305	2,830	0,943
17	141,1	271	269	270	270,0	1,318	2,793	0,931
18	149,3	274	273	273	273,3	1,335	2,746	0,915

19	156,8	275	276	275	275,3	1,344	2,719	0,906
20	163,9	279	279	278	278,7	1,361	2,675	0,892
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
38	271,3	334	335	332	333,7	1,629	2,069	0,690
39	280,9	340	339	337	338,7	1,654	2,024	0,675
40	293,3	337	338	339	338,0	1,650	2,030	0,677
<b>41</b>	<b>308,4</b>	<b>335</b>	<b>336</b>	<b>336</b>	<b>335,7</b>	<b>1,639</b>	<b>2,051</b>	<b>0,684</b>
42	325,4	332	333	332	332,3	1,623	2,081	0,694
43	343,4	333	334	339	335,3	1,637	2,054	0,685
44	361,3	330	332	336	332,7	1,624	2,078	0,693
45	377,6	326	328	330	328,0	1,602	2,122	0,707
46	391,8	334	332	337	334,3	1,632	2,063	0,688
47	414,3	329	330	340	333,0	1,626	2,075	0,692
48	423,6	407	402	390	399,7	1,951	1,562	0,521
49	441,3	426	430	429	428,3	2,091	1,391	0,464

Pada Tabel 4.1 merupakan hasil pengambilan data kalibrasi. Dapat dilihat bahwa nilai  $R_s$  pada saat konsentrasi gas CO 107,1ppm adalah sebesar 3,047 k $\Omega$ . Sesuai dengan persamaan, maka nilai  $R_0$  secara definitif dapat langsung diketahui, yaitu sebesar 3,047 k $\Omega$ . Pengujian ini dilakukan dengan memberikan gas CO dengan cara membakar kertas dan memberikan asap ke dalam ruangan yang terdapat sensor. Bentuk dari perangkat keras keseluruhan dari sistem pengkalibrasi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perangkat keras keseluruhan dari sistem pengkalibrasi

Sensor MQ-7 akan mengeluarkan nilai ADC dan akan dikonversi ke nilai tegangan dengan menggunakan rumus :

Rumus untuk mengetahui  $V_{out}$  (Volt) adalah :

$$V_{out} = \frac{ADC}{2^n} \times V_{CC}$$

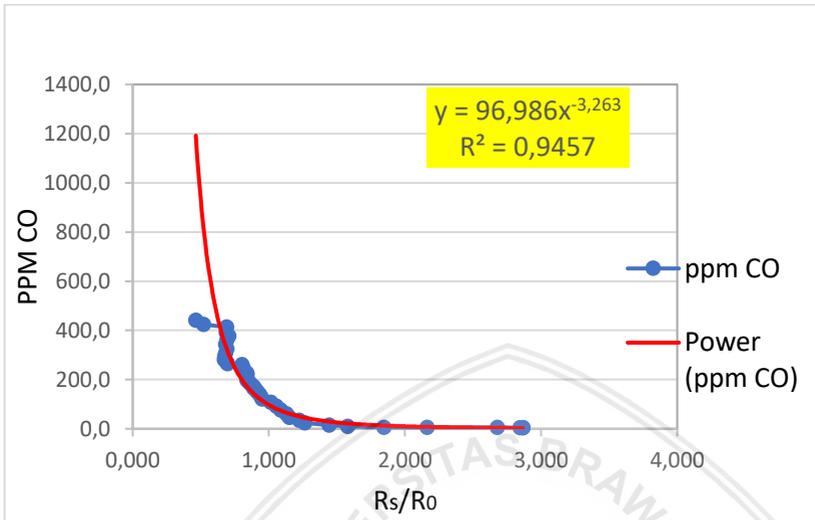
Nilai ADC didapatkan dari nilai yang dihasilkan dari sensor,  $2^n$  adalah nilai max resolusi ADC Arduino yaitu sebesar 10 bit, dan untuk  $V_{CC}$  sebesar 5Volt.

Rumus untuk mengetahui  $R_s$  (k $\Omega$ ) adalah :

$$R_s : \left( \frac{V_{CC}}{V_{out}} \times RL \right) - RL$$

Selanjutnya hubungan antara ppm CO dan  $R_s/R_0$  dituangkan ke dalam bentuk grafik untuk kemudian dicari persamaan atau model matematisnya. Untuk memudahkan *plotting* data ke dalam grafik

serta persamaan tersebut maka digunakan perangkat lunak Ms. Excel.



Gambar 4.8 Grafik PPM dengan RS/R0

Gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara ppm CO dan  $R_s/R_0$ , dengan menggunakan regresi (*trendline*) *power*, maka diperoleh persamaan ( $y=96,986x^{-3,263}$ ) yang merupakan hubungan antara ppm dengan  $R_s/R_0$ . *Trendline* tersebut dipilih karena melihat bentuk kurva pada grafik, selain itu juga dari sisi komputasi dengan menggunakan *trendline* tersebut akan lebih mudah diterapkan pada mikrokontroler.

Pada lembar data sensor MQ-7 terdapat penjelasan mengenai karakteristik sebagai berikut :

Tabel 4.2 Sensitivitas *characteristik* dari *datasheet* Sensor MQ7

<i>Symbol</i>	<i>Parameters</i>	<i>Technical Parameters</i>	<i>Remark</i>
Rs	<i>Surface resistance Of sensitive body</i>	2-20 k $\Omega$	<i>In 100ppm Carbon Monoxide</i>
a (300/100ppm)	<i>Concentration slope rate</i>	<i>Less than</i> 0,5 k $\Omega$	Rs (300PPM)/Rs (100ppm)

Berdasarkan pengujian didapat nilai resistansi sensor (Rs) saat konsentrasi gas karbon monoksida (CO) sebesar 107,1ppm adalah 3,047 k $\Omega$ . Nilai ini sesuai dengan nilai yang ditampilkan pada Tabel 4.2, yaitu antara 2-20k $\Omega$ .

Untuk *Concentration slope rate* dikarenakan pada saat pengambilan data, alat kalibrator tidak bisa mendeteksi tepat pada nilai 300ppm dan 100ppm, sehingga diambil nilai yang mendekati, yaitu pada saat 300ppm diambil nilai 308,4ppm dan pada saat 100ppm diambil nilai 107,1ppm.

$$\text{Concentration slope rate : } R_s (308,4 \text{ ppm}) / R_s (107,1 \text{ ppm}) < 0,5 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Concentration slope rate : } ((0,68 \text{ k}\Omega) / 3 \text{ k}\Omega) < 0,5 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Concentration slope rate : } 0,22 \text{ k}\Omega < 0,5 \text{ k}\Omega$$

Dengan menggunakan perumpamaan tersebut, nilai *concentration slope rate* sudah bernilai <0,5. Oleh karena itu, dapat dipastikan bahwa nilai *concentration slope rate* pada saat konsentrasi gas karbon monoksida (CO) sebesar 308,4 ppm bernilai 0,22k $\Omega$  (<0,5). Dengan demikian sensitivitas sensor MQ-7 yang digunakan sesuai dengan karakteristik pada *datasheet*. Tabel 4.3 menjelaskan hasil pengujian dengan karakteristik sensitivitas MQ-7.

Tabel 4.3 Hasil pengujian sesuai dengan karakteristik sensitivitas sensor MQ-7

No	Parameter	Parameter Teknis (kΩ)	Hasil (kΩ)	Keterangan
1	Rs 100 ppm CO	2-20	3	Sesuai
2	(300ppm/100ppm) CO	<0,5	0,22	Sesuai

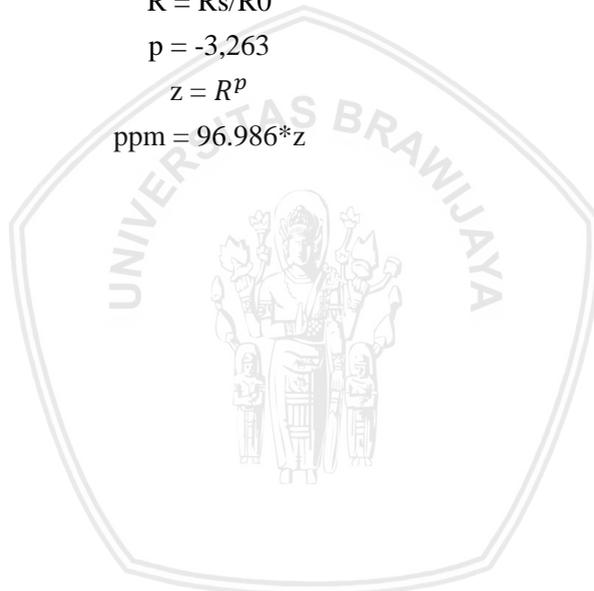
Penggunaan model matematis sensor MQ-7 yang telah diperoleh ( $y=96,986x^{-3,263}$ ) pada kode Arduino diterapkan dengan menggunakan fungsi sebagai berikut :

$$R = R_s/R_0$$

$$p = -3,263$$

$$z = R^p$$

$$\text{ppm} = 96.986 * z$$

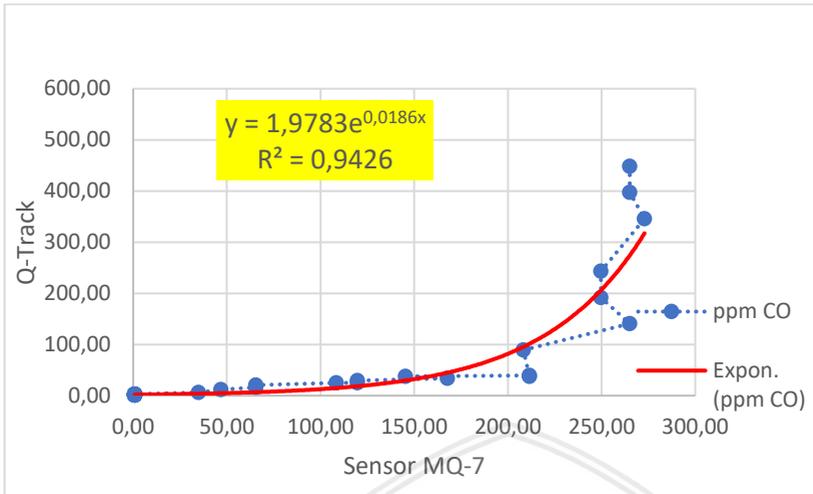


#### 4.2.2 Hubungan Kalibrator Dengan Sensor Yang Digunakan

Tabel 4.4 Hasil pengujian alat kalibrator (*Q-Track*) dengan sensor yang digunakan (Sensor MQ-7)

t ( detik )	<i>Q-Track</i>	Sensor MQ-7
<b>0</b>	1,30	0,84
<b>1</b>	1,30	0,84
<b>2</b>	1,30	0,88
<b>3</b>	1,30	0,84
<b>4</b>	1,30	0,88
<b>5</b>	1,20	0,84
.	.	.
.	.	.
<b>42</b>	89,10	208,29
<b>43</b>	140,40	264,97
<b>44</b>	191,70	249,66
<b>45</b>	243,10	249,66
<b>46</b>	345,70	272,93
<b>47</b>	397,10	264,97
<b>48</b>	448,40	264,97

Pada Tabel 4.4 merupakan hasil dari nilai pembacaan alat kalibrator dan sensor MQ-7, dimana nilai pembacaan yang didapatkan sudah berupa ppm (*part per million*) yang nantinya akan didapatkan hubungan antara *Q-Track* dan Sensor MQ-7.



