

**SISTEM PENDETEKSI PENCEMARAN UDARA AMBIEN DI  
KAWASAN LUMPUR LAPINDO DENGAN MENGGUNAKAN  
LOGIKA FUZZY**

**SKRIPSI**

**KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mempeoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Reza Hastuti

NIM: 135150301111116



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2017**

## PENGESAHAN

SISTEM PENDETEKSI PENCEMARAN UDARA AMBIEN DI KAWASAN LUMPUR  
LAPINDO DENGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Reza Hastuti

NIM: 135150301111116

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada 20 April 2017

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Edita Rosana Widasari, S.T, M.T,

M.Eng

NIK: 2016069106262001

Barlian Henryranu Prasetio, S.T, M.T

NIK: 201102 821024 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP: 197105182003121001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 2017



Reza Hastuti

NIM: 135150301111116

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir Skripsi dengan judul “Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Ambien di Kawasan Lumpur Lapindo dengan Menggunakan Logika *Fuzzy*” dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini disusun sebagai Laporan Skripsi tahun ajaran 2016/2017. Selesaiannya penulisan Laporan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada:

1. Kedua Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan semangat serta do'anya.
2. Dosen pembimbing 1 Ibu Edita Rosana Widasari, S.T, M.T, M.Eng yang terus memberikan motivasi untuk mencari ide yang baik.
3. Dosen pembimbing 2 Bapak Barlian Henryranu Prasetio, S.T, M.T yang terus memberikan masukan untuk menyelesaikan skripsi yang baik.
4. Teman-teman Kost “Salon Fajar” yang selalu memberikan semangat dan dukungan penuh agar terselesaikan karya tulis ini.
5. Dini Ismawati, dan anggota grup CERIA Zonnete Bryllian Dheo, Rivaldi Wibowo, Zhafran Wardiansyah, Eka Nanda Sugianto, Hafizhuddin Zulfahmi, I Wayan Bobby Astagina Naghi, Raden Galih Paramananda yang setia berjuang mengerjakan skripsi bersama.
6. Kakak Senior dan teman-teman angkatan 2013 yang memberikan berbagai macam masukan.
7. Serta segenap pihak yang turut ambil andil dalam proses penyelesaian penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna dan masih memiliki berbagai macam kekurangan. Oleh karena ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, agar kedepannya penulis dapat menjadi lebih baik lagi. Semoga isi Laporan Skripsi ini dapat memberi manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di kemudian hari.

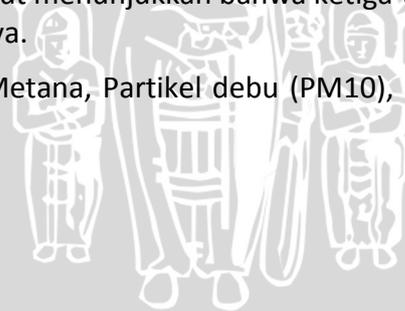
Wassalamualaikum Wr.Wb.

## ABSTRAK

Salah satu hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kelayakan suatu wilayah untuk ditempati oleh masyarakat adalah tingkat pencemaran udara ambien. Udara ambien merupakan udara yang berada disekitar makhluk hidup setiap harinya. Keberadaan lumpur panas di kawasan bencana lumpur lapindo dapat mempengaruhi kualitas udara ambien. Pemantauan tingkat pencemaran udara ambien di wilayah terdampak lumpur lapindo dilakukan dengan mengklasifikasikan tingkat pencemaran udara ambien berdasarkan konsentrasi gas pencemar udara di wilayah tersebut. Pengklasifikasian tersebut juga memberikan gambaran mengenai dampak yang dapat terjadi dari masing-masing kelompok berdasarkan tingkat pencemaran udara ambien. Untuk melakukan pengklasifikasian digunakan metode logika *fuzzy*.

Dari hasil pengujian di tiga wilayah terdampak lumpur yaitu Desa Siring Barat, Desa Mindi dan Desa Jatirejo dengan menggunakan parameter gas pencemar Metana, partikel debu (PM10), dan CO di dapatkan output *fuzzy* dengan tingkat akurasi sebesar 84%, 93%, dan 95% pada Desa Jatirejo, Desa Mindi, dan Desa Siring Barat. Selanjutnya, Desa Jatirejo memiliki rata-rata indeks kualitas udara 54.43 dengan rata-rata konsentrasi metana 4.60 ppm, sedangkan Desa Mindi memiliki rata-rata indeks kualitas udara 41.95 dengan rata-rata konsentrasi metana 2.40 ppm, dan Desa Siring Barat memiliki rata-rata indeks kualitas udara 37.00 dengan rata-rata konsentrasi metana 15.18 ppm. Pada hasil tersebut, diketahui bahwa konsentrasi metana telah melewati Baku Mutu Standar meskipun indeks kualitas udaranya aman. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga wilayah tersebut masuk kedalam kategori Berbahaya.

