



**DETEKSI GAS CO DAN NO_x BERBASIS ARDUINO
SEBAGAI INFORMASI KUALITAS UDARA DI
WILAYAH SEMARANG**

Skripsi

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Tarra Indira Kusuma

NIM.5301414018

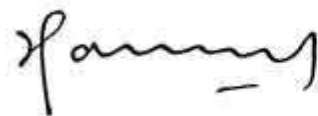
**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : TARRA INDIRA KUSUMA
NIM : 5301414018
Program Studi : PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
Judul : DETEKSI GAS CO DAN NO_x BERBASIS ARDUINO
SEBAGAI INFORMASI KUALITAS UDARA DAN
UPAYA PENGURANGAN POLUSI UDARA DI KOTA
SEMARANG

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 14 Desember 2018
Dosen Pembimbing



Dr. H. M. Harlanu, M.Pd.
NIP. 196602151991021001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal Januari 2019.

Oleh

Nama : TARRA INDIRA KUSUMA

NIM : 5301414018

Prodran Studi : PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

Panitia:

Ketua



Dr.-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T.

NIP.197805312005011002

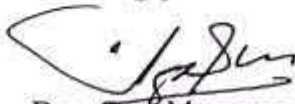
Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.

NIP.196708181992031004

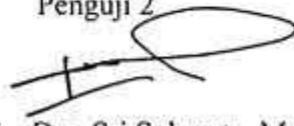
Penguji 1



Drs. Agus Murnomo, M.T.

NIP.195506061986031002

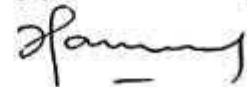
Penguji 2



Drs. Sri Sukamta, M.Si., IPM

NIP. 196505081991031003

Penguji 3/Pembimbing

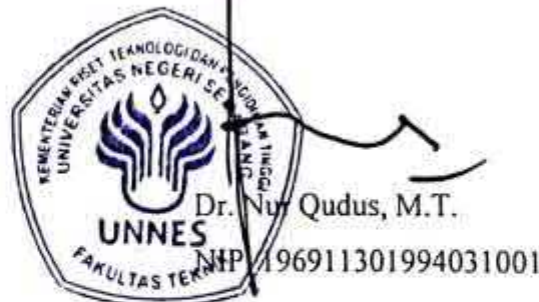


Dr. H.M. Harlanu, M.Pd.

NIP.196602151991021001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor). baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri. tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



Tarra Indira Kusuma

NIM. 5301414018

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka. (QS. Ar.Rad: 11)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”. (QS. Al-Insyirah: 5-6)

*“Sabar, kurangi mengeluh dan selalu bersyukur dalam melakukan hal apapun”
(Penulis)*

PERSEMBAHAN

Goresan tinta pada skripsi ini kupersembahkan kepada :

1. Allah SWT, karena hanya kepada-Nyalah dan kepada-Nyalah kami memohon pertolongan.
2. Bapak dan Ibu tercinta, terimakasih atas kasih sayang, limpahan doa dan pengorbanannya.
3. Kakak serta Adik dan keluarga besar tercinta terimakasih atas semua dukungannya.
4. Sahabat-sahabat Pendidikan Teknik Elektro UNNES angkatan 2014.
5. Teman-teman dan para sahabat yang senantiasa memberikan bantuan, dorongan, inspirasi.

DETEKSI GAS CO DAN NO_x BERBASIS ARDUINO SEBAGAI INFORMASI KUALITAS UDARA DI WILAYAH SEMARANG

ABSTRAK

Sumber polusi udara yang dihasilkan oleh alat transportasi paling tinggi adalah gas CO dan NO_x. Tidak aktifnya Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) di Kota Semarang menjadi suatu masalah dikarenakan biaya perawatan yang tidak murah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kadar gas CO dan NO_x serta memberikan informasi mengenai kualitas udara pada parameter gas CO dan NO_x serta memberikan upaya pengurangan polusi udara dengan menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135 yang dihubungkan dengan Mikrokontroler ATmega 2560. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Deteksi Gas CO dan NO_x ini berkerja sesuai dengan fungsinya. Kesalahan error pada sensor MQ-7 adalah 10% dan ketelitian alat sebesar 90%, sedangkan pada sensor MQ-135 memiliki kesalahan error -3,7% dan ketelitian alat sebesar 103,7%. Dari 5 titik pengamatan yang dilakukan di Jalan-jalan protokol Kota Semarang yaitu Bundaran Kalibanteng, Jalan Raya Ngaliyan, Jalan Raya Kaligawe, Jalan Brigjen Sugiarto dan Jalan Sukun masih di atas batas ambang baku mutu yang ditetapkan di Jawa Tengah. Penggunaan karbon aktif efektif dalam pengurangan gas CO dan NO_x di Jalan Raya Ngaliyan yang berhasil turun dibawah ambang baku mutu. Sedangkan 4 titik lainnya berhasil turun namun masih di atas ambang batas baku mutu.

Kata Kunci : MQ-7, MQ-135, Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Mikrokontroler.

ABSTRACT

The source of air pollution produced by the highest means of transportation is CO and NO_x gas. The inactivity of the Air Quality Monitoring Station (SPKU) in the city of Semarang is a problem because the maintenance costs are not cheap. The purpose of this research is to determine the CO and NO_x gas levels and provide information about air quality in CO and NO_x gas parameters and provide efforts to reduce air pollution by using MQ-7 and MQ-135 sensors connected to the ATmega 2560 Microcontroller. The results showed that Detection This CO and NO_x gas works according to its function. The error on the MQ-7_1 sensor is 10% and the accuracy of the device is 90%, while the MQ-135_1 sensor has an error error of -3.7% and the accuracy of the tool is 103.7%. Of the 5 observation points carried out on the Semarang City Protocol Road, namely the Kalibanteng Roundabout, Ngaliyan Highway, Kaligawe Highway, Brigjen Sugiarto Road and Jalan Sukun it is still above the quality standard threshold set in Central Java. The use of activated carbon is effective in reducing CO and NO_x gas on Ngaliyan Highway which has succeeded in falling below the threshold of quality standards. While the other 4 points managed to fall but were still above the quality standard threshold.

Keywords: MQ-7, MQ-135, Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Oxide (NO_x), Microcontroller

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Deteksi Gas CO dan NOx Berbasis Arduino sebagai Informasi Kualitas Udara di Wilayah Semarang”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahankita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin. Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik, Dr.-Ing.Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Elektro atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa., Drs. Agus Suryanto, M.T., Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Dr. H. M. Harlanu, M.Pd., Pembimbing yang penuh perhatian dan kebaikan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan dalam menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Drs. Agus Murnomo, M.T., Penguji I, Drs. Sri Sukamta, M.Si., IPM , Penguji II, yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.

6. Terima kasih kepada orang tua tercinta yang selalu mensupport dan motivasi dan selalu mengingatkan untuk cepat menyelesaikan skripsi ini, dan juga kepada kakak, dan adik tercinta yang selalu menghibur jika penulis sedang membutuhkan motivasi.
7. Tidak lupa kepada teman-teman seperjuangan Pejuang Toga 2018 yang selalu membantu dalam penyusunan skripsi ini.
8. Dan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberi bantuan maupun motivasi untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk masyarakat.

Semarang, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan	5
1.6 Manfaat	5
1.7 Penegasan Istilah	5
1.7.1. PPM (Part Per Milion)	5
1.7.2. Proses Adsorpsi	6
1.8 Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
2.1 Kajian Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara)	11
2.2.2 Gas Karbon Monoksida (CO)	21
2.2.3 Gas Oksida Nitrogen (NOx)	23
2.2.4 Sensor MQ-7	24

2.2.5	Sensor MQ-135	25
2.2.6	Arduino Mega	27
2.2.7	LCD (Liquid Crystal Display)	29
2.2.8	Kipas DC	30
2.2.9	LED (Light Emitting Dioda)	30
2.2.10	Buzzer	31
2.2.11	Catu daya	32
2.2.12	Modul I2C	32
2.2.13	Modul RTC (Real Time Clock)	33
2.2.14	Modul Micro SD Adapter	34
2.2.15	SD Card	34
2.2.16	Baterai/aki	35
2.2.17	Relay.....	35
2.2.18	Karbon aktif	36
2.3	Kerangka Berfikir	37
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Waktu dan tempat pelaksanaan.....	39
3.2	Desain Penelitian	40
3.2.1.	Metode dan Tahapan	40
3.2.2.	Diagram Blok Sistem	42
3.2.3.	Gambar Desain Alat	43
3.2.4.	Prinsip Kerja	43
3.2.5.	Perencanaan Rangkaian	45
3.2.5.1.	Rangkaian Catu Daya	45
3.2.5.2.	Rangkaian Sensor	47
a.	Rangkaian Sensor MQ-7	47
b.	Rangkaian Sensor MQ-135	51
3.2.5.3.	Rangkaian Relay	55
3.2.5.4.	Rangkaian LCD	55
3.2.5.5.	Rangkaian LED	57
3.2.5.6.	Rangkaian Buzzer	57
3.2.5.7.	Rangkaian Modul RTC	58

3.2.5.8. Rangkaian Modul SD Card	59
3.2.5.9. Rangkaian Keseluruhan	59
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	60
3.3.1. Alat	61
3.3.2. Bahan	61
3.4 Parameter Penelitian	62
3.5 Teknik Pengumpulan Data	62
3.6 Kalibrasi Instrumen	63
3.7 Teknik Analisis Data	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1. Bentuk Alat	65
4.2. Deskripsi Data	66
4.2.1. Pengujian Catu Daya	67
4.2.2. Pengujian Sensor	68
4.2.2.1. Pengujian Sensor MQ-7	70
4.2.2.2. Pengujian Sensor MQ-135	73
4.2.3. Pengujian Rangkaian Buzzer	76
4.2.4. Pengujian Rangkaian Relay	77
4.2.5. Pengujian Rangkaian LED	77
4.2.6. Pengujian Modul RTC	78
4.2.7. Pengujian Modul SD Card	79
4.2.8. Pengujian Rangkaian Keseluruhan	81
4.2.9. Data Hasil Penelitian	83
4.3. Analisis Data	99
4.3.1. Analisis Hasil Penelitian	99
4.3.2. Analisis Kalibrasi Sensor MQ-7	106
4.3.3. Analisis Kalibrasi Sensor MQ-135	108
4.3.4. Analisis Karbon Aktif	109
4.4. Pembahasan	129
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	134
5.1. Simpulan	134
5.2. Saran	134