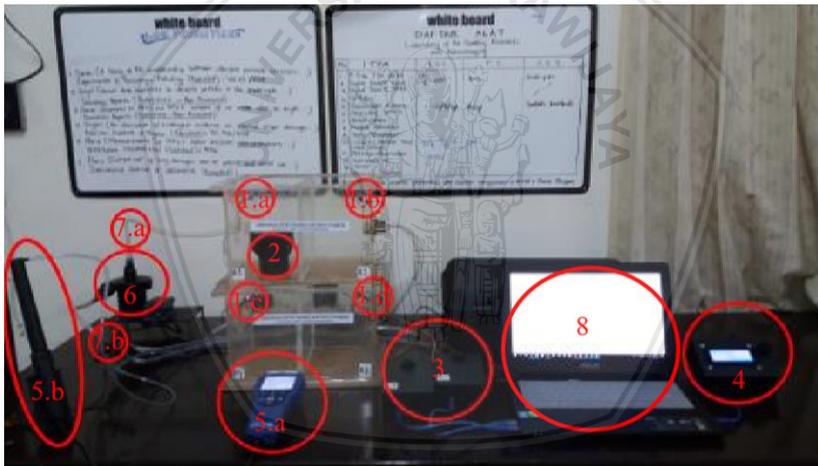
Gambar 4.9 Grafik Hubungan *Q-Track* dan Sensor MQ-7

Berdasarkan pada Gambar 4.9 didapatkan hubungan yang signifikan antara *Q-Trak* dan Sensor MQ-7. Pendekatan numerik yang digunakan mendedikasikan adanya pola eksponensial dengan  $y=1,9783e^{0,0186x}$  dan nilai  $R^2=0,9426$ . Koefisien determinan yang mendekati 1 ini, menunjukkan adanya selisih sebesar 6% pada pembacaan *Q-Track* dan Sensor MQ-7. Nilai perbedaan ini dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti skematik *error*, cara memosisikan probe, penggunaan selang, sambungan selang, distribusi karbon monoksida (CO) yang berbeda, dan perbedaan karakteristik antara sensor MQ-7 dan sensor yang terdapat pada alat kalibrator.

### 4.3 Hasil Dan Pembahasan Data

#### 4.3.1 Pengambilan Data

Rancang bangun alat untuk mendeteksi kebakaran rumah yang dibuat, sudah dapat digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10. Hasil dari akuisisi data dari *hardware* Node 1 dan 2 yang nantinya nilai yang di tampilkan ke *hardware server* yang menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) akan berupa nilai dalam satuan ppm (*part per million*) dan masing-masing *hardware* dapat mentrigger *alarm*. *Alarm* akan menyala jika nilai ppm tepat pada 50ppm atau di atasnya. Hal ini dikarenakan *set point* yang telah ditentukan sebesar 50ppm. Nilai ini ditetapkan mengacu pada artikel yang ditulis oleh (Albertson, 2016) dengan judul “Carbon Monoxide A Silent Killer” yang diterbitkan oleh University Of Alaska Fairbanks. *Set point* bisa diatur dengan keinginan pemakai melalui program Arduino IDE yang telah buat. Jika alat dan penampil sudah dapat berfungsi dengan baik, pengambilan data pun dapat dimulai.



Gambar 4.10 Perangkat keras keseluruhan dari rancang bangun deteksi kebakaran rumah di empat titik pada saat proses pengambilan data.

Keterangan Gambar 4.10:

- Nomor 1.a – 1.d: Sensor 1 MQ-7
- Nomor 2 : Wadah tempat pembakar kertas

- Nomor 3 : Alat Node 1 dan Node 2 ( Yang di dalamnya berisikan Arduino Uno R3 dengan ATmega328, *Wireless ModulsnRF24L01*, dan *Buzzer*.
- Nomor 4 : Alat *Server* ( Yang di dalamnya berisikan Arduino Uno R3 dengan ATmega328, *Wireless ModulsnRF24L01*, *Buzzer* dan LCD ( *Liquid Crystal Display* ).
- Nomor 6 : Alat pembagi asap.
- Nomor 7.a : Selang untuk menerima asap.
- Nomor 7.b : Selang untuk membagi asap.
- Nomor 8 : Laptop Asus *Intel(R) Core (TM) i3-4030U CPU @ 1.90GHz, 1.90GHz*.

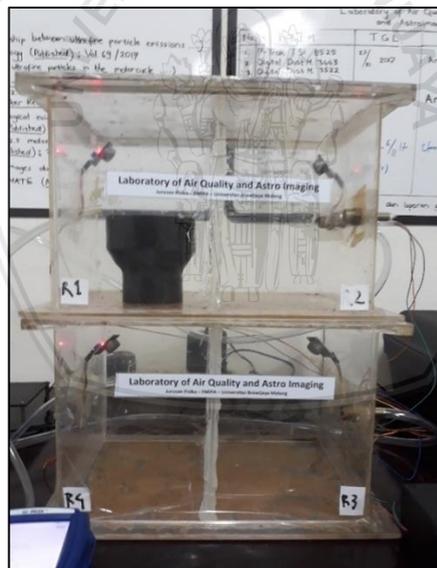
Sesuai dengan judul skripsi, yaitu rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran rumah di empat titik, pengambilan data dilakukan sebanyak 4 kali di 4 sumber yang berbeda, dengan durasi pembacaan 1 detik. Pengambilan data dilakukan menggunakan *prototype* persegi panjang yang terbuat dari bahan akrilik dan diasumsikan sebagai rumah yang memiliki lantai 2 dan masing-masing lantai memiliki 2 ruangan, yang masing-masing ruangan diberi sensor MQ-7 untuk mendeteksi adanya kadar karbon monoksida (CO).

#### **A. Percobaan Pertama (Sumber di Lantai 2 Ruangan 1)**

Pengambilan data pertama dilakukan dengan memberi sumber dilantai 2 di ruangan 1 (R1). Bentuk dari *prototype* dapat dilihat pada Gambar 4.10. Cara pengambilan data dilakukan dengan memberi sumber dengan membakar kertas diwadah yang telah disediakan (nomor 2) yang nantinya akan menghasilkan asap. Asap yang berada di ruangan 1, akan dialirkan menggunakan alat pembagi asap (nomor 6) dengan menggunakan selang bening (nomor 7a dan 7b). Asap yang diterima oleh alat pembagi asap akan dialirkan ke semua ruangan dan asap akan langsung dideteksi oleh ke 4 sensor MQ-7. Pembacaan sensor 1 dan 2 akan di proses pada *hardware* Node 1 dan sensor 3 dan 4 akan diproses *hardware* Node 2, dan *hardware* Node 1 dan 2 akan mengirim data ke *hardware server* menggunakan sistem komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Pada

komunikasi digunakan *Wireless Module* nRF24L01. Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi.

Data yang dikirim oleh *Node* 1 dan 2, akan diolah untuk mendapatkan nilai kadar gas, yang nantinya nilai kadar gas tersebut akan ditampilkan melalui LCD ( *Liquid Crystal Display* ) dengan menampilkan nilai berupa nilai ppm ( *part per million* ) serta mentrigger *alarm*. Agar *alarm* dapat ditrigger, maka program harus di *set point* terlebih dahulu. *Set point* nilai yang telah ditetapkan oleh penulis sebesar 50ppm. *Hardware Node* 1 dan 2 dilengkapi dengan *Buzzer*, yang berfungsi untuk memberikan peringatan berupa suara (*alarm*), sedangkan di *hardware server* juga dilengkapi dengan *Buzzer* dan status dilayar LCD ( *Liquid Crystal Display* ). Status tersebut ada 2 jenis, yaitu “AMAN” dan “AWAS”. Status “Aman” akan muncul ketika nilai pembacaan sensor <50ppm, sedangkan status “Awas” akan muncul ketika nilai pembacaan sensor >50ppm. Status tersebut diprogram di masing-masing ruangan. Bentuk dari *prototype* dari pengambilan data pertama tampak pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pengambilan data dari lantai 2 di ruangan 1

Tabel 4.5 Hasil pembacaan data pada saat percobaan pertama

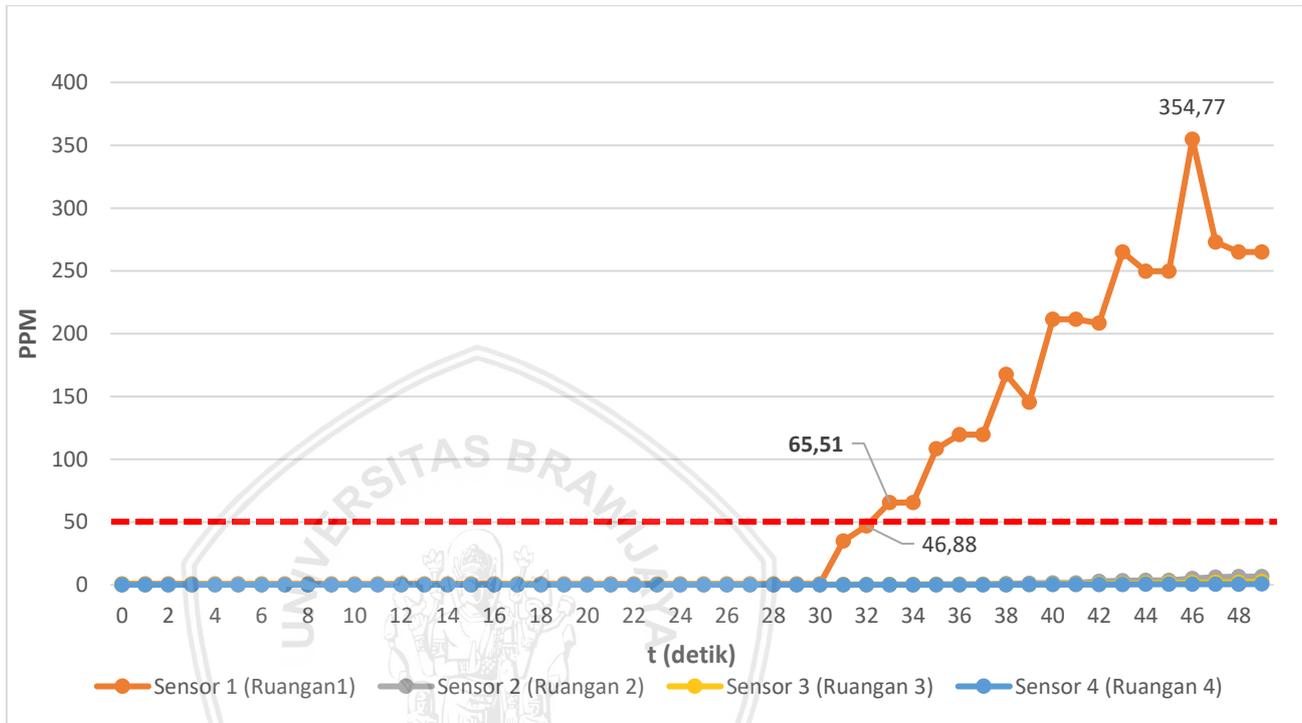
PERCOBAAN I					
t (detik)	Nilai Dari Sensor MQ-7 (ppm)				Status
	S1	S2	S3	S4	
0	0,84	0,30	0,32	0,10	AMAN
1	0,84	0,28	0,32	0,10	AMAN
2	0,88	0,30	0,32	0,10	AMAN
3	0,84	0,30	0,32	0,10	AMAN
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
31	34,91	0,32	0,34	0,10	AMAN
32	46,88	0,34	0,34	0,10	AMAN
33	65,51	0,36	0,34	0,10	AWAS
34	65,51	0,36	0,32	0,10	AWAS
35	108,36	0,50	0,32	0,10	AWAS
36	119,69	0,59	0,34	0,11	AWAS
37	119,69	0,59	0,34	0,12	AWAS
38	167,71	1,10	0,34	0,12	AWAS
39	145,42	1,26	0,36	0,17	AWAS
40	211,49	1,68	0,43	0,20	AWAS
41	211,49	1,68	0,53	0,26	AWAS
42	208,29	2,73	0,76	0,38	AWAS
43	264,97	3,47	0,84	0,38	AWAS
44	264,66	3,70	1,20	0,43	AWAS
45	264,66	3,70	1,55	0,45	AWAS
46	354,77	5,08	1,75	0,48	AWAS
47	272,93	6,07	2,04	0,56	AWAS
48	264,97	6,62	2,04	0,56	AWAS
49	264,97	6,62	2,63	0,69	AWAS