Kata kunci: Logika *fuzzy*, Metana, Partikel debu (PM10), CO, pencemaran udara ambien.

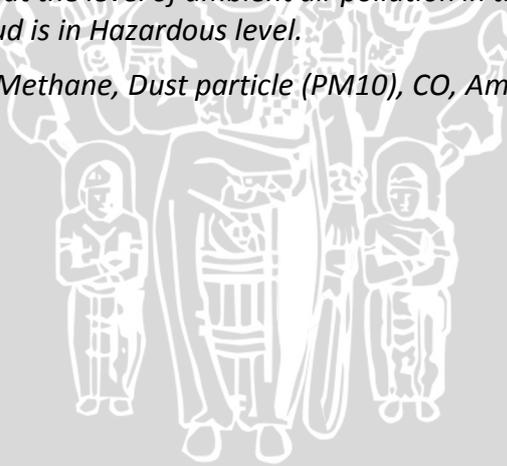


## ABSTRACT

*The level of ambient air pollution is one of the things that need to be considered to decide the appropriateness of a region to be inhabited by the community. Ambient air is air that around living creatures every day. Lapindo hot mud in disaster area affected the quality of ambient air. Monitoring ambient air pollution in affected area of Lapindo hot mud performed by classifying the level of ambient air pollution. The classification also describes the impact that can occur from each category based on the level of ambient air pollution.*

*Based on the result of testing system with samples from three affected areas of Lapindo hot mud, fuzzy output has the accuracy 84% in Siring Barat village, 93% in Mindi Village, and 95% in Jatirejo village by using methane gas, dust particle (PM10), and CO gas as parameters. Furthermore, Jatirejo village has an average index value of air quality is about 54.43 with an average methane concentration is about 4.60 ppm. Therefore, Mindi village has an average index of air quality is about 41.95 with an average methane concentration is about 2.40 ppm and Siring Barat village has an average index of air quality is about 37.00 with an average methane concentration is about 15.18 ppm. The analysis result shows the concentration of methane exceeds the threshold level even the air quality index in a safe range, It shows that the level of ambient air pollution in those three affected areas of Lapindo hot mud is in Hazardous level.*

*Key words: Fuzzy logic, Methane, Dust particle (PM10), CO, Ambient air pollution.*