DAFTAR PUSTAKA	135
LAMPIRAN	139

DAFTAR TABEL

Tabel.1.1. Sumber Polusi Udara Tahun 1980	2
Tabel.1.2. Jumlah Kendaraan bermotor di Kota Semarang pada tahun 2014	4
Tabel.1.3. Tabel Konversi Satuan	8
Tabel 2.1. Hasil pengujian pada Purwarupa Sistem Deteksi dan Pengurangan Kadar CO, CO ₂ Dan NO _x berbasis Mikrokontroler	10
Tabel 2.2. Kategori dan Rentang Udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara dengan Ketentuan Warna	12
Tabel 2.3. Kategori dan Rentang Udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara	13
Tabel 2.4 (a). Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara untuk setiap parameter pencemar	14
Tabel.2.4 (b). Baku Mutu Kualitas Udara Ambien menurut SK Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001.....	16
Tabel 2.5. Batas Indeks Standar Pencemar Udara Dalam Satuan SI	20
Tabel.2.6. Spesifikasi Arduino Mega	27
Tabel.2.7. Variasi Warna pada LED	31
Tabel 2.8. Penggunaan Karbon Aktif	37
Tabel.3.1. Waktu Pelaksanaan Penelitian	39
Tabel.3.2. Fungsi pin LCD	56
Tabel 3.3. Parameter yang digunakan dalam Penelitian	62
Tabel.3.4. Kesalahan Pengukuran Alat	63
Tabel.4.1. Pengujian Tegangan Keluaran Catu Daya (Adaptor 12V)	67
Tabel 4.2. Pengujian Tegangan Keluaran Baterai 12V	68
Tabel.4.3 Pengujian Sensor MQ	69
Tabel.4.4. Pengujian Sensor MQ-7_1	71
Tabel 4.5. Pengujian Sensor MQ-7_2	72
Tabel 4.6. Pengujian Sensor MQ-135_1 gas NO _x	74
Tabel 4.7 Pengujian Sensor MQ-135_2	74
Tabel 4.8. Pengujian Rangkaian Buzzer	76

Tabel 4.9. Pengujian Rangkaian Relay	77
Tabel 4.10. Pengujian Rangkaian LED	77
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Rangkaian Keseluruhan	86
Tabel.4.12. Data Hasil Pengamatan di titik A	88
Tabel.4.13. Data Hasil Pengamatan di titik B	91
Tabel.4.14. Data Hasil Pengamatan di titik C	94
Tabel.4.15. Data Hasil Pengamatan di titik D	96
Tabel.4.16. Data Hasil Pengamatan di titik E	99
Tabel .4.17. (a)Tabel Perbandingan Rs/Ro Sensor MQ-7	106
Tabel .4.17. (b)Tabel Perbandingan Rs/Ro Sensor MQ-7_2	107
Tabel 4.19.(a). Tabel Perbandingan Rs/Ro Sensor MQ-135_1	108
Tabel 4.19.(b). Tabel Perbandingan Rs/Ro Sensor MQ-135_2	108
Tabel.4.20. Hasil kadar CO dan NOx sesudah proses adsorpsi di titik A ..	110
Tabel.4.21. Hasil Kadar PPM CO dan NOx setelah proses Adsorpsi pada titik B	113
Tabel.4.22. Hasil Kadar CO dan NOx sesudah proses Adsorpsi dan Persentase Penurunan Gas di titik C	116
Tabel.4.23. Hasil Kadar CO dan NOx sesudah proses Adsorpsi dan Persentase Penurunan Gas di titik D	118
Tabel.4.24. Hasil Kadar CO dan NOx sesudah proses Adsorpsi dan Persentase Penurunan Gas di titik E	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Indeks Standar Pencemaran Udara di berbagai titik di Indonesia	18
Gambar 2.2. Saluran Pemantau Kualitas Udara yang ada dipinggir jalan ..	19
Gambar 2.3. Contoh Status SPKU (a) Provinsi DKI Jakarta (b). Provinsi Jawa Tengah	20
Gambar 2.3. (a) Bentuk fisik MQ-7 (b) Karakteristik sensor MQ-7	24
Gambar 2.4. Bentuk fisik sensor MQ-135	26
Gambar 2.5. Karakteristik sensor MQ-135	26
Gambar. 2.6. Arduino Mega 2560	28
Gambar. 2.7. Konfigurasi Pin ATmega 2560	29
Gambar 2.8. LCD 16x2	30
Gambar 2.9. Kipas DC	30
Gambar 2.10. Buzzer	32
Gambar. 2.11. Power bank dan Adaptor 12V	32
Gambar 2.12. Modul I2C yang dipasang pada LCD	33
Gambar 2.13. Modul RTC(Real Time Clock)	33
Gambar 2.14. Modul Micro SD Adapter	34
Gambar 2.15. Micro SD Card	35
Gambar 2.16. Baterai/aki 4V, 800 mAh	35
Gambar 2.17. Modul Relay 2 Channel	36
Gambar 2.18. Karbon Aktif Granular	37
Gambar 3.1. Flowcart Tahapan Penelitian	41
Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem Deteksi Gas CO dan NO _x	42
Gambar.3.3. Rancangan Desain Alat	43
Gambar 3.4. Diagram Alur Rancang Bangun Deteksi Gas CO dan NO _x	45
Gambar 3.5. (a) Rangkaian Catu Daya	46
Gambar 3.6. Rangkaian Dasar Sensor MQ-7	47
Gambar.3.7. Mencari nilai VRL dan Rs pada sensor MQ-7	48
Gambar.3.8. Grafik Hubungan Rs/Ro dengan PPM sensor MQ-7	48

Gambar 3.9. (a) Arduino Code untuk mencari nilai PPM, (b) Hasil yang ditampilkan pada Serial Monitor	50
Gambar 3.10. Rangkaian Dasar Sensor MQ-135	51
Gambar.3.11. Mencari nilai VRL dan Rs pada sensor MQ-135	55
Gambar.3.12. Grafik Hubungan Rs/Ro dengan PPM sensor MQ-135	52
Gambar 3.13. (a) Arduino Code sensor MQ-135 untuk mencari nilai PPM , (b) Hasil yang dtampilkan pada Serial Monitor Arduino IDE	54
Gambar 3.14. Rangkaian Relay	55
Gambar 3.15. Rangkaian LCD	56
Gambar 3.16. Rangkaian LED	57
Gambar 3.17. Rangkaian Buzzer	58
Gambar.3.18. Rangkaian Modul RTC	58
Gambar.3.19. Rangkaian Modul SD Card	59
Gambar.3.20. (a) Rangkaian Keseluruhan Alat (b) Gambar rangkaian pada PCB	59
Gambar. 4.1. (a) Gambar alat tampak depan , (b) Tampak samping kanan, (c). Tampak belakang	66
Gambar.4.2. Hasil nilai VRL dan Rs di Serial Monitor pada Arduino IDE	71
Gambar.4.3 (b). Grafik Hubungan Konsentrasi CO dengan Tegangan Keluaran sensor MQ-7_2	72
Gambar.4.4.(a). Grafik Hubungan Konsentrasi NOx dengan Tegangan Keluaran (MQ-135_1)	73
Gambar.4.4.(b). Grafik Hubungan Konsentrasi NOx dengan Tegangan Keluaran (MQ-135_2	75
Gambar. 4.5. Hasil Pengujian LED dan LCD	78
Gambar. 4.6. Tampilan RTC pada LCD	79
Gambar. 4.7. Modul SD Card telah siap digunakan	80
Gambar.4.8. Tampilan data yang disimpan pada SD Card	81
Gambar.4.9. Grafik Hubungan antara Waktu dan Kadar Gas di Bundaran Kalibanteng, Semarang Barat	99
Gambar.4.10. Grafik Hubungan antara Waktu dan Kadar Gas di Jalan Raya Ngaliyan, Kecamatan Ngaliyan	100

Gambar.4.11. Grafik Hubungan antara Waktu dan Kadar Gas di Jalan Raya Kaligawe, Gayamsari	101
Gambar 4.12. Grafik Hubungan antara Waktu dan Kadar Gas di Jalan Brigjen Sugiarto, Kecamatan Pedurungan	102
Gambar 4.13. Grafik Hubungan antara Waktu dan Kadar Gas di Jalan Sukun, Kecamatan Banyumanik	103
Gambar.4.14. (a) Grafik Penurunan sebelum dan sesudah adsorpsi pada gas CO (b) Grafik Penurunan Gas NO _x dititik A	112
Gambar.4.15. (a) Grafik Penurunan gas CO (b) Grafik Penurunan NO _x di titik B	115
Gambar.4.16. (a) Grafik Penurunan Gas CO (b) Grafik Penurunan Gas NO _x di titik C	118
Gambar.4.17. (a) Grafik penurunan gas CO, (b) Grafik penurunan gas NO _x di titik D	120
Gambar.4.18. (a) Grafik Penurunan gas CO, (b) Grafik Penurunan gas NO _x di titik E	123
Gambar.4.19. Grafik Kualitas Udara untuk parameter gas CO dan NO _x di 5 titik Kota Semarang	127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Datasheet Sensor MQ-7	139
Lampiran Datasheet Sensor MQ-135	142
Lampiran Arduino Code	144
Lampiran Dokumentasi	155
Lampiran Hasil Pembacaan LCD	157
Lampiran SK Pembimbing	161
Lampiran Formulir Pembimbingan Penulisan Skripsi	162
Lampiran Formulir Laporan Selesai Bimbingan	163
Lampiran Surat Tugas Panitia Ujian Skripsi.....	164
Lampiran Surat Pernyataan Selesai Revisi	165

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian Nana Kariada TM pada tahun 2011, menyimpulkan hasil penelitiannya bahwa kualitas udara di Kota Semarang sudah cukup mengkhawatirkan, hal ini dipandang dari kadar CO yang relatif tinggi. Dari 5 setasiun penelitian, 3 setasiun yaitu: Kalibanteng (20.610), Pemuda (17.175) dan Setyabudi (15.343) menunjukkan kadar CO di atas ambang batas yang sudah ditentukan (15.000). Tingkat kualitas udara di jalan protokol Kota Semarang masih berada dibawah ambang batas yang ditentukan, tetapi sudah harus mendapat perhatian yang serius (Kariada, 2011). Selain itu, tingkat kualitas udara di Kota Semarang sudah cukup mengkhawatirkan, alat pemantau udara yang ada pada 3 titik di Kota Semarang menurut Menteri Lingkungan Hidup sudah berstatus tidak aktif dan belum adanya upaya pengaktifan kembali.

Aktivitas transportasi/kendaraan bermotor, industri, rumah tangga, maupun perkantoran menghasilkan polutan yang menyebabkan polusi udara. Polusi udara merupakan suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan telah terkontaminasi oleh zat-zat, baik zat-zat yang tidak berbahaya maupun zat-zat yang membahayakan kesehatan tubuh manusia (Bhasworo, Rofii, & Hunaini, 2017). **Tabel.1.1** Menjelaskan penyumbang polusi terbesar adalah dari sumber transportasi. Polusi udara dari sektor transportasi paling tinggi adalah berasal dari gas CO dan NOx.