Setelah melakukan pengambilan data dari percobaan pertama, maka didapatkan hasil data seperti pada Tabel 4.6. Dalam percobaan pertama, *alarm* akan memberikan peringatan berupa suara pada saat detik ke 33 dengan nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) sebesar 65,51 ppm, dan nilai-nilai hasil pembacaan sensor tersebut akan ditampilkan di *Liquid Crystal Display* (LCD) yang berada di *hardware server* dan pada saat nilai kadar karbon monoksida (CO) diatas 50ppm, maka *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS”, sedangkan pada saat nilai pembacaan dibawah 50ppm, maka *hardware server* akan memberikan tampilan status “AMAN”, tampak pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tampilan LCD pada percobaan pertama

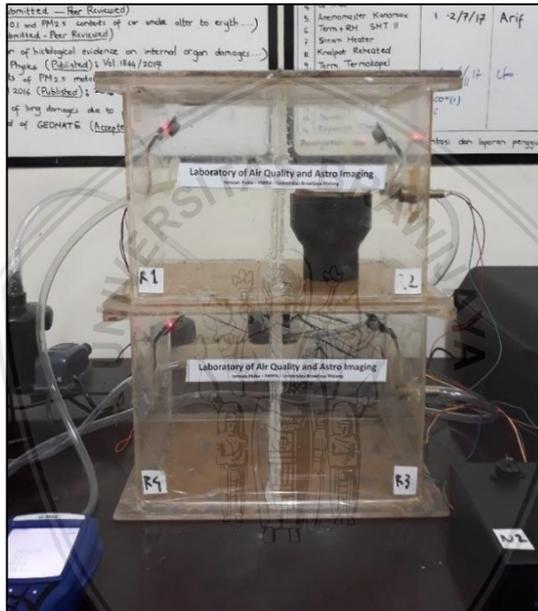
Dari data yang sudah didapatkan, maka dihasilkan grafik untuk hasil percobaan pertama, terlihat pada Gambar 4.13. Sensor MQ-7 yang berada di ruangan 1 sampai dengan ruangan 4, dapat dilihat pada sensor 1 di ruangan 1 didapatkan pembacaan yang sangat tinggi dan di ruangan lainnya tidak menunjukkan kenaikan nilai pembacaan yang tinggi, dikarenakan sumber langsung berada di ruangan 1, dengan demikian nilai yang dibaca oleh sensor 1 lebih tinggi dibanding dengan sensor yang lainnya. Pada saat detik ke 33, sensor 1 yang berada di ruangan 1, nilai pembacaan yang telah didapatkan sudah melewati *Set point* yang ditentukan, sehingga *Buzzer* memberikan peringatan berupa suara dan *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS”.



Gambar 4.13 Grafik Hasil Pembacaan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan pertama

## B. Percobaan Kedua (Sumber di Lantai 2 Ruang 2)

Pengambilan data yang kedua, dapat dilakukan dengan metode atau cara yang sama, seperti yang sudah dilakukan pada percobaan pertama yaitu memberi sumber dengan cara membakar kertas di wadah yang telah disediakan pada lantai 2 di ruangan 2 yang nantinya akan menghasilkan asap dan kemudian asap yang berada di ruangan 2 akan dialirkan menggunakan alat pembagi asap. Asap yang diterima oleh alat pembagi akan dialirkan ke semua ruangan dan asap akan langsung dideteksi oleh ke 4 sensor MQ-7. Bentuk dari *prototype* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengambilan data dari lantai 2 di ruangan 2

Tabel 4.6 Hasil pembacaan data pada saat percobaan kedua

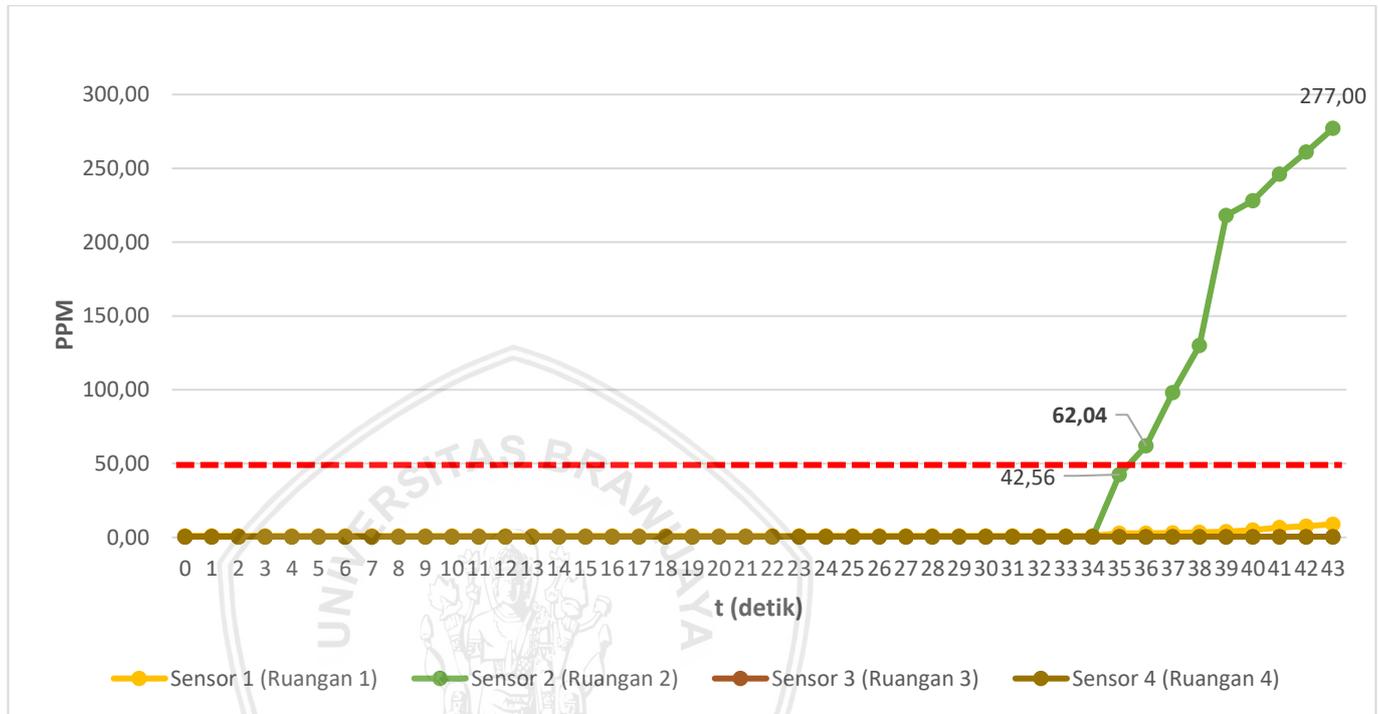
PERCOBAAN II					
t (detik)	Nilai Dari Sensor MQ-7 (ppm)				Status
	S1	S2	S3	S4	
0	1,10	0,34	0,40	0,12	AMAN
1	1,10	0,34	0,43	0,11	AMAN
2	1,10	0,34	0,40	0,12	AMAN
3	1,10	0,34	0,43	0,12	AMAN
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
34	1,15	0,43	0,40	0,12	AMAN
35	2,73	42,56	0,40	0,12	AMAN
36	2,73	62,04	0,43	0,12	AWAS
37	2,93	97,96	0,43	0,12	AWAS
38	3,35	129,89	0,40	0,12	AWAS
39	3,38	218,02	0,40	0,12	AWAS
40	4,92	228,15	0,43	0,14	AWAS
41	6,62	245,95	0,43	0,15	AWAS
42	7,61	261,07	0,43	0,15	AWAS
43	8,96	277,00	0,48	0,20	AWAS

Pada Tabel 4.6 merupakan hasil pengambilan data pada percobaan kedua, dimana dalam percobaan kedua ini, *alarm* memberikan peringatan berupa suara pada saat detik ke 36 dengan nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) sebesar 62,04ppm, dan *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS” karena pada saat detik ke 36 nilai kadar karbon monoksida (CO) sudah melewati batas *set point*. Untuk tampilan LCD dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Tampilan LCD pada percobaan kedua

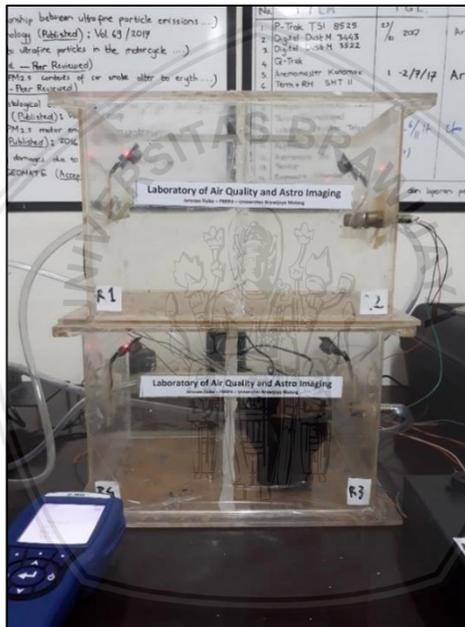
Berdasarkan data yang sudah didapatkan, maka dapat dilihat grafik hasil pengambilan data pada percobaan kedua yang berada pada Gambar 4.16, dimana sensor MQ-7 yang berada di ruangan 1 sampai dengan ruangan 4, terlihat sensor 2 di ruangan 2 mendapatkan hasil pembacaan yang sangat tinggi dan di ruangan lainnya tidak menunjukkan kenaikan nilai pembacaan yang tinggi, hal tersebut dikarenakan sumber langsung berada di ruangan 2, dengan demikian nilai yang dibaca oleh sensor 2 lebih tinggi dibanding dengan sensor yang lainnya. Pada saat detik ke 36, *Buzzer* sudah memberikan peringatan berupa suara dan *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS”, karena nilai pembacaan pada sensor 2 di ruangan 2 sudah melewati *Set point* yang sudah ditentukan.