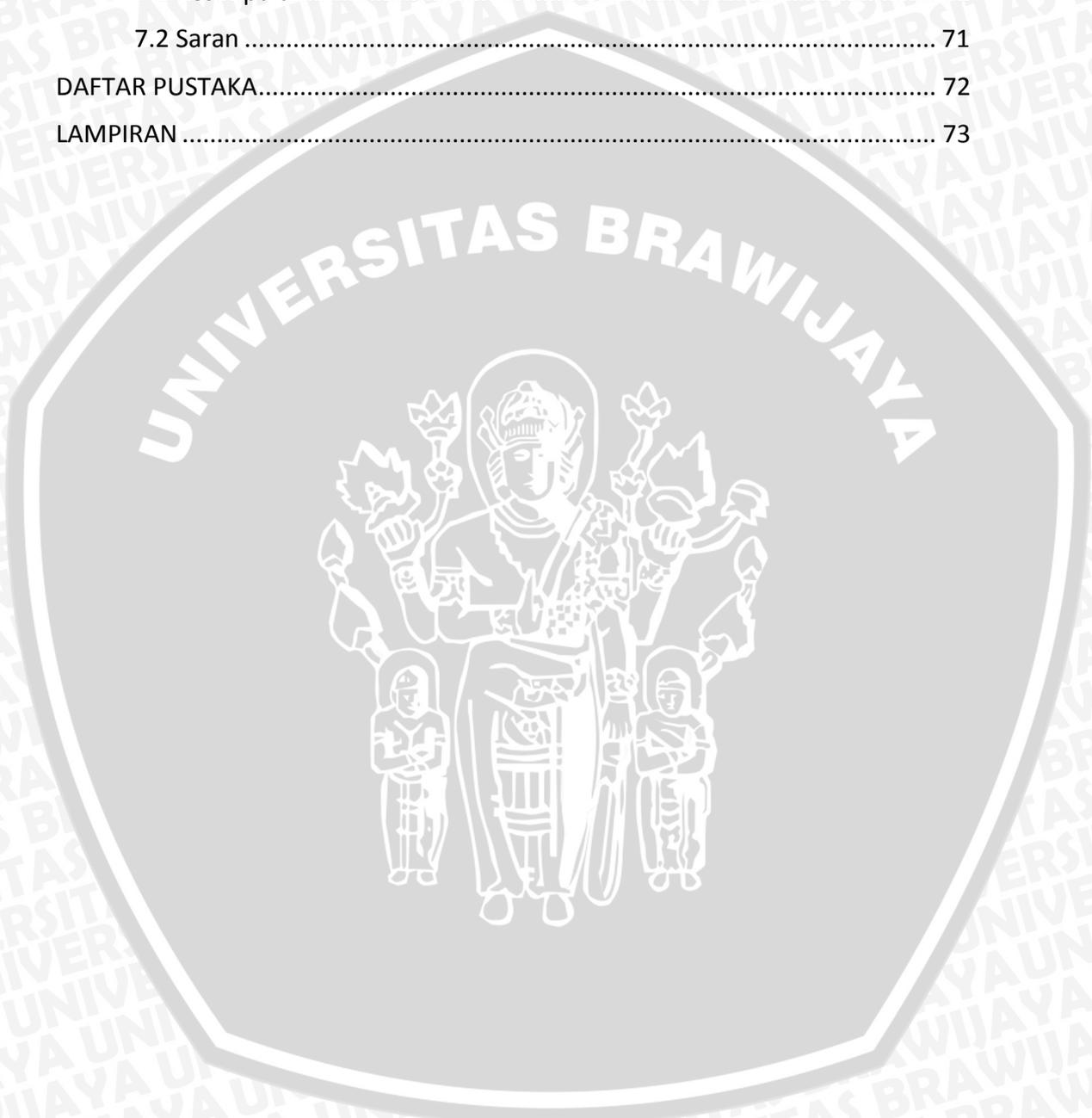
## DAFTAR ISI

PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	1
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>2</b>
1.1 Latar belakang.....	2
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah .....	4
1.6 Sistematika pembahasan.....	4
<b>BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Parameter Pencemaran udara ambien.....	6
2.2.2 Sensor.....	12
2.2.3 Mikrokontroler.....	19
2.2.4 Logika <i>Fuzzy</i> .....	21
2.2.5 <i>Graphical Programming NI labview</i> .....	24
<b>BAB 3 METODOLOGI .....</b>	<b>25</b>
3.1 Metode Penelitian .....	25
3.2 Studi Literatur .....	26
3.3 Analisis Kebutuhan .....	26
3.4 Langkah-langkah Perancangan Sistem .....	26
3.4.1 Langkah-langkah Perancangan <i>Hardware</i> .....	26

3.4.2 Langkah-langkah Perancangan <i>Software</i> .....	26
3.4.3 Langkah-langkah Perancangan Logika <i>Fuzzy</i> .....	27
3.5 Langkah-langkah Implementasi .....	27
3.5.1 Langkah-langkah Implementasi <i>Hardware</i> .....	27
3.5.2 Langkah-langkah Implementasi <i>Software</i> .....	27
3.5.3 Langkah-langkah Implementasi Logika <i>Fuzzy</i> .....	27
3.6 Penarikan Kesimpulan .....	28
<b>BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN SISTEM</b> .....	<b>29</b>
4.1 Gambaran Umum Sistem .....	29
4.2 Analisis Kebutuhan .....	29
4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Pengguna .....	29
4.2.2 Kebutuhan Sistem .....	30
4.2.3 Kebutuhan Fungsional .....	31
4.2.4 Kebutuhan Non-Fungsional .....	31
<b>BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b> .....	<b>32</b>
5.1 Perancangan Sistem .....	32
5.1.1 Perancangan <i>Hardware</i> .....	32
5.1.2 Perancangan <i>Software</i> .....	35
5.1.3 Perancangan Logika <i>Fuzzy</i> .....	40
5.2 Implementasi Sistem .....	45
5.2.1 Implementasi <i>Hardware</i> .....	45
5.2.2 Implementasi <i>Software</i> .....	46
5.2.3 Implementasi Logika <i>Fuzzy</i> .....	50
<b>BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS</b> .....	<b>56</b>
6.1 Pengujian Fungsionalitas Sensor .....	56
6.1.1 Skenario Pengujian .....	56
6.1.2 Hasil Pengujian .....	57
6.2 Pengujian <i>Interface</i> dan Penyimpanan Data .....	59
6.2.1 Skenario Pengujian .....	60
6.2.2 Hasil Pengujian .....	60
6.3 Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> .....	63
6.3.1 Skenario Pengujian .....	63