Tabel.1.1. Sumber Polusi Udara Tahun 1980

SUMBER	POLUSI (dalam juta ton per tahun)					
	CO	Part	SO _x	HC	NO _x	Total
Transportasi	69,1	1,4	0,9	7,8	9,1	88,3
Pembakaran bahan bakar	2,1	1,4	19,0	0,2	10,6	33,3
Proses industri	5,8	3,7	3,8	10,8	0,7	24,8
Pembuangan limbah pada	2,2	0,4	00,0	0,6	0,1	3,3
Lain-2 (k. hutan, pertanian)	6,2	0,9	0,0	2,4	0,2	9,7
Total	85,4	7,8	23,7	21,8	20,7	159,4

(Sumber : Howard S. Peavy, 1985 dalam jurnal (Irawan, 2009))

Tabel 1.2. Merupakan data BPS (Badan Pusat Statistika) menurut banyaknya kendaraan bermotor dirinci menurut jenis kendaraan pada tahun 2014.

Tabel.1.2. Jumlah Kendaraan bermotor di Kota Semarang pada tahun 2014

Kecamatan	2014					
	Jenis Kendaraan Bermotor					
	Bus	Truk	Taksi	Oplet	Mobil Dinas/Pribadi	Sepeda Motor
Mijen	21	53	0	22	598	6938
Gunungpati	5	77	0	3	584	9009
Banyumanik	0	7	455	402	1501	3342
Gajahmungkur	52	10	129	171	896	2599
Smg Selatan	0	18	81	163	1939	6800
Candisari	12	30	203	96	1262	5046
Tembalang	33	122	78	49	5199	10740
Pedurungan	71	156	150	151	4302	25413
Genuk	62	534	41	112	848	8189
Gayamsari	76	42	0	0	1742	6930
Smg Timur	14	111	16	24	1377	8873
Smg Utara	75	94	197	89	3942	11835
Smg Tengah	0	70	200	0	2381	9990

Smg Barat	11	56	225	67	3237	15554
Tugu	0	10	0	6	208	3654
Ngaliyan	13	84	249	0	3507	16374
Kota Semarang	445	1474	2024	1355	33523	151286

(Sumber:<https://semarangkota.bps.go.id/dynamictable/2015/07/02/23/banyaknya-kendaraan-bermotor-dirinci-menurut-jenis-kendaraan-2012---2014.html>/diakses pada 07 Desember 2018)

Sumber polusi udara dari sektor transportasi paling tinggi menurut Howard S. Peavy adalah gas CO dan NOx, penelitian ini akan terfokus pada gas polutan (CO dan NOx). Gas CO dapat menimbulkan hipoksia jaringan dengan gejala kelemahan, pusing, mual, pingsan, bahkan kematian. Hipoksia jaringan dapat menurunkan kemampuan hemoglobin (Hb) dalam mengikat oksigen, karena ikatan CO terhadap Hb lebih kuat dibandingkan oksigen terhadap Hb (Sastrawijaya, 2009). Sedangkan NOx dapat menghalangi fungsi normal Hb dalam darah dan dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan. Pencemar utama NOx berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar gas alam (Wardhana, 2004).

Penelitian Dicky Maryanto pada tahun 2014 menyimpulkan bahwa terjadi penurunan kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dalam upaya penurunan kadar gas buang kendaraan bermotor dengan penambahan arang aktif, yaitu dengan variasi 50 gram rata - rata selisih sebesar 0,14 persen atau dengan prosentase penurunan sebesar 2,57 persen, yaitu dari kadar 5,49 persen menjadi 5,35 persen. variasi 100 gram rata - rata selisih sebesar 1,16 persen atau dengan prosentase penurunan sebesar 21,29 persen, yaitu dari kadar 5,49 persen menjadi 4,33 persen dengan variasi 150 gram rata - rata selisih sebesar 2,49 persen atau dengan prosentase penurunan sebesar 45,68 persen yaitu dari kadar 5,49 persen menjadi 3,00 persen.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, perlu adanya pengukuran kualitas gas CO dan NOx di wilayah Kota Semarang , yang nantinya dapat digunakan sebagai pemantau kualitas udara dan data penunjang tentang kualitas udara di wilayah Semarang dengan melakukan penelitian yang berjudul “Deteksi

Gas CO dan NO_x Berbasis Arduino sebagai Informasi Kualitas Udara di Wilayah Semarang”.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan identifikasi masalah:

1. Kurangnya informasi mengenai kualitas udara di wilayah Semarang.
2. Keterbatasan alat pendeteksi gas di udara khususnya wilayah Semarang.

1.3. Pembatasan Masalah

Penelitian ini terdapat batasan, yaitu:

1. Hanya mendeteksi gas Karbon Monoksida (CO) dan Oksida Nitrogen (NO_x).
2. Sensor yang digunakan yaitu MQ-7 untuk gas CO dan MQ-135 untuk gas NO_x.
3. LCD menampilkan kadar CO dan NO_x dalam satuan ppm.
4. Pengukuran tingkat keberhasilan dengan membandingkan antara nilai keluaran sensor dan grafik yang ada dalam datasheet masing-masing sensor.
5. Penelitian hanya dilakukan sekali dan ±1jam pengukuran di setiap titik pengukuran.
6. Penggunaan bahan kimia dalam pengurangan gas polutan CO dan NO_x adalah karbon aktif berbentuk granular sebanyak ±100 g.
7. Tidak membahas reaksi kimia pada proses adsorpsi.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada perancangan dan realisasi rancang bangun Deteksi Gas CO dan NO_x Berbasis Arduino dan di temukan suatu permasalahan yaitu :

1. Apakah rancang bangun deteksi gas CO dan NO_x Berbasis Arduino valid/akurat dalam mendeteksi gas yang ada di udara?
2. Berapakah persentase kesalahan error dan ketelitian alat?

1.5. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat suatu rancang bangun Deteksi Gas CO dan NOx Berbasis Arduino.
2. Mengetahui kualitas gas CO dan NOx di udara pada wilayah Semarang.

1.6. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang kualitas gas khususnya CO dan NOx yang ada di wilayah Semarang.
2. Memberikan informasi kepada Badan Pemerintah yang menangani kualitas udara di wilayah Semarang.

1.7. Penegasan Istilah

1.7.1 PPM (Part Per Million)

PPM atau “Part per Million” dalam bahasa Indonesia adalah “Bagian per Sejuta Bagian” merupakan satuan konsentrasi yang sering dipergunakan dalam Kimia Analisis. Satuan ini sering digunakan untuk menunjukkan kandungan suatu senyawa dalam suatu larutan misalnya kandungan garam dalam air laut, kandungan polutan dalam sungai, atau biasanya kandungan yodium dalam garam juga dinyatakan dalam ppm. Seperti halnya namanya yaitu ppm, maka konsentrasinya merupakan perbandingan antara berapa bagian senyawa dalam satu juta bagian suatu sistem. Sama halnya dengan “prosentase” yang menunjukkan bagian per seratus. Atau lebih mudahnya ppm adalah satuan konsentrasi yang dinyatakan dalam satuan mg/Kg karena $1 \text{ Kg} = 1.000.000 \text{ mg}$ (Iksal, Sumiati, & Harizal, 2016).

Rumus ppm adalah sebagai berikut:

$$PPM = \frac{\text{Jumlah bagian spesies}}{\text{Satu juta bagian sistem dimana spesies itu berada}}$$

Satuan yang digunakan untuk Baku Mutu Udara ambien adalah mg/Nm^3 , maka konversi dari mg/Nm^3 ke ppm dilakukan sesuai dengan rumus berikut:

$$(\text{mg} / \text{Nm}^3) * (22,4 / \text{MW}) = \text{ppm}$$

Dimana MW adalah berat molekul gas.

(<http://www.flessner.ch/toolbox/toolpages/mgppm.htm>)

Jika mengkonversi dari ppm ke $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dapat dihitung dengan menggunakan **Tabel 1.4**.

Tabel .1.3. Tabel Konversi Satuan

NO	Parameter	Konversi
1	SO ₂	1 ppm = 2620 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
2	NO ₂	1 ppm = 1880 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
3	Total Oksidan (O ₃)	1 ppm = 1962 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
4	CO	1 ppm = 1145 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

(Sumber : <https://slideplayer.info/slide/12328031/> di akses 03 Desember 2018)

1.7.2 Proses Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan tersebut, atau dapat juga diartikan sebagai akibat medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas atau cair (adsorbat) (Greg dan Sing, 1967 dalam Faradilla, 2016)

Proses adsorpsi adalah suatu proses penyerapan suatu fasa tertentu (gas, cair) pada permukaan adsorben yang berupa padatan. Hal ini terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya-gaya molekul pada zat padat, yang cenderung menarik molekul lain yang bersentuhan pada permukaannya. Zat

yang terserap pada permukaan padatan disebut fasa teradsorpsi (adsorbat) sedangkan zat yang menarik disebut adsorben. (Dunggio, 2012).

Langkah-langkah proses adsorpsi:

- a. Larutan berdifusi melalui fluida ke area dekat permukaan partikel
- b. Partikel terlarut berdifusi ke dalam pori-pori partikel
- c. Larutan berdifusi ke dinding pori
- d. Adsorpsi zat terlarut pada permukaan dinding pori.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini meliputi:

BAB I Pendahuluan

Dalam BAB ini diuraikan antara lain: latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat.

BAB II Kajian Pustaka dan Landasan Teori

Kajian Pustaka berisi mengenai penelitian-penelitian sebelumnya yang menjadi acuan dalam melakukan penelitian maupun pengembangan. Landasan Teori adalah pendapat seseorang yang diakui kebenarannya oleh umum sehingga dapat dijadikan anutan, landasan teori ini merupakan kajian dari teori-teori yang melandasi pemecahan masalah. Kerangka Berpikir dan Hipotesis.

BAB III Metode Penelitian

Berfungsi memberikan penjelasan tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan cara penelitian dan statistik pengolahan data hasil penelitian. Metode penelitian berisi tentang: waktu dan tempat pelaksanaan, desain penelitian alat dan bahan penelitian, parameter penelitian, teknik pengumpulan data, kalibrasi instrumen dan analisis data.

BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian dan pembahasan berfungsi memberi penjelasan tentang hasil-hasil perhitungan yang dilakukan dan pembahasan penelitian tersebut.

BAB V Simpulan dan Saran

Bab ini memberi gambaran akhir hasil penelitian yang telah dilaksanakan yang berisi simpulan hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Penelitian tahun 2015 Mahasiswa Universitas Negeri Semarang bernama Wahyu Hidayat dengan judul **Rancang Bangun Alat Uji Emisi Portable Gas CO, NO_x dan HC pada Kendaraan Bermotor**. Dalam penelitiannya yang berlatar belakang yaitu salah satu dari upaya pemerintah daerah adalah dengan mengeluarkan peraturan yang mewajibkan pemilik kendaraan untuk melakukan uji emisi sudah dilakukan. Pemerintah DKI Jakarta sudah mengeluarkan peraturan daerah (PERDA) nomor 2 tahun 2005 tentang pengendalian pencemaran udara. Dan Bab VI Pasal 19 perda propinsi DKI Jakarta nomor 95 tahun 2000 semua pemilik kendaraan bermotor diwajibkan melakukan uji emisi kendaraannya, dan dijadikan sebagai salah satu syarat untuk perpanjangan pajak kendaraan bermotor tersebut. Dikarenakan alat uji emisi yang mahal, Wahyu merancang alat uji emisi menggunakan mikrokontroler tipe ATmega16, dengan 2 sensor yaitu sensor MQ-7 dan TGS-2201 dengan menggunakan LCD 20x4 sebagai media tampilnya dan hanya menggunakan 1 jenis LED saja sebagai indikator power. Wahyu melakukan penelitian hanya pada mobil Daihatsu Xenia dan Grand MAX.