Gambar 4.16 Grafik Hasil Pembacaan dan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan kedua

### C. Percobaan Ketiga (Sumber di Lantai 1 Ruang 3)

Pengambilan data ketiga, dapat dilakukan dengan metode atau cara yang sama seperti percobaan yang telah dilakukan di percobaan yang pertama dan kedua, yaitu memberi sumber dengan cara membakar kertas di wadah yang telah disediakan di lantai 1 ruangan 3 yang nantinya akan menghasilkan asap dan kemudian asap yang berada di ruangan 3, akan dialirkan menggunakan alat pembagi asap. Asap yang diterima oleh alat pembagi akan dialirkan ke semua ruangan, dan asap akan langsung dideteksi oleh ke 4 sensor MQ-7. Bentuk dari *prototype* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pengambilan data dari lantai 1 di ruangan 3

Tabel 4.7 Hasil pembacaan data pada saat percobaan ketiga

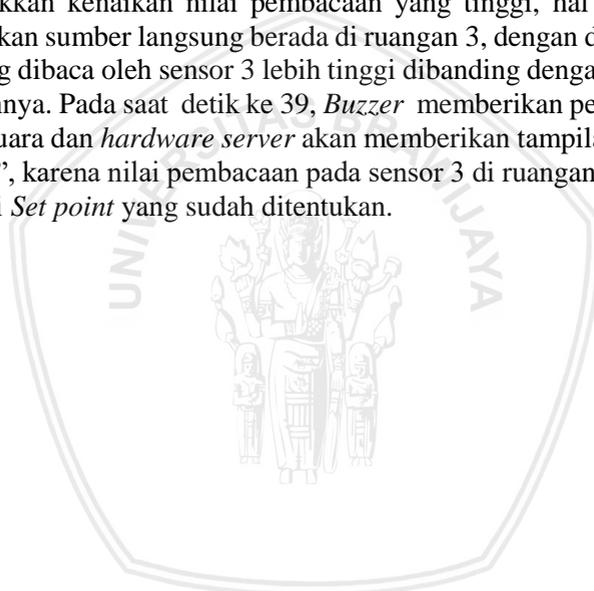
PERCOBAAN III					
t (detik)	Nilai Dari Sensor MQ-7 (ppm)				Status
	S1	S2	S3	S4	
0	0,96	0,32	1,68	0,80	AMAN
1	0,96	0,32	1,68	0,80	AMAN
2	0,92	0,32	1,61	0,80	AMAN
3	0,96	0,32	1,61	0,80	AMAN
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
30	1,01	0,36	1,82	0,84	AMAN
.	.	.	.	.	.
38	1,01	0,36	48,70	0,84	AMAN
39	1,06	0,38	138,56	0,88	AWAS
40	1,06	0,38	211,49	0,88	AWAS
41	1,10	0,38	211,49	0,88	AWAS
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
54	6,62	1,06	268,93	1,49	AWAS
55	7,61	1,31	228,15	1,61	AWAS
56	7,61	1,37	202,01	1,60	AWAS

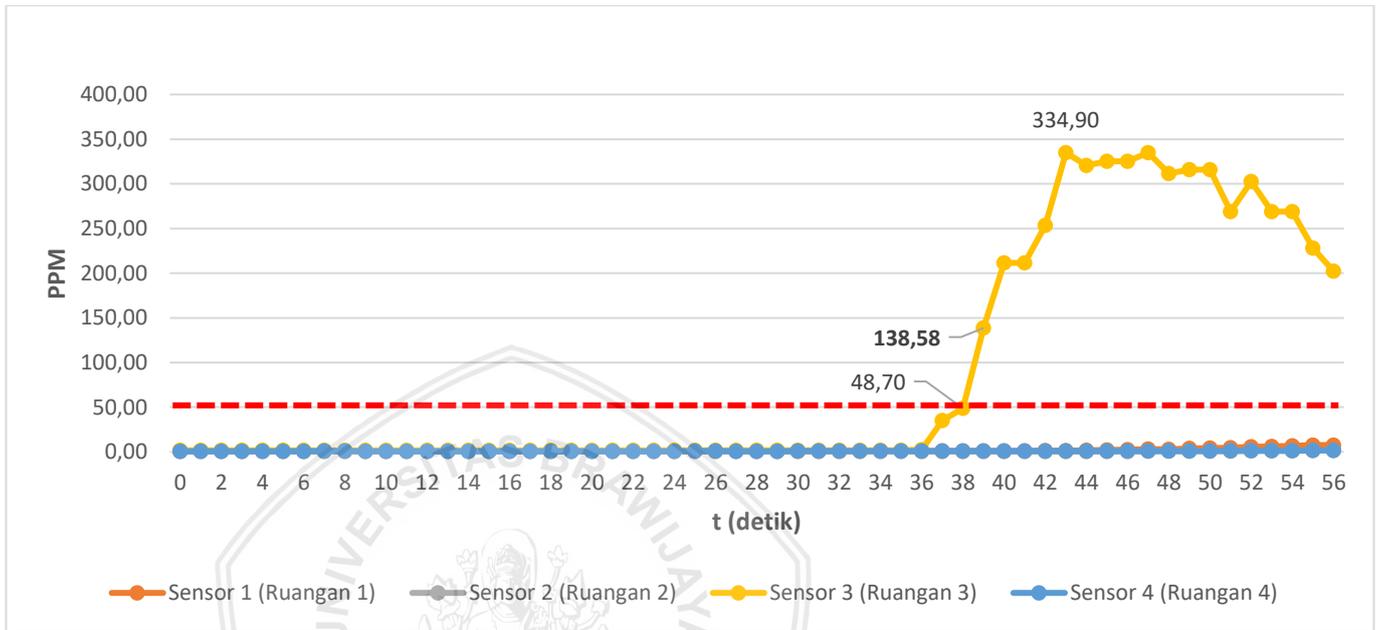
Pada percobaan ketiga, didapatkan hasil data seperti yang terlihat pada Tabel 4.7. Dalam percobaan ketiga, *alarm* akan memberikan peringatan berupa suara pada saat detik ke 39 dengan nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) sebesar 138,56ppm, dan nilai-nilai hasil pembacaan sensor tersebut akan ditampilkan di *Liquid Crystal Display* (LCD) yang berada di *hardware server* dan pada saat nilai kadar karbon monoksida (CO) diatas 50ppm, maka *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS”, terlihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Tampilan LCD pada percobaan ketiga

Setelah melakukan pengambilan data, maka didapatkan grafik hasil pengambilan data percobaan ketiga yang berada pada Gambar 4.19, dimana sensor MQ-7 yang berada di ruangan 1 sampai dengan ruangan 4, terlihat sensor 3 di ruangan 3 mendapatkan hasil pembacaan yang sangat tinggi dan di ruangan lainnya tidak menunjukkan kenaikan nilai pembacaan yang tinggi, hal tersebut dikarenakan sumber langsung berada di ruangan 3, dengan demikian nilai yang dibaca oleh sensor 3 lebih tinggi dibanding dengan sensor yang lainnya. Pada saat detik ke 39, *Buzzer* memberikan peringatan berupa suara dan *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS”, karena nilai pembacaan pada sensor 3 di ruangan 3 sudah melewati *Set point* yang sudah ditentukan.

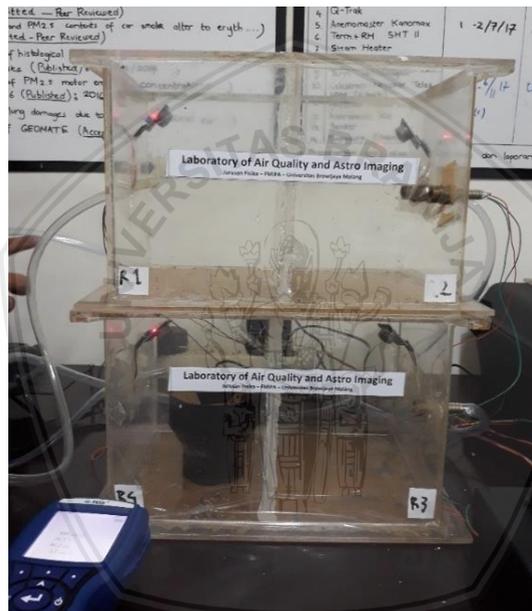




Gambar 4.19 Grafik Hasil Pembacaan dan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan ketiga.

#### D. Percobaan Keempat (Sumber di Lantai 1 Ruang 4)

Pada Gambar 4.20 adalah bentuk dari *prototype* percobaan keempat, dimana pengambilan data keempat dapat dilakukan dengan metode atau cara yang sama seperti percobaan yang telah dilakukan di percobaan yang pertama sampai dengan yang ketiga, yaitu memberi sumber dengan cara membakar kertas diwadah yang telah disediakan di lantai 1 ruangan 4 yang nantinya akan menghasilkan asap dan kemudian asap yang berada di ruangan 4, akan dialirkan menggunakan alat pembagi asap. Asap yang diterima oleh alat pembagi akan dialirkan ke semua ruangan dan asap kemudian dideteksi oleh ke 4 sensor MQ-7.