6.3.2 Hasil Pengujian .....	63
6.4 Analisa Hasil Pengujian .....	65
BAB 7 PENUTUP .....	71
7.1 Kesimpulan.....	71
7.2 Saran .....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN .....	73



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien Nasional.....	8
Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien Nasional (lanjutan) .....	9
Tabel 2.3 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) .....	9
Tabel 2.4 Pebandingan ISPU dan EPA .....	10
Tabel 2.5 Batas Indeks Standar Pencemar Udara (Dalam Satuan SI) .....	11
Tabel 2.6 Batas Indeks Standar Pencemar Udara Internasional (EPA) .....	12
Tabel 2.7 Kondisi standar kerja sensor gas MQ-4.....	13
Tabel 2.8 Kondisi standar kerja sensor gas MQ-7 .....	15
Tabel 2.9 Spesifikasi NI MyRio-1900 .....	20
Tabel 2.10 Spesifikasi NI MyRio-1900 (lanjutan) .....	21
Tabel 2.11 Perbandingan dari Beberapa Penalaran Logika <i>Fuzzy</i> .....	22
Tabel 5.1 Rule Based <i>7x7 Membership Function</i> .....	43
Tabel 5.2 Fungsi NI Labview .....	45
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Sensor MQ-4 di Desa Jatirejo.....	57
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Sensor MQ-4 di Desa Mindi .....	58
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Sensor MQ-4 di Desa Siring Barat.....	58
Tabel 6.4 Hasil Pengujian Sensor MQ-7 .....	59
Tabel 6.5 Hasil Pengujian Sensor Sharp G P2Y1010AU0F.....	59
Tabel 6.6 Check-list Pengujian <i>Interface</i> dan Penyimpanan Data .....	62
Tabel 6.7 Hasil Pengujian Logika Fuzzy di Desa Siring Barat.....	63
Tabel 6.8 Hasil Pengujian Logika Fuzzy di Desa Mindi .....	65
Tabel 6.9 Hasil Pengujian Logika Fuzzy di Desa Jatirejo.....	65