Penelitian tahun 2014 yang dilakukan oleh Evert Nebath salah satu Mahasiswa Teknik Elektro UNSRAT dalam jurnalnya yang berjudul **Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO dan CO₂ di Lingkungan Industri**. Evert menggunakan 2 sensor yaitu sensor MQ-7 dan sensor MG-811 dengan berbasis Arduino menggunakan LCD 16x2 sebagai penampil dengan menggunakan buzzer sebagai penanda adanya gas CO dan CO₂ dan tidak menggunakan LED. Dalam pengukuran gas CO, pengukuran dilakukan pada empat titik pada satu ruangan yang menghasilkan gas CO, untuk dibandingkan dengan ambang batas kandungan gas pencemar dalam udara ruang proses, sesuai keputusan menteri kesehatan Nomor: 405/Menkes/SK/XI/2002 tanggal 19

Nopember 2002 tentang persyaratan dan tata cara penyelenggaraan kesehatan lingkungan kerja industri, yaitu 100,384 ppm untuk karbon monoksida.

Dan penelitian pada tahun 2016, penelitian mahasiswa Jurusan Sistem Komputer Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura bernama Ade Syayuti Mannaf dengan jurnalnya yang berjudul **Purwarupa Sistem Deteksi dan Pengurangan Kadar CO, CO₂ Dan NO_x berbasis Mikrokontroler**. Dimana dalam perancangannya adalah menggunakan mikrokontroler ATmega 16, menggunakan 3 sensor yaitu MQ-7, MQ-135 dan sensor MG-811 dengan display LCD sebagai penampil dan buzzer beserta LED dengan hasil seperti pada **Tabel.2.1**.

Tabel 2.1. Hasil pengujian pada Purwarupa Sistem Deteksi dan Pengurangan Kadar CO, CO₂ Dan NO_x berbasis Mikrokontroler

Tingkat Kadar Gas (PPM)		Kondisi Sistem		
CO & NO ₂	CO ₂	Buzzer	Kipas	LED
<60	OFF	OFF	OFF	Hijau
60-100	OFF	OFF	OFF	Kuning
>100	ON	ON	ON	Merah

Dalam jurnalnya masih ada kekurangan yaitu solusi pengurangan hanya menggunakan kipas sebagai sirkulasi udara dan tidak ada tingkat penurunan gas.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Yusuf Ramly Dunggio dalam skripsinya pada tahun 2012 yang berjudul **“Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Teridifikasi TiO₂”**. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi kadar CO dan penjernihan asap kebakaran dengan pemanfaatan karbon aktif dari tempurung kelapa termodifikasi TiO₂. Untuk uji kinerja, karbon aktif termodifikasi TiO₂ ukuran 200 mesh dengan masa 3 gram memiliki kapasitas adsorpsi CO paling tinggi (12,59%) dan nilai t₁₀ untuk

penjernihan asap paling baik yaitu dengan waktu 20 menit, 27 menit dan 28 menit.

Pada tahun 2009 Dicky Maryanto melakukan penelitian mengenai **“Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) dengan Penambahan Arang Aktif pada Kendaraan Bermotor”**. Terjadi penurunan kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dengan penambahan arang aktif pada kendaraan bermotor, yaitu dengan variasi 50 gram rata - rata selisih sebesar 0,14 persen atau dengan prosentase penurunan sebesar 2,57 persen, yaitu dari kadar 5,49 persen menjadi 5,35 persen. variasi 100 gram rata - rata selisih sebesar 1,16 persen atau dengan prosentase penurunan sebesar 21,29 persen, yaitu dari kadar 5,49 persen menjadi 4,33 persen dengan variasi 150 gram rata - rata selisih sebesar 2,49 persen atau dengan prosentase penurunan sebesar 45,68 persen yaitu dari kadar 5,49 persen menjadi 3,00 persen.

Sari Wardani tahun 2018 dalam penelitiannya yang berjudul **“Potensi Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L) dalam Menyerap Gas CO dan SO₂ pada Emisi Kendaraan Bermotor”** menghasilkan karbon aktif kulit pisang yang sangat berpotensi sebagai bahan penyerap emisi kendaraan bermotor khususnya untuk menyerap gas CO dan SO₂. Gas CO yang dapat diserap oleh karbon aktif kulit pisang kepok sebesar 25% dan untuk gas SO₂ sebesar 40%.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara)

ISPU merupakan laporan kualitas udara yang menerangkan seberapa tercemar dan bersihnya udara pada lingkungan masyarakat. Saluran Pemantau Kualitas Udara terpasang di berbagai titik kota di Indonesia. Namun pengoperasiannya belum maksimal dikarenakan memerlukan biaya mahal untuk pengadaannya dan menurut Indeks Standar Pencemar Udara di beberapa tempat contohnya Kota Semarang masih ada yang bersifat tidak aktif. Status tingkat polusi di Kota Semarang berdasarkan data pada Menteri Lingkungan Hidup tidak bisa dimonitor dikarenakan rusak sehingga butuh biaya banyak untuk perbaikan.

Stasiun pengamatan ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) sangat diperlukan dalam lingkungan masyarakat Indonesia, upaya pemerintah adalah telah membuat stasiun ISPU pada setiap propinsi di Indonesia. Stasiun ISPU yang ada di Indonesia menggunakan perangkat instrumentasi yang didatangkan dari luar negeri, sehingga memerlukan biaya mahal untuk pengadaannya.

ISPU merupakan laporan kualitas udara yang menerangkan seberapa tercemar dan bersihnya udara pada lingkungan masyarakat. Saluran Pemantau Kualitas Udara terpasang di berbagai titik kota di Indonesia. Namun pengoperasiannya belum maksimal dikarenakan memerlukan biaya mahal untuk pengadaannya dan menurut Indeks Standar Pencemar Udara di beberapa tempat contohnya Kota Semarang masih ada yang bersifat tidak aktif. Status tingkat polusi di Kota Semarang berdasarkan data pada Menteri Lingkungan Hidup tidak bisa dimonitor dikarenakan rusak sehingga butuh biaya banyak untuk perbaikan.

Sumber pencemar di udara dapat digolongkan menjadi 2, yaitu kegiatan yang bersifat alami (natural) dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dan lain sebagainya. Sedangkan pencemaran antropogenik banyak dihasilkan dari aktivitas transportasi, industri, rokok, dari persampahan, baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran, dan rumah tangga (Mariana, Rachmawati, & Purnawan, 2012).

Menurut Indeks Standar Pencemar Udara dan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 tanggal 21 November 1997.

Tabel 2.2. Kategori dan Rentang Udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara dengan Ketentuan Warna

NO	KATEGORI	RENTANG (ppm)	WARNA
1	Kategori baik	0 – 50	Hijau
2	Kategori sedang	51 – 100	Biru
3	Kategori tidak sehat	101 – 199	Kuning
4	Kategori sangat tidak sehat	200 – 299	Merah
5	Kategori berbahaya	300 – 3000	Hitam

Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) KEPMEN LH NOMOR: KEP-45/MENLH/10/1997, rentang semua Gas (PM10, CO, SO₂, NO_x) yang terdapat pada Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dengan ketentuan waktu pada **Tabel 2.3.**

Tabel 2.3. Kategori dan Rentang Udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara

NO	KATEGORI	RENTANG	PENJELASAN
1	Baik	0 – 50 ppm	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.
2	Sedang	51 – 100 ppm	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan, tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
3	Tidak sehat	101 – 199 ppm	Tingkat kualitas udara yang bersifat

			merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
4	Sangat tidak sehat	200 – 299 ppm	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
5	Berbahaya	300 – 3000 ppm	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) nomor: KEP 107/KABAPEDAL/11/1997 pasal 4 ditunjukkan pada **Tabel 2.4 (a)**. Sedangkan pada **Tabel.2.4.(b)** merupakan Baku Mutu Kualitas Udara Ambien menurut SK Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001.

Tabel 2.4 (a). Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara untuk setiap parameter pencemar

NO	Kategori	Rentang	Carbon Monoksida (CO)	Nitrogen (NO ₂)	Ozon O ₃	Sulfur Dioksida (SO ₂)	Partikulat
1	Baik	0-50	Tidak ada efek	Sedikit berbau	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat Kombinasi dengan SO ₂ (Selama 4 Jam)	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O ₃ (Selama 4 Jam)	Tidak ada efek

2	Sedang	51 - 100	Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi	Berbau	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan	Luka pada Beberapa spesies lumbricida	Terjadi penurunan pada jarak pandang
3	Tidak Sehat	101 - 199	Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma	Penurunan kemampuan pada atlet yang berlatih keras	Bau, Meningkatnya kerusakan tanaman	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di mana-mana
4	Sangat Tidak Sehat	200-299	Meningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpenyakit Jantung, dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata	Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronkhitis	Olah raga ringan mengakibatkan pengaruh pernafasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthma dan bronhitis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthma dan bronhitis
5	Berbahaya	300 - lebih	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar				

Tabel.2.4 (b). Baku Mutu Kualitas Udara Ambien menurut SK Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001

NO	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 Jam	632 µg/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
		24 Jam	365 µg/Nm ³		
		1 Thn	60 µg/Nm ³		
2	CO (Karbon Monoksida)	1 Jam	15.000 µg/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
		24 jam	10.000 µg/Nm ³		
		1 Thn			
3	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	316 µg/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
		24 Jam	150 µg/Nm ³		
		1 Thn	100 µg/Nm ³		
4	O ₃ (Oksidan)	1 Jam	200 µg/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1Thn			
5	HC (Hidro Karbon)	3 Jam	160 µg/Nm ³	Flame Ionization	Gas Chromatogarfi
6	PM ₁₀ < 10µm)	24 Jam	150 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	PM _{2,5} < 10µm)	24 Jam	65 µg/Nm ³		
		1 Thn	15 µg/Nm ³		
7	TSP (Debu)	24 Jam	230 µg/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
		1 Thn	90 µg/Nm ³		

8	Pb (Timah Hitam)	24 Jam	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Gravimetric Ekstraktif	Hi – Vol
		1 Thn	1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Pengabuan	AAS
9	Dustfall (Debu Jatuh)	30 hari	10 Ton/km ² /Bulan (Pemukiman)	Gravimetric	Cannister
			20 Ton/km ² /Bulan (Industri)		
10	Total Fluorides (as F)	24 Jam	3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Spesific Ion Electrode	Impinger atau Countinous Analyzer
		90 hari	0,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		
11	Fluor Indeks	30 hari	40 $\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12	Khlorine & Khlorine Dioksida	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Spesific Ion Electrode	Impinger atau Countinous Analyzer
			10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		
13	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO ₃ /100 cm ³ dari Lead Peroksida	Colourimetric	Lead Peroxida Candle
		24 jam			

(Sumber: <https://www.scribd.com/doc/72884172/Baku-Mutu-Udara-Ambien-Di-Propinsi-Jawa-Tengah> /diakses tanggal 10 Desember 2018)

Catatan : Nomor 10 s/d 13 Hanya di berlakukan untuk daerah/kawasan Industri Kimia Dasar Contoh : - Industri Petro Kimia - Industri Pembuatan Asam Sulfat.