Gambar 4.20 Pengambilan data dari lantai 1 di ruangan 4

Tabel 4.8 Hasil pembacaan data pada saat percobaan keempat

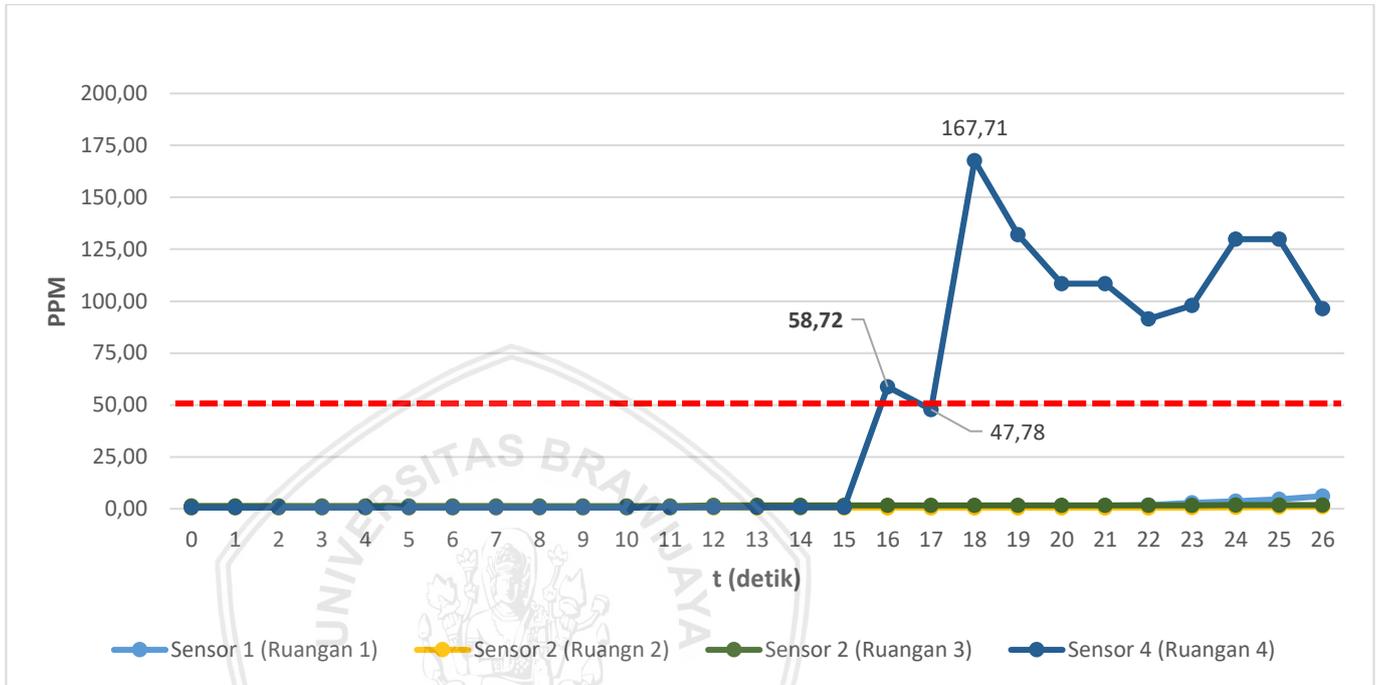
PERCOBAAN IV					
t (detik)	Nilai Dari Sensor MQ-7 (ppm)				Status
	S1	S2	S3	S4	
0	1,06	0,40	1,31	0,53	AMAN
1	1,06	0,40	1,31	0,53	AMAN
2	1,06	0,43	1,31	0,53	AMAN
3	1,06	0,40	1,31	0,56	AMAN
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
15	1,06	0,43	1,68	0,76	AMAN
16	1,06	0,43	1,68	58,72	AWAS
17	1,06	0,43	1,68	47,78	AMAN
18	1,06	0,43	1,68	167,71	AWAS
19	1,06	0,43	1,68	132,71	AWAS
20	1,31	0,45	1,68	108,36	AWAS
21	1,55	0,45	1,68	108,36	AWAS
22	1,82	0,45	1,68	91,51	AWAS
23	2,93	0,59	1,68	97,96	AWAS
24	3,58	0,68	1,75	129,89	AWAS
25	4,63	0,88	1,75	129,89	AWAS
26	6,07	1,01	1,82	96,31	AWAS

Dalam percobaan keempat, terlihat pada Tabel 4.8 *alarm* akan memberikan peringatan berupa suara pada saat detik ke 16 dengan nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) sebesar 58,72ppm, dan nilai-nilai hasil pembacaan sensor tersebut akan ditampilkan di *Liquid Crystal Display* (LCD) yang berada di *hardware server* dan pada saat nilai kadar karbon monoksida (CO) diatas 50ppm, maka *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS”, tampak pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Tampilan LCD pada percobaan keempat

Setelah melakukan pengambilan data, maka didapatkan grafik hasil pengambilan data pada percobaan keempat yang berada pada Gambar 4.22, dimana sensor MQ-7 yang berada di ruangan 1 sampai dengan ruangan 4, terlihat sensor 4 di ruangan 4 mendapatkan hasil pembacaan yang sangat tinggi dan di ruangan lainnya tidak menunjukkan kenaikan nilai pembacaan yang tinggi, hal tersebut dikarenakan sumber langsun berada di ruangan 4, dengan demikian nilai yang dibaca oleh sensor 4 lebih tinggi dibanding dengan sensor yang lainnya. Pada saat detik ke 16, *hardware server* akan memberikan tampilan status “AWAS” dan *Buzzer* memberikan peringatan berupa suara, karena nilai pembacaan pada sensor 4 di ruangan 4 sudah melewati *Set point* yang sudah ditentukan.



Gambar 4.22 Grafik Hasil Pembacaan dan Sensor Gas MQ-7 pada percobaan keempat

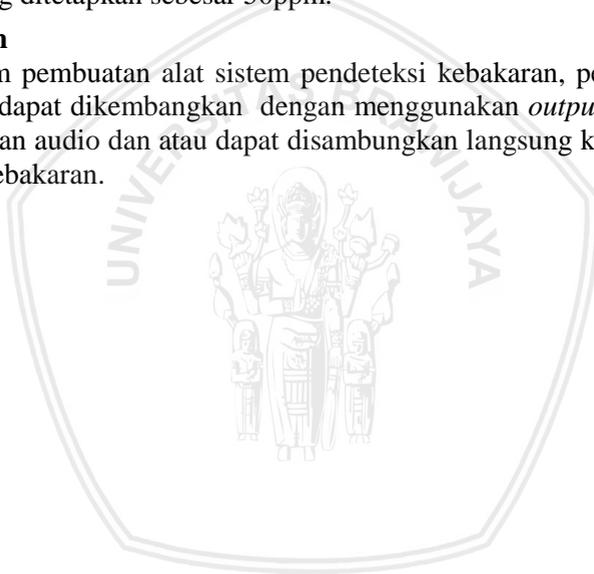
## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat instrumen sistem pendeteksi kebakaran dini di empat titik dengan menggunakan sensor MQ-7 dan sistem telemetri *wireless module* nRF24L01 berbasis Arduino UNO. Pendeteksi kebakaran yang telah dibuat pada penelitian ini berfungsi untuk memberikan peringatan suara dari *buzzer*, serta memberikan informasi titik terjadinya kebakaran dengan menggunakan LCD. *Alarm* akan memberikan peringatan ketika nilai pembacaan melewati batas nilai *setpoint* yang telah ditetapkan, dimana nilai *setpoint* yang ditetapkan sebesar 50ppm.

### 5.2 Saran

Dalam pembuatan alat sistem pendeteksi kebakaran, penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan *output* berupa suara rekaman audio dan atau dapat disambungkan langsung ke sistem pemadam kebakaran.

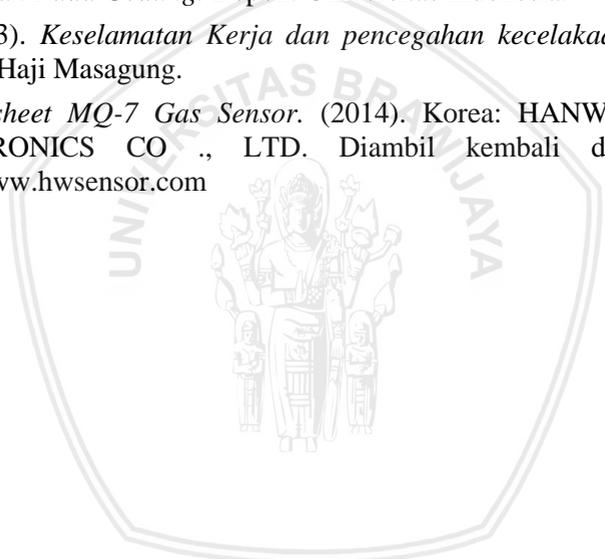


Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR PUSTAKA

- Albertson, L. (2016, September). Carbon Monoxide A Silent Killer. *Cooperative Extension*. Diambil kembali dari <http://www.uaf.edu/ces> or 1-877-520-5211
- Chang, R. (2004). *Kimia Dasar : Konsep-konsep Inti* (3 ed.). Jakarta: Erlangga.
- Datasheet 20 x 4 Character LCD*. (2012). Diambil kembali dari <http://www.vishay.com>
- Datasheet Arduino UNO*. (2010). England,328. Diambil kembali dari <http://www.hwsensor.com>
- Datasheet Indoor Air Quality Instruments Q-TRAK™ Indoor Air Quality Monitor*. (2008). USA: TSI Incorporated. Diambil kembali dari <http://www.tsi.com>
- Datasheet Piezo Buzzer 41.P25L120A-LF*. (2012). IMO. Diambil kembali dari <http://www.imopc.com>
- Depnakertrans, (Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi). (2008). *Materi Evaluasi dan penunjukan Calon Ahli K3*. Jakarta: Pengawasan K3 Penanggulangan Kebakaran.
- Huang, J., Kuo, H.-C., & Shen, S.-C. (2018). *Nitride Semiconductor Light-Emitting Diodes (LEDs) Materials, Thechnologies, and Applications*. Cambridge: Mathew Deans.
- IFSTA, (International Fire Service Training Association). (1993). *Essential of Fire Fighting*. USA.
- Maurya, S., Chakraborty , S., Srivastava, A., & Meher, P. (2016). A Wireless Home Automation System (SMART HOME) for Safety and Sustenance in aHome Environment Using ARDUINO UNO and NRF24L01. *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)*, 1(5), 215-218. Diambil kembali dari [www.ijdsr.org](http://www.ijdsr.org)
- Moran, M., Shapiro, & Howard N. (2004). *Termodinamika Teknik* (4 ed.). (Simarmata Lameda, Penyunt.) Jakarta: Erlangga.
- Narudin, & Adrian F.N. Venema. (2011). *Sensor Technology*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- repository.ub.ac.id
- NFPA, (National Fire Protection Association). (1986). *Health Care Facilities, edition One Battermarch Park, Quincy. Massachusetts.*
- Oktariawan, M., & Sugiyanto. (2013). *Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560.* Lampung: Teknik Mesin Universitas Lampung.
- Pusdiklatkar. (2006). *Modul Pelatihan : Perilaku Api.* Jakarta.
- Ramli, S. (2010). *Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja, OHSAS 18001, Seri Manajemen K3 01 /DRY.* Jakarta: Dian Rakyat.
- Sari, K. (2007). *Evaluasi Sistem Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Pada Gedung.* Depok: Universitas Indonesia.
- Suma'mur. (1993). *Keselamatan Kerja dan pencegahan kecelakaan.* Jakarta: Haji Masagung.
- Technical Datasheet MQ-7 Gas Sensor.* (2014). Korea: HANWEI ELECTRONICS CO ., LTD. Diambil kembali dari <http://www.hwsensor.com>
- 