Data indeks ISPU menurut Menteri Lingkungan Hidup pada tanggal 21 Januari 2018 adalah seperti pada **Gambar 2.1.** :

**INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU)
UPDATE TERAKHIR TANGGAL 21-01-2018 16:29:50**



Gambar 2.1. Indeks Standar Pencemaran Udara di berbagai titik di Indonesia
(Sumber : www.iku.menlhk.go.id/21 Januari 2018)

ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) merupakan laporan kualitas udara yang di dalamnya menerangkan seberapa tercemar dan bersihnya udara pada lingkungan masyarakat.

Gambar 2.1. Menunjukkan bahwa kualitas udara yang ada titik di mana Stasiun Pemantau Kualitas Udara dipasang tersebar di beberapa kota. Warna hijau menunjukkan bahwa udara dalam keadaan baik dan warna biru menunjukkan bahwa udara dalam keadaan sedang artinya jika ini akan terus didiamkan maka akan mencapai udara dalam keadaan tidak sehat yaitu ditandai dengan warna merah.



Gambar 2.2. Saluran Pemantau Kualitas Udara yang ada dipinggir jalan
(Sumber: www.google.com/24 Januari 2018)

Gambar 2.3. Contoh bahwa status SKPU di pinggir jalan yang ada pada Provinsi DKI Jakarta **(a)** dan Provinsi Jawa Tengah **(b)**, terdapat SPKU yang bersifat *non aktif* atau sudah tidak aktif lagi.

Propinsi DKI Jakarta		
- Kota Jakarta Timur	2	<ul style="list-style-type: none"> DKI-4 - Jl. Raya Pondok Gede RT. 4 RW. 12 Halaman Parkir Monumen Pancasila Sakti Aktif JAF-1 - KANTOR WALIKOTA JAKARTA TIMUR Non Aktif
- Kota Jakarta Utara	2	<ul style="list-style-type: none"> DKI-2 - Jl. Nias Raya, Kantor Kelurahan Nias Kelapa Gading Aktif JAF-2 - KEMAYORAN Non Aktif
- Kota Jakarta Selatan	5	<ul style="list-style-type: none"> DKI-3 - Taman Pendidikan Dinas Pertamanan, Jagakarsa Aktif DKI-US2 - Jakarta Selatan Non Aktif JAF-3 - PONDOK INDAH Non Aktif JAF-5 - KOMP. SENAYAN Non Aktif KEDUBES US-JAKSEL - Jl. Jend. Sudirman No Kav. 29, RT 8/RW.3, Karet, Kecamatan Setiabudi Aktif
- Kota Jakarta Barat	2	<ul style="list-style-type: none"> DKI-5 - Taman Perumahan Kebon Jeruk Blok J6, Kebon Jeruk Aktif JAF-4 - KANTOR WALIKOTA JAKARTA BARAT Non Aktif

(a)

Propinsi Jawa Tengah		
- Kota Semarang	3	<ul style="list-style-type: none"> SEF-1 - BANYUMANIK Non Aktif SEF-2 - PEDURUNGAN Non Aktif SEF-3 - DESA WATES Non Aktif
- Kota Surakarta	1	<ul style="list-style-type: none"> SLO-1 - Belum Terpasang Non Aktif

(b)

**Gambar 2.3. Contoh Status SPKU (a) Provinsi DKI Jakarta (b).
Provinsi Jawa Tengah** (Sumber : iku.menlh.go.id/ 21 Januari 2018)

Nilai yang muncul dalam SPKU merupakan nilai matriks yang telah dikonversi dari pembacaan nilai gas yang diperoleh dari perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara menurut Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997. Nilai batas yang digunakan dijelaskan pada **Tabel 2.5.**

Tabel 2.5. Batas Indeks Standar Pencemar Udara Dalam Satuan SI.

Indeks Standar Pencemar Udara	24 jam PM₁₀ µg/m³	24 jam SO₂ µg/m³	8 jam CO µg/m³	1 jam O₃ µg/m³	1 jam NO₂ µg/m³
50	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

Keterangan:

- (1) Pada 25°C dan 760 mmHg
- (2) Tidak ada indeks yang dapat dilaporkan pada konsentrasi rendah dengan jangka pemaparan yang pendek.

Perhitungan untuk mendapatkan nilai matriks pada hasil pembacaan konsentrasi gas menurut Lampiran V Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997. Secara perhitungan:

- Konsentrasi nyata ambien (Xx) → (ppm, mg/m³, dll)
- Angka nyata ISPU

$$X_x \rightarrow I$$

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

- I = ISPU terhitung
 I_a = ISPU batas atas
 I_b = ISPU batas bawah
 X_a = Ambien batas atas
 X_b = Ambien batas bawah
 X_x = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

2.2.2. Gas Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karena sifatnya yang tidak berbau, CO biasanya bercampur dengan gas-gas lain yang berbau sehingga CO dapat terhirup secara tidak disadari bersamaan dengan terhirupnya gas lain yang berbau. CO dihasilkan dari limbah industri terutama dari hasil pembakaran tidak sempurna gas alam dan material-material lain yang mengandung karbon (OSHA, 2002). Gas CO adalah gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karena sifatnya tersebut, CO biasanya tercampur dengan gas-gas lain yang berbau sehingga CO dapat terhirup secara tidak disadari bersamaan dengan terhirupnya gas lain yang berbau. CO dihasilkan dari limbah industri dan kendaraan bermotor terutama dari hasil pembakaran tidak sempurna gas alam dan material-material lain yang mengandung karbon. Karbon Monoksida merupakan salah satu polutan yang terdistribusi paling luas di udara. Setiap tahun, CO dilepaskan ke udara dalam jumlah paling banyak diantara polutan udara yang lain, kecuali CO₂. Di daerah dengan populasi tinggi, rasio mixing CO bisa mencapai 1 hingga 10 ppmv (Pseudocode, Widodo, & Andrian, 2015).

Gas CO merupakan gas yang berbahaya dan beracun. Gas CO (Karbon monoksida) merupakan salah satu gas yang mengandung zat tidak baik yang tidak dapat ditangkap oleh panca indera. Karbon monoksida terjadi karena

pembakaran tidak sempurna bensin dalam motor, mobil, pembakaran di pertanian, industri dan sebagainya. Gas CO bersifat membunuh makhluk hidup termasuk manusia.

Bahaya utama yang ditimbulkan oleh gas CO terhadap kesehatan adalah mengakibatkan gangguan pada darah. Batas pemaparan karbon monoksida yang diperbolehkan oleh OSHA (Occupational Safety and Health Administration) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50 % kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal. Banyak pembakaran yang menggunakan bahan bakar seperti alat pemanas dengan menggunakan kerosen (minyak tanah), gas, kayu dan charcoal yaitu kompor, pemanas air, alat pembuangan hasil pembakaran dan lain - lain yang dapat menghasilkan karbon monoksida.

Karbon monoksida dibuat oleh manusia karena pembakaran tidak sempurna. Pembakaran bahan bakar bensin maupun solar dalam kendaraan bermotor, industri maupun pertanian. Gas CO amat berbahaya jika dilepaskan ke udara. Jika gas CO terhirup oleh makhluk hidup dalam jangka panjang maka dapat berisiko menyebabkan keracunan hingga kematian. Gas CO terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. Karbon Monoksida (CO) dapat menimbulkan dampak negatif bagi tubuh manusia. Tanda dan gejala keracunan CO bervariasi tergantung pada kadar COHb dalam darah. Pada konsentrasi 200 ppm apabila terjadi kontak dengan manusia selama 2-3 jam akan menimbulkan rasa pusing, mual dan muntah. Dalam waktu setengah jam, 1300 ppm dapat mengakibatkan kematian.

(Widodo, 2016). Secara umum terbentuknya gas CO melalui proses berikut ini:

- a. Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara yang reaksinya tidak stoikiometris. Reaksinya : $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
- b. Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida (CO₂) dengan karbon (C) menghasilkan gas CO. Reaksinya : $CO_2 + C \rightarrow 2CO$

c. Pada suhu tinggi, CO_2 dapat terurai kembali menjadi CO dan oksigen.



2.2.3. Gas Oksida Nitrogen (NOx)

Oksida Nitrogen adalah gas yang tidak berwarna yang memiliki sifat pada konsentrasi tinggi yang dapat menimbulkan keracunan. Oksida Nitrogen sering disebut dengan NOx karena Oksida Nitrogen mempunyai 2 bentuk yang sifatnya berbeda, yakni gas NO_2 dan gas NO. Sifat gas NO_2 adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau (Junus, 2016).

Produk lain dari pembakaran yang tidak normal adalah timbulnya gas Oksida Nitrogen (NOx). Senyawa ini diberi notasi “x” karena bentuknya bisa berupa NO atau NO_x . Nitrogen ini tidak berasal dari bensin atau solar, tapi dari udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran. Dalam kondisi normal, nitrogen (N_2) tergolong senyawa inert yang stabil. Ia tak gampang bereaksi dengan oksigen. Tapi jika mesin mengalami “overheating”, sifat inert ini tak lagi bisa dipertahankan. Dalam kondisi tekanan mampat dan temperatur tinggi, senyawa nitrogen akan terurai dan berikatan dengan oksigen menjadi NOx (Subekti, 1991).

Subekti, (1991). Gas Nitrogen ketika berbentuk oksida akan bersifat racun, bisa mengiritasi paru-paru dan memperberat penyakit pernapasan. Gas ini dalam kadar yang tinggi dapat bereaksi dengan haemoglobin dan mempunyai sifat yang serupa dengan CO karena dapat menghalangi fungsi normal Hb dalam darah dan juga dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan.

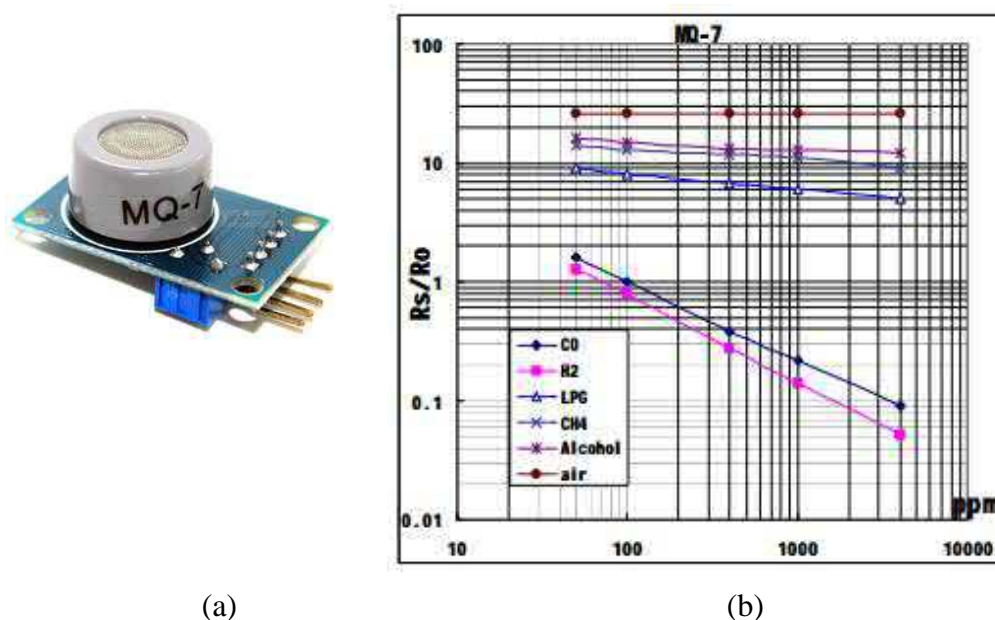
Fardiaz, (1992). Oksida Nitrogen (NOx) adalah suatu kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari Nitrogen monoksida (NO) dan Oksida Nitrogen (NO_x). Walaupun terdapat bentuk lainnya, kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara.

Gas NO dan NOx dapat merusak manusia dan lingkungan. NO mempunyai kemampuan membatasi kadar oksigen dalam darah, seperti halnya CO dan mudah bereaksi dengan oksigen membentuk NOx. Jika NOx bertemu dengan uap air di

udara atau dalam tubuh manusia akan terbentuk segera HNO_3 yang amat merusak tubuh (Sastrawijaya, 2009).

2.2.4. Sensor MQ-7

Materi sensitif dari sensor gas MQ-7 adalah SnO_x , dengan konduktivitas rendah pada saat udara bersih. Sensor ini memungkinkan mendeteksi dalam siklus VHeater tinggi dan rendah ($V_H = 1,5 - 5V$). Konduktivitas sensor akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas. Sensor gas MQ-7 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap karbonmonoksida. (Kurniawan & Rivai, n.d.).



(a)

(b)

Gambar 2.3. (a) Bentuk fisik MQ-7 (b) Karakteristik sensor MQ-7 (Sumber : Datasheet)

Dari **Gambar.2.3** (b) adalah menunjukkan tipikal karakteristik sensitivitas MQ-7 untuk beberapa gas. Dapat diketahui nilai ppm dengan mengetahui R_s/R_o , dimana R_s adalah tahanan sensor pada kadar CO tertentu dan R_o adalah tahanan sensor pada udara yang bersih dengan kadar CO 100ppm. Pada grafik CO diambil pada suhu 20°C , tingkat kelembapan 65%, konsentrasi oksigen 21% dan RL 10K Ohm. Dibutuhkan data R_o dan R_s untuk mengetahui kadar CO dalam ppm. R_o dapat digunakan untuk kalibrasi, untuk menyamakan hasil

pengukuran sensor dengan hasil yang sebenarnya. R_o digunakan untuk mengkalibrasi hasil pengukuran dengan mengubah ubah nilainya. Dengan kisaran pendeteksian: 20 ppm – 2000 ppm karbon monoksida.

Hambatan permukaan dari sensor R_s diperoleh melalui output sinyal tegangan yang dipengaruhi dari resistansi beban R_L yang seri. Hubungan diantara itu dijelaskan:

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

Keterangan:

R_s = Tahanan pada sensor

V_c = Tegangan yang masuk ke sensor

R_L = Tahanan beban pada rangkaian

V_{RL} = tegangan output rangkaian

Ketika sinyal sensor digeser dari udara bersih untuk karbon monoksida (CO), pengukuran sinyal dilakukan dalam waktu satu atau dua periode pemanasan lengkap (2,5 menit dari tegangan tinggi ke tegangan rendah). Lapisan sensitif dari MQ-7 komponen gas sensitif terbuat dari SnO_2 dengan stabilitas, Jadi, sensor MQ-7 memiliki stabilitas jangka panjang yang sangat baik. Masa servis dapat mencapai 5 tahun di bawah kondisi penggunaan. Penyesuaian Sensitivitas Nilai resistansi MQ-7 adalah perbedaan untuk berbagai jenis dan berbagai gas konsentrasi. Jadi, Bila menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitivitas sangat diperlukan. kami sarankan Anda mengkalibrasi detektor untuk CO 200ppm di udara dan menggunakan nilai resistansi beban itu (R_L) sekitar 10 $K\Omega$ (5 $K\Omega$ sampai 47 $K\Omega$).

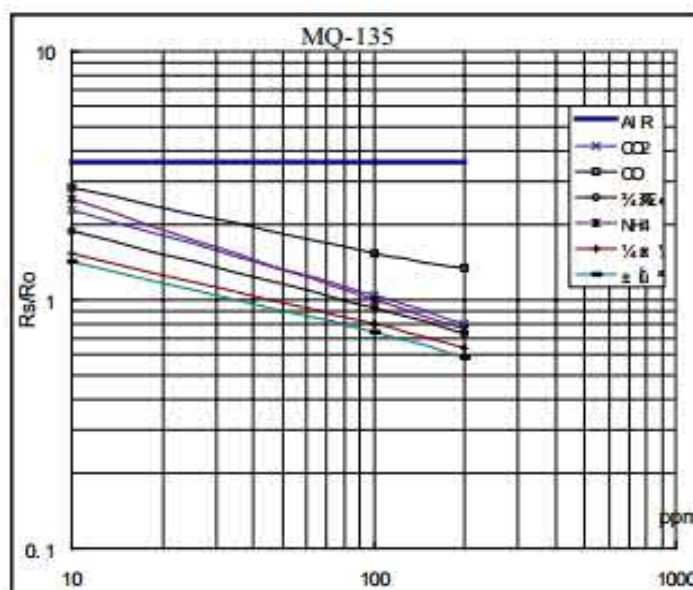
2.2.5. Sensor MQ-135

Sensor MQ135 adalah sensor gas yang memiliki prinsip kerja mendeteksi kualitas udara (*air quality*) yang berada di dalam ruangan . Gas yang dapat dideteksi adalah gas amonia (NH_3), Nitrogen-(di)oksida (NO_x), alkohol/ethanol (C_2H_5OH), benzena (C_6H_6), karbondioksida (CO_2 , gas belerang/sulfur-hidroksida (H_2S) dan asap/gas-gas lainnya di udara sehingga

karakteristik sensor tersebut sebagai resistor yang melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistensi analog di pin keluarannya. Pin keluaran ini bisa disambungkan dengan pin ADC (*analog-to-digital converter*) di mikrokontroler/pin analog input Arduino dengan menambahkan satu buah resistor saja (berfungsi sebagai pembagi tegangan/*voltage divider*).



Gambar 2.4. Bentuk fisik sensor MQ-135
(Sumber : <http://www.dreamgreenhouse.com>)



Gambar 2.5. Karakteristik sensor MQ-135
(Sumber: Datasheet)

Gambar 2.5. menunjukkan tipikal karakteristik sensitivitas MQ-135 untuk beberapa gas. Diambil pada Temp: 20°C dengan kelembaban: 65%, Konsentrasi O₂ 21% dan R_L = 20kΩ . R_o: Resistensi sensor pada 100ppm dari NH₃ di udara bersih. Sedangkan R_s: resistansi sensor di berbagai konsentrasi gas. Dan memiliki konsentrasi 10-10000 ppm (Amonia, Benzena, Hidrogen).

2.2.6. Arduino Mega

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah Board Arduino yang menggunakan ic Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana dengan menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui Jack DC memakai pakai adaptor 7-12 V DC.

Tabel.2.6. Spesifikasi Arduino Mega

Mikrokontroler	<u>ATmega2560</u>
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (of which 15 provide PWM output)
Pin Analog Input	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13

Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37 g

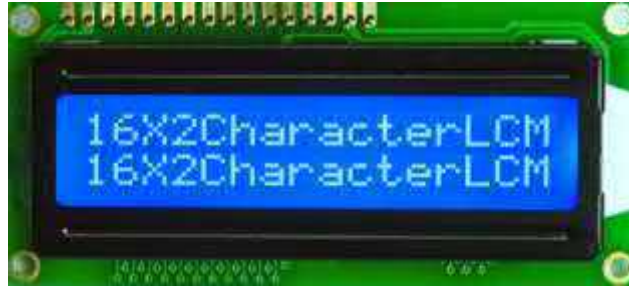


Gambar. 2.6. Arduino Mega 2560

(Sumber : <http://ecadio.com/> diakses tanggal 20 Agustus 2018)

Konfigurasi pin pada ATmega 2520 Menurut Dian Artanto (2008:34) dalam jurnal (Zulita, 2016), sebagai berikut:

- a. VCC merupakan pin yang digunakan sebagai masukan sumber tegangan.
- b. GND merupakan pin untuk Ground.
- c. XTAL1/ XTAL2, XTAL digunakan sebagai pin external clock.
- d. Port A, B, C, D, E, H, dan L merupakan 8 bit port I/O dengan internal pull-up resistor. Port G merupakan 6 bit port I/O dengan internal pull-up resistor.
- e. Port F (PF0:PF7) dan Port K (PK0:PK7) merupakan pin I/O dan merupakan pin masukan ADC.
- f. AVCC adalah pin masukan untuk tegangan ADC.
- g. AREF adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.



Gambar 2.8. LCD 16x2

(Sumber: www.google.co.id/ diakses tanggal 30 Maret 2018)

2.2.8. Kipas DC

Kipas DC kipas angin DC atau cooling fan DC berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran udara. Bagian utama penyusun fan DC adalah motor DC. Prinsip kerja motor pada fan DC pada dasarnya adalah sama dengan prinsip kerja motor DC umumnya (Agung, Farhan, Rachmansyah, & Widiyanto, 2009).



Gambar 2.9. Kipas DC

(Sumber: www.google.co.id/ diakses tanggal 30 Maret 2018)

2.2.9. LED (Light Emitting Dioda)

LED (Light Emitting Diode) dalam dunia elektronika merupakan salah satu komponen elektronika yang masih tergolong dalam keluarga dioda. LED merupakan singkatan dari Light Emitting Diode dalam bahasa Inggris yang artinya kurang lebih dioda pancaran cahaya. Jadi LED dapat didefinisikan sebagai

suatu komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor dan dapat memancarkan cahaya apabila arus listrik melewatinya. LED merupakan suatu lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut (Agustinus, 2015).