# LAMPIRAN

## Lampiran A. 1 Datasheet Arduino Uno R3

### Technical Specification

EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board

**radiospares**
**RADIONICS**

## Lampiran A. 2 Program Hardware Node 1

No	Source Code
1	#include <SPI.h>
2	#include <nRF24L01.h>
3	#include <RF24.h>
4	#define led 12
5	#include <printf.h>
6	
7	RF24 radio(7, 8);
8	const uint64_t pipes[3] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0E2LL,
9	0xF0F0F0F0E3LL };
10	int ledPin = 9;
11	int ledState = LOW;
12	unsigned long SendpreviousMillis = 0;
13	unsigned long BuzpreviousMillis = 0;
14	const long BuzzerInterval = 300;
15	const long SendInterval = 100;
16	unsigned long currentMillis =0;
17	int SensorGas[6];
18	float sens1,sens2,mSens1,mSens2;
19	float VS1,VS2;
20	float R0=3;
21	float SmokeA,SmokeB;
22	int gasVal1,gasVal2,vGas1,vGas2;
23	float gas1,gas2;
24	float Resistance1,Resistance2, UdaraBersih1,UdaraBersih2;
25	float ratio1,ratio2,ratiopow1,ratiopow2;
26	
27	void setup() {
28	pinMode(ledPin, OUTPUT);
29	Serial.begin(9600);
30	printf_begin();
31	pinMode(12, OUTPUT);
32	radio.begin();
33	radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
34	radio.openWritingPipe(pipes[0]);
35	radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
36	radio.startListening();
37	}
38	
39	
40	void Monitoring(int sensorGas[]) {

```
41 if (currentMillis - BuzpreviousMillis >= BuzzerInterval) {
42     BuzpreviousMillis = currentMillis;
43     if (SmokeA >50.00 || SmokeB>50.00 ) {
44         if (ledState == LOW) {
45             ledState = HIGH;
46         } else {
47             ledState = LOW;
48         }
49         digitalWrite(ledPin, ledState);
50     }else{
51         digitalWrite(ledPin, LOW);
52     }
53
54 }
55 }
56
57 void SendSensorsData() {
58     if (currentMillis - SendpreviousMillis >= SendInterval) {
59         SendpreviousMillis = currentMillis;
60         radio.write(&SensorGas, sizeof(SensorGas));
61     }
62 }
63 void hitungGAs()
64 {
65     gasVal1=analogRead(0);
66     gasVal2=analogRead(1);
67     gas1=gasVal1;
68     gas2=gasVal2;
69     VS1 =gas1*5/1024;
70     VS2 =gas2*5/1024;
71     Resistance1=((5/VS1)*1)-1;
72     Resistance2=((5/VS2)*1)-1;
73     ratio1=Resistance1/R0;
74     ratio2=Resistance2/R0;
75     ratiopow1=pow(ratio1,-3.263);
76     ratiopow2=pow(ratio2,-3.263);
77     SmokeA=ratiopow1*96.986;
78     SmokeB=ratiopow2*96.986;
79 }
80
81 void loop() {
82     currentMillis = millis();
83     delay(5);
```

```
84     radio.stopListening();
85     hitungGAs();
86     SensorGas[0] = 111;
87     SensorGas[1] = gasVal1;
88     SensorGas[2] = gasVal2;
89     SendSensorsData();
90     Serial.print("Ruang 1 ");
91     Serial.print("=" );
92     Serial.print(SmokeA);
93     Serial.print(" ");
94     Serial.print("Ruang 2 ");
95     Serial.print("=" );
96     Serial.println(SmokeB);
97     Monitoring(SensorGas);
98 }
99
100
```



## Lampiran A. 3 Program *Hardware* Node 2

No	Source Code
1	#include <SPI.h>
2	#include <nRF24L01.h>
3	#include <RF24.h>
4	#define led 12
5	#include <printf.h>
6	
7	RF24 radio(7, 8);
8	const uint64_t pipes[3] = { 0xF0F0F0F0E1LL, 0xF0F0F0F0E2LL,
9	0xF0F0F0F0E3LL };
10	int ledPin = 9;
11	int ledState = LOW;
12	unsigned long SendpreviousMillis = 0;
13	unsigned long BuzpreviousMillis = 0;
14	const long BuzzerInterval = 300;
15	const long SendInterval = 100;
16	unsigned long currentMillis = 0;
17	int SensorGas[6];
18	float sens1,sens2,mSens1,mSens2;
19	float VS1,VS2;
20	float R0=3;
21	float SmokeA,SmokeB;
22	int gasVal1,gasVal2,vGas1,vGas2;
23	float gas1,gas2;
24	float SmokeCurve[3] = {2.3,0.71,-0.31 };
25	float Resistance1,Resistance2, UdaraBersih1,UdaraBersih2;
26	float ratio1,ratio2,ratiopow1,ratiopow2;
27	
28	void setup() {
29	pinMode(ledPin, OUTPUT);
30	Serial.begin(9600);
31	printf_begin();
32	pinMode(12, OUTPUT);
33	radio.begin();
34	radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
35	radio.openWritingPipe(pipes[0]);
36	radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
37	radio.startListening();
38	}
39	
40	void Monitoring(int sensorGas[]) {

```
41  if (currentMillis - BuzpreviousMillis >= BuzzerInterval) {
42      BuzpreviousMillis = currentMillis;
43  if (SmokeA >50.00 || SmokeB>50.00 ) {
44      if (ledState == LOW) {
45          ledState = HIGH;
46      } else {
47          ledState = LOW;
48      }
49      digitalWrite(ledPin, ledState);
50  }else{
51  digitalWrite(ledPin, LOW);
52  }
53
54  }
55  }
56
57  void SendSensorsData() {
58  if (currentMillis - SendpreviousMillis >= SendInterval) {
59      SendpreviousMillis = currentMillis;
60      radio.write(&SensorGas, sizeof(SensorGas));
61  }
62  }
63  void hitungGAs()
64  {
65      gasVal1=analogRead(0);
66      gasVal2=analogRead(1);
67      gas1=gasVal1;
68      gas2=gasVal2;
69      VS1 =gas1*5/1024;
70      VS2 =gas2*5/1024;
71      Resistance1=((5/Vs1)*1)-1;
72      Resistance2=((5/Vs2)*1)-1;
73      ratio1=Resistance1/R0;
74      ratio2=Resistance2/R0;
75      ratiopow1=pow(ratio1,-3.263);
76      ratiopow2=pow(ratio2,-3.263);
77      SmokeA=ratiopow1*96.986;
78      SmokeB=ratiopow2*96.986;
79  }
80
81  void loop() {
82      currentMillis = millis();
83      delay(5);
```

```
84     radio.stopListening();
85     hitungGAs();
86     SensorGas[3] = 222;
87     SensorGas[4] = gasVal1;
88     SensorGas[5] = gasVal2;
89     SendSensorsData();
90     Serial.print("Ruang 3 ");
91     Serial.print("=" );
92     Serial.print(SmokeA);
93     Serial.print(" ");
94     Serial.print("Ruang 4 ");
95     Serial.print("=" );
96     Serial.println(SmokeB);
97     Monitoring(SensorGas);
98 }
99
100
```