Senyawa semikonduktor yang digunakan untuk menghasilkan variasi warna pada LED dijelaskan pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.8. Variasi warna pada LED

Bahan Semikonduktor	Wavelength	Warna	Tegangan Maju @20mA
Gallium Arsenide (GaAs)	850-940nm	Infra Merah	1,2V
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	630-660nm	Merah	1,8V
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	605-620nm	Jingga	2,0V
Gallium Arsenide Phosphide Nitride (GaAsP:N)	585-595nm	Kuning	2,2V
Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP)	550-570nm	Hijau	3,5V
Silicon Carbide (SiC)	430-505nm	Biru	3,6V
Gallium Indium Nitride (GaN)	450nm	Putih	4,0V

(Sumber: <http://teknikelektronika.com/8> Februari 2018)

LED yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah yang sesuai dengan rentang warna kualitas udara pada Keputusan Kepala Bapedal (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan) yaitu hijau, biru, kuning, merah dan hitam.

2.2.10. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Pada umumnya, buzzer sering digunakan pada rangkaian anti-maling, alarm pada jam tangan, bel rumah, peringatan mundur pada truk dan perangkat peringatan bahaya lainnya. Jenis buzzer yang sering ditemukan dan digunakan adalah buzzer yang berjenis piezoelectric (tekanan), hal ini dikarenakan buzzer piezoelectric memiliki berbagai kelebihan seperti lebih murah, relatif lebih ringan dan lebih mudah dalam menggabungkannya ke rangkaian elektronika lainnya (Iksal et al., 2016).



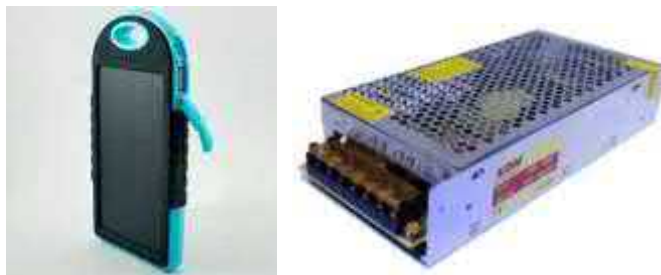
Gambar 2.10. Buzzer

(Sumber : www.modmypi.com/diakses tanggal 30 Maret 2018)

2.2.11. Catu Daya

Hidayat, (2015). Catu daya memegang peranan yang sangat penting dalam hal perancangan sebuah alat elektronik. Tanpa bagian ini robot tidak akan berfungsi begitu juga bila pemilihan catu daya tidak tepat, maka alat deteksi ini tidak akan bekerja dengan baik.

Sumber daya pada deteksi menggunakan 2 jenis daya yaitu Power Bank dan Adaptor 12 V merupakan catu daya yang dapat mengubah arus listrik AC (220V) menjadi DC(12V) atau arus searah. Yang digunakan dalam deteksi ini adalah catu daya 12V dengan arus 3A. Power Bank digunakan untuk menyalakan alat sedangkan pada kipas menggunakan baterai 12 V dan adaptor 12 V.



Gambar. 2.11. Power Bank dan Adaptor 12V

(Sumber: www.tokopedia.com/diakses pada 23 November 2018))

2.2.12. Modul I2C

I2C merupakan singkatan dari *Inter Integrated Circuit* yang disebut dengan *I-squared-C* atau *I-two-C* (Circuit & I-two-c, 2007). Modul I2C digunakan untuk mengendalikan LCD. Jenis modul I2C yang digunakan adalah

IC PCF8574 sebagai I2C busexpander. Penggunaan modul I2C ini dipilih guna menghemat penggunaan pin pada Arduino. Dengan menggunakan modul I2C maka pengiriman perintah LCD hanya membutuhkan 2 pin yaitu SDA dan SCL. Sedangkan untuk mengendalikan LCD dengan tanpa modul I2C dibutuhkan 6 pin digital Arduino yang dihubungkan ke pin RS, Enable, D4, D5, D6, dan D7 pada LCD. Pengujian dilakukan untuk membaca alamat I2C dari modul I2C yang akan digunakan, karena untuk dapat berkomunikasi dibutuhkan alamat yang tepat sehingga pengiriman data dari Arduino ke modul I2C dapat dilakukan (Hidayati dan Ahmad).



Gambar 2.12. Modul I2C yang dipasang pada LCD
(Sumber: <http://andidinata.com/> diakses tanggal 21 Agustus 2018)

2.2.13. Modul RTC (Real Time Clock)

Modul Real Time Clock (RTC) dapat menyediakan informasi waktu secara presisi mulai dari detik, menit, jam, tanggal, hari, bulan, dan tahun. Modul RTC dengan jenis DS3231 dapat langsung dihubungkan dengan pin I2C (TWI) pada Arduino Mega. Selain itu RTC DS3231 juga dilengkapi dengan input baterai yang memungkinkan perangkat untuk mempertahankan waktu yang ada ketika catu daya utama terganggu (Kartika, 2017).



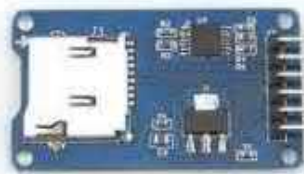
Gambar 2.13. Modul RTC(Real Time Clock)

(Sumber: www.htfelectronics.nl/ diakses tanggal 21 Agustus 2018)

2.2.14. Modul Micro SD Adapter

Modul Micro SD Card Adapter adalah modul pembaca kartu Micro SD, melalui sistem file dan SPI antarmuka driver, MCU untuk melengkapi sistem file untuk membaca dan menulis kartu MicroSD. Pengguna Arduino langsung dapat menggunakan Arduino IDE dilengkapi dengan kartu SD untuk menyelesaikan inisialisasi kartu, penulisan dan pembacaan (Weku, Poekoel, Robot, & Eng, 2015). Fitur modul adalah sebagai berikut:

- 1) Mendukung kartu Micro SD, kartu Micro SDHC (kartu kecepatan tinggi)
- 2) Control Interface : 6 pin (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND ke ground, VCC adalah power supply, MISO, MOSI, SCK adalah SPI bus, CS adalah Pin pilihan untuk chip sinyal;
- 3) 3.3V rangkaian regulator tegangan
- 4) Micro SD card konektor
- 5) Lubang Positioning : empat (4) M2 sekrup dengan diameter lubang 2.2mm.



Gambar 2.14. Modul Micro SD Adapter

(Sumber: (Weku et al., 2015)/ diakses tanggal 21 Agustus 2018)

2.2.15. SD Card

SD Card adalah kartu memori non-volatile yang dikembangkan oleh SD Card Association yang digunakan dalam perangkat portable. Saat ini, teknologi microSD sudah digunakan oleh lebih dari 400 merek produk serta dianggap sebagai standar (Hartanto,2013).



Gambar 2.15. Micro SD Card
(Sumber: Hartanto, 2013/ diakses tanggal 20 Agustus 2018)

2.2.16. Baterai/Aki

Aki merupakan sumber listrik arus searah, dengan melalui proses kimia dapat dihasilkan arus listrik. Penggunaan aki semakin banyak untuk berbagai macam peralatan, terutama untuk sistem kontrol dan jenis peralatan yang portabel (Setiono, 2015). Dalam rancang bangun ini digunakan sebanyak 6 buah baterai 4 volt yang dihubungkan secara seri dan paralel.



Gambar 2.16. Baterai/aki 4V, 800 mAh
(Sumber : <https://bukalapak.com/> diakses tanggal 10 Desember 2018)

2.2.17. Relay

Relay adalah sebuah Sakelar (Switch) yang dioperasikan secara listrik untuk menggerakkan kontak sakelar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Contoh pada relay yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50mA, mampu menggerakkan kontak sakelar untuk menghantarkan listrik 220V 10A (Kartika, 2017).



Gambar 2.17. Modul Relay 2 Channel
(Sumber: www.lelong.com.my/ diakses tanggal 21 Agustus 2018)

2.2.18. Karbon aktif

Karbon aktif adalah padatan amorf yang mempunyai luas permukaan dan jumlah pori yang sangat banyak (Baker et al. 1997). Karbon aktif berbentuk kristal mikro, karbon non grafit, yang pori-porinya telah mengalami proses pengembangan kemampuan untuk menyerap gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak terlarut atau terdispersi dalam cairan (Roy, 1985).

Karbon aktif dapat dibuat dari batu bara, kayu, dan tempurung kelapa melalui proses *pyrolizing* dan *carburizing* pada temperatur 600°C sampai 900°C. Hampir semua adsorbat dapat disrap oleh karbon aktif kecuali air. Karbon aktif dapat ditemukan dalam bentuk bubuk dan granular (Dunggio, 2012).

Hartoyo (1974) mengemukakan bahwa sifat fisik karbon aktif dibagi dua macam dan yang sesuai untuk bahan adsorpsi gas adalah yang memiliki sifat keras dan bobot jenis tinggi.

Tabel 2.9. Penggunaan Karbon Aktif

No	Pemakai	Kegunaan
1.	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilangan
2.	Minuman keras dan Ringan	Penghilangan warna, bau, pada minuman
3.	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah
4.	Pembersih air	Penghilangan warna, bau penghilangan resin
5.	Budi daya Udang	Pemurnian, penghilangan ammonia, netrite phenol dan logam berat
6.	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna
7.	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut
8.	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap
9.	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut vinil chloride, vinil aacetat
10.	Pengolahan Pupuk	Pemurnian, Penghilangan bau

(Sumber : Meillita Tryana Sembiring, ST, Tuti Sarma Sinaga, ST, 2003 dalam Baristand, Banjarbaru, Litkayasa, & Industri, 2010)

Karbon aktif yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah berbentuk granular yang menurut Dunggio, (2012) berfungsi untuk absorsi gas dan uap yang dikenal pula sebagai karbon pengadopsi gas.

**Gambar 2.18.** Karbon Aktif Granular

(Sumber : www.purewatercare.com/ diakses tanggal 30 Maret 2018)

2.3. Kerangka Berfikir

Polusi udara ditimbulkan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna, Dimana proses pembakaran tersebut menghasilkan gas-gas berbahaya

diantaranya yang paling banyak ditemukan adalah gas CO (karbon monoksida) dan gas NO_x (Nitrogen monoksida, Nitrogen dioksida, dan lain-lain). Dampak dari polusi udara dapat merugikan makhluk hidup.

Berbagai jenis penyakit yang dapat ditimbulkan pada manusia dari polusi udara seperti; iritasi pada mata, infeksi saluran pernafasan, infeksi paru-paru, hingga keracunan dan berakibat kematian.

Dalam upaya pencegahan pemerintah telah mengeluarkan keputusan mengenai ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, namun hal tersebut hanya mencegah terjadinya polusi. Sampai saat ini belum ada solusi yang tepat dalam pengurangan polusi udara. Salah satu upaya yang telah dilakukan adalah menanam tanaman-tanaman hijau. Namun sampai saat ini jumlah kendaraan terus bertambah sehingga upaya penanaman pohon masih dirasa kurang. Hal ini harus mendapat perhatian yang serius.