Lampiran A. 4 Program Hardware Server

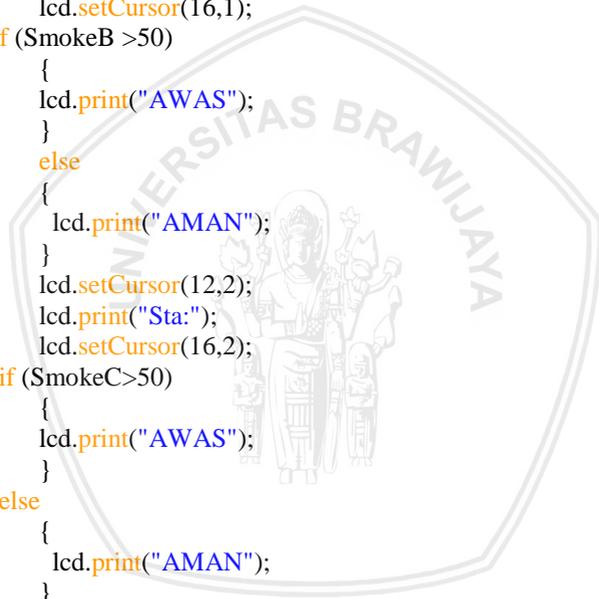
No	Source Code
1	#include <SPI.h>
2	#include <nRF24L01.h>
3	#include "RF24.h"
4	#include <printf.h>
5	#include <Wire.h>
6	#include <LCD.h>
7	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
8	#include <stdio.h>
9	#include <stdlib.h>
10	RF24 radio(7, 8);
11	const uint64_t pipes[3] = { 0xF0F0F0F0E1LL,
12	0xF0F0F0F0E2LL, 0xF0F0F0F0E3LL };
13	LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4);
14	
15	int ledPin = 9;
16	unsigned long LcdpreviousMillis = 0;
17	unsigned long BuzpreviousMillis = 0;
18	const long Buzinterval = 300;
19	const long Lcdinterval = 50;
20	unsigned long currentMillis = 0;
21	int Buzer[4];
22	int GasSensors[6];
23	int sensor[6];
24	bool PlaySoundNotif = false;
25	int ledState = LOW;
26	float sens1,sens2,sens3,sens4;
27	float VS1,VS2,VS3,VS4;
28	float SmokeA,SmokeB,SmokeC,SmokeD;
29	float Resistance1,Resistance2,Resistance3,Resistance4;
30	float
31	ratio1,ratio2,ratio3,ratio4,ratiopow1,ratiopow2,ratiopow3,ratio
32	pow4;
33	float Vcc=5,RL=1,ratio,pangkat=-3.263;
34	float R0=3;
35	void setup() {
36	pinMode(ledPin, OUTPUT);
37	Serial.begin(9600);
38	printf_begin();
39	radio.begin();
40	radio.setDataRate(RF24_250KBPS);

```
41 radio.openReadingPipe(0, pipes[0]);
42 radio.openReadingPipe(1, pipes[1]);
43 radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
44 radio.startListening();
45   lcd.begin(20, 4);
46   lcd.setBacklight(HIGH);
47   lcd.clear();
48   lcd.init();
49   lcd.clear();
50   lcd.backlight();
51 }
52
53 void SetSensorsData() {
54   delay(5);
55   if (radio.available()) {
56     radio.read(&GasSensors, sizeof(GasSensors));
57     if (GasSensors[0] == 111) {
58       sensor[1] = GasSensors[1];
59       sensor[2] = GasSensors[2];
60     }
61     if (GasSensors[3] == 222) {
62       sensor[3] = GasSensors[4];
63       sensor[4] = GasSensors[5];
64     }
65   }
66 }
67 void GetSensorsData() {
68   sens1=sensor[1];
69   sens2=sensor[2];
70   sens3=sensor[3];
71   sens4=sensor[4];
72
73   VS1=(sens1/1024)*5;
74   VS2=(sens2/1024)*5;
75   VS3=(sens3/1024)*5;
76   VS4=(sens4/1024)*5;
77
78   Resistance1=((Vcc/VS1)*RL)-RL;
79   Resistance2=((Vcc/VS2)*RL)-RL;
80   Resistance3=((Vcc/VS3)*RL)-RL;
81   Resistance4=((Vcc/VS4)*RL)-RL;
82
83   ratio1=Resistance1/R0;
```

```
84 ratio2=Resistance2/R0;
85 ratio3=Resistance3/R0;
86 ratio4=Resistance4/R0;
87
88 ratiopow1=pow(ratio1,pangkat);
89 ratiopow2=pow(ratio2,pangkat);
90 ratiopow3=pow(ratio3,pangkat);
91 ratiopow4=pow(ratio4,pangkat);
92
93 SmokeA=96.986*ratiopow1;
94 SmokeB=96.986*ratiopow2;
95 SmokeC=96.986*ratiopow3;
96 SmokeD=96.986*ratiopow4;
97
98     if (currentMillis - LcdpreviousMillis >= Lcdinterval) {
99         LcdpreviousMillis = currentMillis;
100         delay(100);
101         lcd.clear();
102         lcd.setCursor(0,0);
103         lcd.print("R.1");
104         lcd.print("=");
105         lcd.setCursor(4,0);
106
107         lcd.print(SmokeA);
108         lcd.setCursor(0,1);
109         lcd.print("R.2");
110         lcd.print("=");
111         lcd.setCursor(4,1);
112
113         lcd.print(SmokeB);
114         lcd.setCursor(0,2);
115         lcd.print("R.3");
116         lcd.print("=");
117         lcd.setCursor(4,2);
118
119         lcd.print(SmokeC);
120         lcd.setCursor(0,3);
121         lcd.print("R.4");
122         lcd.print("=");
123         lcd.setCursor(4,3);
124
125         lcd.print(SmokeD);
126         lcd.setCursor(12,0);
```



```
127         lcd.print("Sta:");
128         lcd.setCursor(16,0);
129
130     if (SmokeA >50)
131     {
132         lcd.print("AWAS");
133     }
134     else
135     {
136         lcd.print("AMAN");
137     }
138     lcd.setCursor(12,1);
139     lcd.print("Sta:");
140     lcd.setCursor(16,1);
141     if (SmokeB >50)
142     {
143         lcd.print("AWAS");
144     }
145     else
146     {
147         lcd.print("AMAN");
148     }
149     lcd.setCursor(12,2);
150     lcd.print("Sta:");
151     lcd.setCursor(16,2);
152     if (SmokeC>50)
153     {
154         lcd.print("AWAS");
155     }
156     else
157     {
158         lcd.print("AMAN");
159     }
160     lcd.setCursor(12,3);
161     lcd.print("Sta:");
162     lcd.setCursor(16,3);
163
164     if (SmokeD >50)
165     {
166         lcd.print("AWAS");
167     }
168     else
169     {
170
```



```
171     lcd.print("AMAN");
172     }
173     if (SmokeA > 50 || SmokeB > 50 || SmokeC > 50 || SmokeD > 50)
174     {
175         PlaySoundNotif = true;
176         if (ledState == LOW) {
177             ledState = HIGH;
178         } else {
179             ledState = LOW;
180         }
181         digitalWrite(ledPin, ledState);
182     } else {
183         PlaySoundNotif = false;
184         digitalWrite(ledPin, LOW);
185     }
186     }
187
188     }
189
190     void SoundNotif() {
191     if (PlaySoundNotif = true) {
192         // statement
193     } else {
194         // statement
195     }
196     }
197
198     void loop() {
199         currentMillis = millis();
200         SetSensorsData();
201         GetSensorsData();
202         Serial.print("Ruang 1 ");
203         Serial.print(" ");
204         Serial.print(SmokeA);
205         Serial.print(" ");
206         Serial.print("Ruang 2 ");
207         Serial.print(" ");
208         Serial.print(SmokeB);
209         Serial.print(" ");
210         Serial.print("Ruang 3 ");
211         Serial.print(" ");
212         Serial.print(SmokeC);
213         Serial.print(" ");
```

214	<code>Serial.print("Ruang 4 ");</code>
215	<code>Serial.print("= ");</code>
216	<code>Serial.println(SmokeD);</code>
217	<code>}</code>
218	
219	



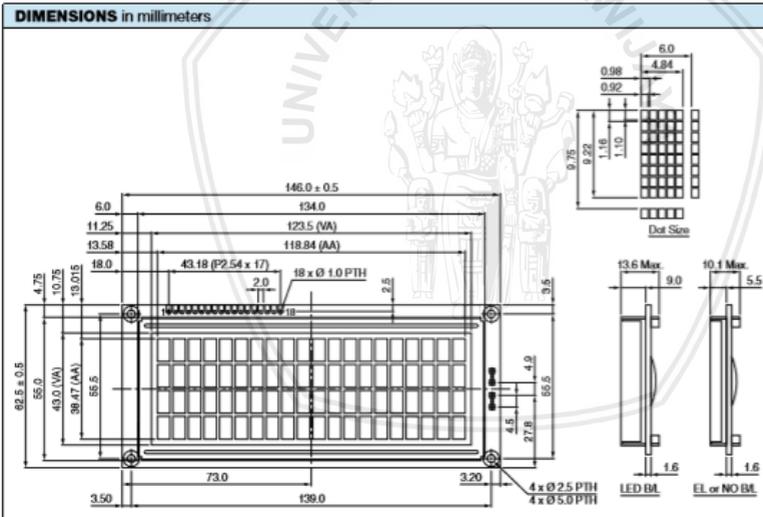
# Lampiran A. 5 Datasheet LCD ( Liquid Crystal Display )



LCD-020N004L

Vishay

INTERFACE PIN FUNCTION		
PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V <sub>SS</sub>	Ground
2	V <sub>DD</sub>	+3 V or +5 V
3	V <sub>0</sub>	Contrast adjustment
4	RS	H/L register select signal
5	R/W	H/L read/write signal
6	E	H → L enable signal
7	DB0	H/L data bus line
8	DB1	H/L data bus line
9	DB2	H/L data bus line
10	DB3	H/L data bus line
11	DB4	H/L data bus line
12	DB5	H/L data bus line
13	DB6	H/L data bus line
14	DB7	H/L data bus line
15	A	Power supply for LED (4.2 V)
16	K	Power supply for B/L (0 V)
17	NC/V <sub>EE</sub>	NC or negative voltage output
18	NC	NC connection



Revision: 09-Oct-12

2

Document Number: 37314

For technical questions, contact: [displays@vishay.com](mailto:displays@vishay.com)

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT [www.vishay.com/doc/91000](http://www.vishay.com/doc/91000)



# nRF24L01+

## Single Chip 2.4GHz Transceiver

### Preliminary Product Specification v1.0

#### Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- 250kbps, 1Mbps and 2Mbps on air data rates
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 13.5mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 26µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCeiver™
- Drop-in compatibility with nRF24L01
- On-air compatible in 250kbps and 1Mbps with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 and nRF24E2
- Low cost BOM
- ±60ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

#### Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-1 desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracking systems
- Toys

All rights reserved.

Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written permission of the copyright holder.  
March 2008

## 2.2 Pin functions

Pin	Name	Pin function	Description
1	<b>CE</b>	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	<b>CSN</b>	Digital Input	SPI Chip Select
3	<b>SCK</b>	Digital Input	SPI Clock
4	<b>MOSI</b>	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	<b>MISO</b>	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	<b>IRQ</b>	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	<b>VDD</b>	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	<b>VSS</b>	Power	Ground (0V)
9	<b>XC2</b>	Analog Output	Crystal Pin 2
10	<b>XC1</b>	Analog Input	Crystal Pin 1
11	<b>VDD_PA</b>	Power Output	Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to <b>ANT1</b> and <b>ANT2</b> as shown in <a href="#">Figure 29</a> .
12	<b>ANT1</b>	RF	Antenna interface 1
13	<b>ANT2</b>	RF	Antenna interface 2
14	<b>VSS</b>	Power	Ground (0V)
15	<b>VDD</b>	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	<b>IREF</b>	Analog Input	Reference current. Connect a 22k $\Omega$ resistor to ground. See <a href="#">Figure 29</a> .
17	<b>VSS</b>	Power	Ground (0V)
18	<b>VDD</b>	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	<b>DVDD</b>	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See <a href="#">Figure 29</a> .
20	<b>VSS</b>	Power	Ground (0V)

Table 1. nRF24L01+ pin function

## Lampiran A. 7 Datasheet Sensor MQ-7

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-7

<http://www.hwsensor.com>

### TECHNICAL DATA

### MQ-7 GAS SENSOR

#### FEATURES

- \* High sensitivity to carbon monoxide
- \* Stable and long life

#### APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

#### SPECIFICATIONS

##### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V±0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (H)	Heating voltage (high)	5V±0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (L)	Heating voltage (low)	1.4V±0.1	Ac or Dc
R <sub>L</sub>	Load resistance	Can adjust	
R <sub>H</sub>	Heating resistance	33 Ω ±5%	Room temperature
T <sub>H</sub> (H)	Heating time (high)	60±1 seconds	
T <sub>H</sub> (L)	Heating time (low)	90±1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

##### b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
Tao	Using temperature	-20℃-50℃	
Tas	Storage temperature	-20℃-50℃	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

##### c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R <sub>s</sub>	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
α (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	R <sub>s</sub> (300ppm)/R <sub>s</sub> (100ppm)
Standard working condition	Temperature -20℃±2℃ relative humidity 65%±5% R <sub>L</sub> :10K Ω ±5% Vc:5V±0.1V V <sub>H</sub> :5V±0.1V V <sub>H</sub> :1.4V±0.1V		
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

##### D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: [sales@hwsensor.com](mailto:sales@hwsensor.com)



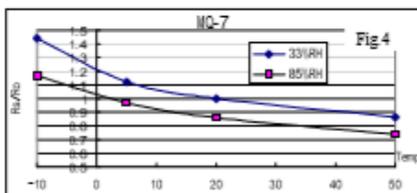


Fig 4 is shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.

Rs: sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree.

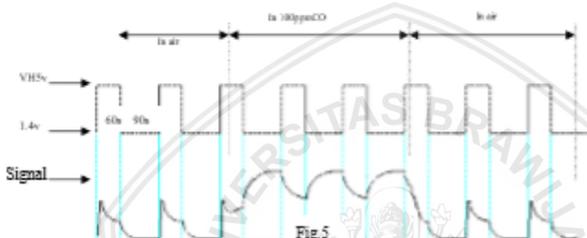
Rs: sensor resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

**OPERATION PRINCIPLE**

The surface resistance of the sensor  $R_s$  is obtained through effected voltage signal output of the load resistance  $R_L$  which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s/R_L = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of  $R_L$  signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO), output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO<sub>2</sub> with stability. So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that ( $R_L$ ) about 10 K $\Omega$  (5K $\Omega$  to 47 K $\Omega$ ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- a. Connect the sensor to the application circuit.
- b. Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- c. Adjust the load resistance  $R_L$  until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- d. Adjust the another load resistance  $R_L$  until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds.