Sudah tidak aktifnya dan biaya perawatan Stasiun Pemantau Kualitas Udara di Kota Semarang semakin menjadi hal yang tidak dihiraukan. Padahal keberadaan saluran Pemantau Kualitas Udara sangatlah penting sebagai informasi dan pengingat bagaimana kualitas udara di suatu daerah/wilayah yang sedang dilewati oleh para pengendara sepeda motor setiap harinya agar dapat dilakukan pencegahan dan penanganan secepat mungkin oleh pengendara maupun oleh pemerintah daerah.

Maka rancang bangun deteksi gas CO dan NO_x berbasis Arduino diduga dapat memberikan informasi mengenai kualitas gas CO dan NO_x yang ada di suatu daerah dan juga dapat menjadi upaya membantu pemerintah dalam mengurangi polusi udara.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kesalahan error pada sensor MQ-7 adalah 6,89% dan ketelitian alat sebesar 93,11%, sedangkan pada sensor MQ-135 memiliki kesalahan error -3,7% dan ketelitian alat sebesar 103,7%.
2. Daerah/wilayah di Kota Semarang dapat diketahui kualitas gas CO dan NO_x dengan hasil bahwa berdasarkan 5 titik pengamatan, kualitas gas CO dan NO_x masih berada diatas ambang baku mutu. Sebelum dilakukan proses adsorpsi dan sesudah dilakukan proses adsorpsi masih diatas ambang batas baku mutu namun mengalami penurunan kadar gas. Hanya pada titik B (Jalan Raya Ngaliyan) pada parameter CO yang berhasil turun dari batas ambang baku mutu (dari semula 19.471 µg/Nm³ menjadi 8.950 µg/Nm³).
3. Karbon aktif sebanyak 100gram efektif dalam upaya pengurangan gas polutan (CO dan NO_x).
4. Hasil implementasi menunjukkan bahwa rancang bangun Deteksi Gas CO dan NO_x telah berjalan sesuai fungsinya dan dapat diterapkan dimasyarakat.

5.2.Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Penggunaan sensor dengan tingkat kepekaan yang baik terhadap parameter gas CO an NO_x sehingga memiliki tingkat kesalahan error dan ketelitian yang lebih baik.

2. Diharapkan dapat membandingkan pengukuran variasi jumlah karbon upaya penurunan kadar gas CO dan NO_x secara optimal dan dapat meneliti dengan variasi waktu agar dapat ditentukan efektivitas karbon aktifnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, F. S., Farhan, M., Rachmansyah, & Widiyanto, E. P. 2009. *Sistem Deteksi Asap Rokok Pada Ruangan Bebas Asap Rokok dengan Keluaran Suara*. Na, 1–9.
- Agustinus, L. 2015. *Rancang Bangun Prototype Pendeteksi Kadar CO Sebagai Informasi Kualitas Udara Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Coding Sistem Komputer Untan, 3(2), 44–53.
- Aji, S. 2016. *Cara Menangani Active Buzzer dengan Arduino*. <http://saptaji.com/2016/10/06/cara-menangani-active-buzzer-dengan-arduino/> (Diakses pada 9 April 2018)
- Al Haq, Hida Yaqin. 2011. *Baku Mutu Udara Ambien Di Propinsi Jawa Tengah*. <https://www.scribd.com/doc/72884172/Baku-Mutu-Udara-Ambien-Di-Propinsi-Jawa-Tengah>.(Diakses pada 10 Desember 2018)
- Arismunandar, Wiranto & Koichi Tsuda. 2002. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Cetakan Kesembilan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Aziz, M.N. 2016. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida Dan Senyawa Hidrokarbon Pada Kabin Mobil Menggunakan Sensor Gas Tgs 2201 Berbasis Arduino*. Skripsi. Program S1 Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1998. *Pedoman Teknis Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. [http://www.cets.iii.org/BML/Udara/ISPU/ISPU%20\(Indeks%20Standar%20Pencemar%20Udara\).html](http://www.cets.iii.org/BML/Udara/ISPU/ISPU%20(Indeks%20Standar%20Pencemar%20Udara).html). (Diakses pada 24 Januari 2018).
- Bapedal. 1998. *Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan NOMOR: KEP- 107/KABAPEDAL/11/1997*. [https://.ISPU\(Indeks Standar Pencemar Udara \).html](https://.ISPU(Indeks%20Standar%20Pencemar%20Udara).html). (Diakses pada 24 Januari 2018).
- Baristand, P., Banjarbaru, I., Litkayasa, T., & Industri, B. 2010. *Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Karbon Aktif untuk Industri*, 2(2), 43–51.
- Bhasworo, G. K., Rofii, F., & Hunaini, F. 2017. *Perancangan Sistem Pemantauan Gas dan Peringatan pada Ruangan melalui Jaringan Nirkabel*, 38(2), 81–91. <https://doi.org/10.14710/teknik.v38n2.15073>.

- BPS Kota Semarang. 2015. *Banyaknya Kendaraan Bermotor Dirinci Menurut Jenis Kendaraan tahun 2012-2014*.
<https://semarangkota.bps.go.id/dynamictable/2015/07/02/23/banyaknya-kendaraan-bermotor-dirinci-menurut-jenis-kendaraan-2012---2014.html>.
 (Diakses pada 7 Desember 2018).
- Dream Green House. 2014. *Technical Data MQ-135 Gas Sensor*.
<http://www.dreamgreenhouse.com/datasheets/MQ-135/index.php>. (Diakses pada 14 April 2018)
- Dunggio, M.Y.R. 2012. *Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Termodifikasi TiO₂*. Skripsi. Program S1 Universitas Indonesia. Depok.
- Endri, G. 2016. *Analisa Performansi dan Opasitas Mesin Diesel Bi - Fuel System Solar - LPG Untuk Mesin Diesel Silinder Tunggal, 1*(November), 95–102.
- Gaikindo. 2015. *Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia*.
<https://www.gaikindo.or.id/mengenal-standar-emisi-euro-bag-1/#>. (Diakses pada 20 Januari 2018).
- Hidayat, W. 2015. *Rancang Bangun Alat Uji Emisi Portable Gas CO, NO_x Dan HC pada Kendaraan Bermotor*. Skripsi. Program S1 Universitas Negeri Semarang. Li, B. A. B., & Teori, L. (n.d.). Universitas Sumatera Utara.
- Iksal, Sumiati, & Harizal. 2016. *Rancang Bangun Prototype Penanganan Dini*.
Jurnal PROSISKO, 3(2).
- Irawan, B. (2009). Efektifitas Pemasangan Catalytic Converter Kuningan Terhadap Penurunan Emisi Gas Carbon Monoksida Pada Kendaraan Motor Bensin , 9(1), 31–38.
- Kariada, N. (2011). *Tingkat Kualitas Udara Di Jalan Protokol*, 9(2), 111–120.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Indeks Standar Pencemar Udara*. <http://iku.menlhk.go.id/>. (Diakses pada 15 Januari 2018).
- Kurniawan, Y. I., & Rivai, M. (n.d.). *Pengendalian Iionizer untuk Netralisasi Udara Berpolutan dalam Ruangan*. ITS Surabaya.
- Mannaf, A. S., Setyaningsih, F. A., & Ruslianto, I. (2016). PURWARUPA SISTEM DETEKSI DAN PENGURANGAN, 04(3), 2–9.
- Maryanto, D., Mulasari, S. A., & Suryani, D. 2014. *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (Co) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada*

Kendaraan Bermotor Di Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (Co) Dengan Penambahan Arang Aktif, (November).
<https://doi.org/10.12928/kesmas.v3i3.1110>

Nurullita, U., Kesehatan, F., Universitas, M., & Semarang, M. 2015. *The 2 nd University Research Coloquium 2015 ISSN 2407-9189 ADSORBSI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DALAM RUANGAN DENGAN The 2 nd University Research Coloquium . ISSN 2407-9189, 297–306.*

Parallax, Inc. 2012. *Technical Data MQ-7 Gas Sensor*.
<https://www.parallax.com/downloads/mq-7-co-gas-sensor-datasheet>.
 (Diakses pada 14 April 2018).

Pencemaran, L. B., Menteri, P., Hidup, L., Batas, A., Gas, E., Kendaraan, B., ...
 Hidup, L. 2002. BAB I, 1–54.

Sarungallo, S. K., Putu, I. G., Agung, R., & Jasa, L. 2017. *Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Mikrokontroler. Teknologi Eektro*, 16(22), 141–145.

Sastrawijaya, A. T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Cetakan Kedua. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

_____. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Cetakan Ketiga. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Satuan dan Ukuran. 2018. *Persentase dan Cara Menghitung Persen*.
[http://ukurandansatuan.com/Sumber/Persentase dan Cara Menghitung Persen_ Ukuran dan Satuan.html](http://ukurandansatuan.com/Sumber/Persentase%20dan%20Cara%20Menghitung%20Persen_Ukuran%20dan%20Satuan.html).(Diakses pada 05 Maret 2018).

Siagian, Arifin & Mawardi Silaban. 2009. *Performa dan Karakteristik emisi Gas Buang Berbakar Bakar Ganda. Skripsi* .Program S1 Universitas Sumatera Utara.

Subekti, P. 1991. *Pengaruh Penggunaan Media Penyerap Gas Buang pada Alat Pengendali Pencemaran Udara Untuk Kendaraan Bermesin Diesel*, 1–11.

Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi(Mixed Methods)*. Bandung: Alfabeta.

Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta: CV. Andi Offset (Penerbit Andi).

Syahrani, A. 2006. *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. SMARTek*, 4(4), 260–266.

- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : CV. Andi Offset (Penerbit Andi).
- Wardani, S., & Viena, V. 2018. *Potensi Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata L) Dalam Menyerap Gas CO Dan SO 2 Pada Emisi Kendaraan Bermotor, III(1), 262–270.*
- Web, B., & Kota, D. I. 2016. Prosiding SENTIA 2016 – Politeknik Negeri Malang Volume 8 – ISSN: 2085-2347, 8, 116–122.
- Widodo, S., & Andrian, D. 2015. *Prototipe Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Beracun CO pada Mobil Menggunakan Array Sensor Berbasis SMS Gateway II (September), 98–106.*
- Wicaksono, Haryo Arif.2017.*Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsentrasi Gas Nitrogen Oksida (NOx) Sebagai Emisi Gas Buang Menggunakan Sensor Gas MQ – 135 Berbasis Mikrokontroller STM32F4 Discovery*. Diploma thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yusuf, I. H., Wahab, A. W., Yusuf, I. H., & Wahab, A. W. (n.d.). *Adsorpsi Emisi Gas CO , NO dan NO X Menggunakan Arang Aktif dari Limbah Ampas Tebu (Saccharum officinarum) pada Kendaraan Bermotor Roda Empat Adsorption of Gases CO , NO and NOx Using Activated Carbon From Waste Dregs of Sugarcane (Saccharum Officianar, (X).)*
- Zaenuri. 2009. *Dampak Pengoperasian Industri Terhadap Kualitas Udara Dan Kebisingan Di Kawasan Simongan Kota Semarang, 169–178.*