[Supplying special IC solutions. More detailed technical information, please contact us.](#)

## Lampiran A. 8 Datasheet Buzzer

# Piezo Buzzer - 41.P25L120A-LF



- PZ Buzzer single 12VDC I/W ABS SP
- Colour Black

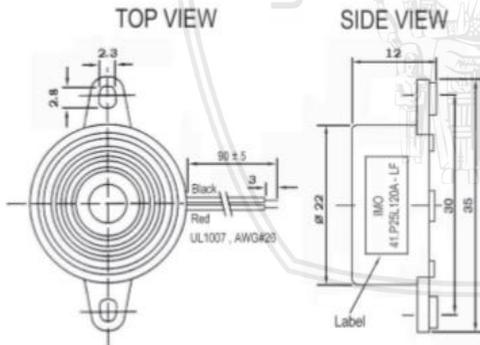


### General Specification

Model Number	41.P25L120A-LF
Operating Voltage Range (VDC)	1.5 – 24.0
Rated Voltage (VDC)	12.0
Max. Rated Current (mA)	12.0
Min. Sound Output*(dB(A) / 30cm)	90.0
Frequency* (Hz)	5200 ± 500
Tone Nature	Single
Operating Temperature	-20 – +70
Terminal	Leadwire (UL1007, AWG#26)
Housing Material	ABS
Weight (g)	14.0

\* Value applying at rated voltage

### Dimension (mm)



41.P25L120A06/12

www.imopc.com

# Lampiran A.9 Datasheet Q-Trak™ Indoor Air Quality Meter Model 7565

## Specifications

### Q-TRAK Model 7565 (includes Model 982 Probe)

**Carbon Monoxide (IAQ Probe Model 982)**  
**Sensor Type** Electro-chemical  
**Range** 0 to 500 ppm  
**Accuracy\*** ±3% of reading or 3 ppm, whichever is greater  
**Resolution** 0.1 ppm  
**Response Time** <60 seconds to 90% step change

**Carbon Dioxide (IAQ Probe Models 980 and 982)**  
**Sensor Type** Dual-wavelength NDIR (non-dispersive infrared)  
**Range** 0 to 5,000 ppm  
**Accuracy\*** ±3.0% of reading or ±50 ppm, whichever is greater  
**Resolution** 1 ppm  
**Response Time** 20 seconds

**Temperature (IAQ Probe Models 980 and 982)**  
**Sensor Type** Thermistor  
**Range** 32 to 140°F (0 to 60°C)  
**Accuracy** ±1.0°F (0.6°C)  
**Resolution** 0.1°F (0.1°C)  
**Response Time** 30 seconds (90% of final value, air velocity at 400 ft/min [2 m/s])

**Relative Humidity (IAQ Probe Models 980 and 982)**  
**Sensor Type** Thin-film capacitive  
**Range** 0 to 95% RH  
**Accuracy\*** ±3% RH  
**Resolution** 0.1% RH  
**Response Time** 20 seconds (for 63% of final value)

**% Outside Air**  
**Range** 0 to 100%  
**Resolution** 0.1%

**Barometric Pressure**  
**Range** 20.36 to 36.648 in. Hg (517.15 to 930.87 mm Hg)  
**Accuracy** ±2% of reading

**Operating Temperature**  
 40 to 113°F (5 to 45°C)

**Storage Temperature**  
 -4 to 146°F (-20 to 60°C)

**Logging Capability**  
**Range** Logs up to 56,035 data points with key (4) measured parameters enabled, 38.9 days at 1-minute log intervals

**Time Constants**  
 1 sec, 5 sec, 10 sec, 20 sec, 30 sec (user selectable)

**Log Intervals**  
 1 second up to 1 hour (user selectable)

**Meter Dimensions**  
 3.8 in. × 8.3 in. × 2.1 in. (9.7 cm × 21.1 cm × 5.3 cm)

**Probe Dimensions**  
**Length** 7.0 in. (17.8 cm)  
**Diameter** 0.75 in. (1.9 cm)

**Weight (with batteries)**  
 0.8 lbs (0.36 kg)

**Power Requirements**  
 Four AA-size alkaline batteries or AC adapter, both included

	7565
Probe that measures CO, CO <sub>2</sub> , temperature, and humidity	includes 982 probe
CO <sub>2</sub>	•
CO	•
Temperature	•
%RH, wet bulb, and dew point	•
%Outside air	•
Statistics	•
Review data	•
Optional plug-in probes	•
IAQPro data analysis software	•
LogDat2 downloading software	•
Optional Bluetooth printer	•
Certificate of Calibration	•

\*At 77°F (25°C). Add uncertainty of ±0.2% (±0.36% away from calibrated temperature).  
 \*At calibration temperature. Add uncertainty of ±0.28% (±0.5% away from calibrated temperature).  
 \*At 77°F (25°C). Add uncertainty of ±0.01% RH (±0.05% RH away from calibrated temperature).

Specifications are subject to change without notice.

## Probe Specifications

Models 960, 962, 964, 966, 995, 496, 980, 982, 792 and 794

Thermoanemometer Probe Models	Range	Accuracy	Resolution	Probe Dimensions
	0 to 50 m/s (0 to 9,999 ft/min) -18 to 93°C (0 to 200°F)	+3% of reading or +0.015 m/s (+3 ft/min), whichever is greater <sup>4a</sup> ±0.3°C (±0.5°F) <sup>5</sup>	0.01 m/s (1 ft/min) 0.1°C (0.1°F)	Length 101.6 cm (40 in.) Tip dia. 7.0 mm (0.28 in.) Base dia. 13.0 mm (0.51 in.) Articulating Section Length 15.2 cm (6 in.) Articulating Knuckle dia. 9.5 mm (0.38 in.)
	0 to 50 m/s (0 to 9,999 ft/min) -10 to 60°C (14 to 140°F) 0 to 95% RH	+3% of reading or +0.015 m/s (+3 ft/min), whichever is greater <sup>4a</sup> ±0.3°C (±0.5°F) ±3% RH <sup>6</sup>	0.01 m/s (1 ft/min) 0.1°C (0.1°F) 0.1% RH	Length 101.6 cm (40 in.) Tip dia. 7.0 mm (0.28 in.) Base dia. 13.0 mm (0.51 in.) Articulating Section Length 15.2 cm (6 in.) Articulating Knuckle dia. 9.5 mm (0.38 in.)
	0 to 50 m/s (0 to 9,999 ft/min) -18 to 93°C (0 to 200°F)	+3% of reading or +0.015 m/s (+3 ft/min), whichever is greater <sup>4a</sup> ±0.3°C (±0.5°F) <sup>5</sup>	0.01 m/s (1 ft/min) 0.1°C (0.1°F)	Length 101.6 cm (40 in.) Tip dia. 7.0 mm (0.28 in.) Base dia. 13.0 mm (0.51 in.)
	0 to 50 m/s (0 to 9,999 ft/min) -10 to 60°C (14 to 140°F) 0 to 95% RH	+3% of reading or +0.015 m/s (+3 ft/min), whichever is greater <sup>4a</sup> ±0.3°C (±0.5°F) ±3% RH <sup>6</sup>	0.01 m/s (1 ft/min) 0.1°C (0.1°F) 0.1% RH	Length 101.6 cm (40 in.) Tip dia. 7.0 mm (0.28 in.) Base dia. 13.0 mm (0.51 in.)
Rotating Vane Probe Models	Range	Accuracy	Resolution	Probe Dimensions
	0.25 to 30 m/s (50 to 6,000 ft/min) 0 to 60°C (32 to 140°F)	+0.02 m/s (±1% of reading +4 ft/min) ±1.0°C (±2.0°F) <sup>7</sup>	0.01 m/s (1 ft/min) 0.1°C (0.1°F)	Diameter 100 mm (4 in.)
	0.50 to 15.00 m/s (100 to 3,000 ft/min) 0 to 60°C (32 to 140°F)	+0.02 m/s (±3% of reading +4 ft/min) ±1.0°C (±2.0°F) <sup>7</sup>	0.01 m/s (1 ft/min) 0.1°C (0.1°F)	Diameter 35 mm (1.5 in.)
IAQ Probe Models	Range	Accuracy	Resolution	Probe Dimensions
	0 to 5000 ppm CO <sub>2</sub> 0 to 95% RH -10 to 60°C (14 to 140°F)	+3% of reading or +50 ppm, whichever is greater <sup>8</sup> CO <sub>2</sub> ±3% RH <sup>9</sup> ±0.5°F (±0.3°C) <sup>10</sup>	1 ppm CO <sub>2</sub> 0.1% RH 0.1°C (0.1°F)	Length 17.8 cm (7.0 in.) Diameter 1.9 cm (0.75 in.)
	0 to 500 ppm CO 0 to 5000 ppm CO <sub>2</sub> 0 to 95% RH -10 to 60°C (14 to 140°F)	+3% of reading or +5 ppm, whichever is greater <sup>8</sup> CO ±3% of reading or +50 ppm, whichever is greater <sup>8</sup> CO <sub>2</sub> ±3% RH <sup>9</sup> ±0.5°F (±0.3°C) <sup>10</sup>	0.1 ppm CO 1 ppm CO <sub>2</sub> 0.1% RH 0.1°C (0.1°F)	Length 17.8 cm (7.0 in.) Diameter 1.9 cm (0.75 in.)
Thermocouple Probe Models	Range	Accuracy	Resolution	Probe Dimensions
	-40 to 650°C (-40 to 1200°F)	+0.056% of reading +1.1°C (±0.1% of reading +2°F)	0.1°C (0.1°F)	Length 15.0 cm (6 in.) Diameter
	-40 to 650°C (-40 to 1200°F)	+0.056% of reading +1.1°C (±0.1% of reading +2°F)	0.1°C (0.1°F)	Length 15.0 cm (6 in.) Diameter

<sup>4</sup> Temperature compensated over an air temperature range of 40 to 150°F (5 to 65°C).

<sup>5</sup> The accuracy statement begins at 30 ft/min through 9,999 ft/min (0.15 m/s through 50 m/s).

<sup>6</sup> Accuracy with instrument case at 77°F (25°C), add uncertainty of 0.05°F/1°F (0.03°C/0°C) for change in instrument temperature.

<sup>7</sup> Accuracy with probe at 77°F (25°C). Add uncertainty of 0.1% RH/°F (0.2% RH/°C) for change in probe temperature. Includes 1% hysteresis.

<sup>8</sup> At 77°F (25°C). Add uncertainty of ±0.2%/°F (0.30%/°C) for change in temperature.

<sup>9</sup> At calibration temperature. Add uncertainty of ±0.28%/°F (0.5%/°C) for change in temperature.

<sup>10</sup> Specifications are subject to change without notice.