## DAFTAR GAMBAR

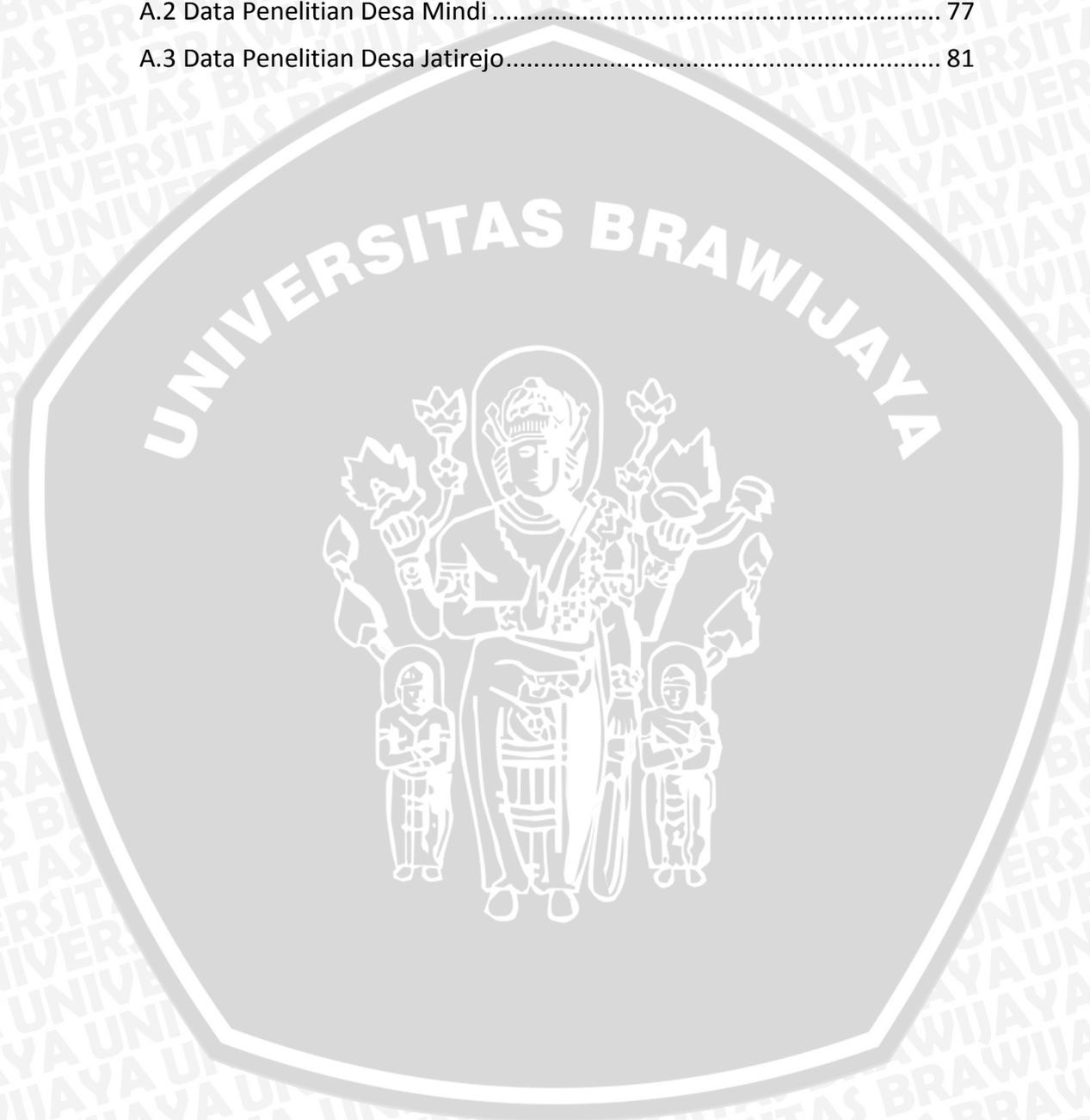
Gambar 2.1 Sensor MQ 4 .....	12
Gambar 2.2 Grafik Karakteristik Sensitivitas MQ-4 .....	14
Gambar 2.3 Sensor MQ-7 .....	15
Gambar 2.4 Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-7 .....	16
Gambar 2.5 Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F .....	17
Gambar 2.6 Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F .....	17
Gambar 2.7 Modul Sensor Gas DT-Sense .....	18
Gambar 2.8 Rangkaian Pada Modul Sensor Gas DT-Sense .....	19
Gambar 2.9 NI MyRIO .....	20
Gambar 2.10 Proses Logika <i>Fuzzy</i> .....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian .....	25
Gambar 5.1 Perancangan Rangkaian Elektrik Sensor MQ-4 .....	33
Gambar 5.2 Perancangan Rangkaian Elektrik Sensor MQ-7 .....	34
Gambar 5.3 Perancangan Rangkaian Elektrik Sensor SHARP GP2Y1010AU0F .....	35
Gambar 5.4 Diagram Alir Perancangan Pemrograman Sensor MQ-4 .....	36
Gambar 5.5 Diagram Alir Perancangan Pemrograman Sensor MQ-7 .....	37
Gambar 5.6 Diagram Alir Perancangan Pemrograman Sensor SHARP GP2Y1010AU0F .....	38
Gambar 5.7 Login ke sistem direktori NI MyRio melalui alamat IP .....	39
Gambar 5.8 File direktori pada USB Flashdisk .....	40
Gambar 5.9 Rancangan Membership Function Partikel Debu .....	41
Gambar 5.10 Rancangan Membership Function Partikel CO .....	41
Gambar 5.11 Rancangan Membership Function Kualitas Udara .....	42
Gambar 5.12 Implementasi Rangkaian Keseluruhan .....	45
Gambar 5.13 Port USB NI MyRio-1900 .....	46
Gambar 5.14 USB Flashdisk dihubungkan ke port USB NI MyRio .....	46
Gambar 5.15 Implementasi Program Pengolahan Output Sensor MQ-4 .....	47
Gambar 5.16 Implementasi Program Pengolahan Output Sensor MQ-4 .....	47
Gambar 5.17 Implementasi Program Pengolahan Output Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F .....	48

Gambar 5.18 Potongan Program Penyimpanan Data.....	48
Gambar 5.19 Inteface System .....	49
Gambar 5.20 Interface Monitor System .....	49
Gambar 5.21 <i>Interface Data System</i> .....	50
Gambar 5.22 <i>Interface</i> Input Nama File.....	50
Gambar 5.23 Implementasi Fuzzyfication .....	51
Gambar 5.24 Menu Rules.....	52
Gambar 5.25 <i>Defuzzyfication</i> Pada <i>Fuzzy System Design</i> .....	53
Gambar 5.26 Potongan Program Logika Fuzzy .....	53
Gambar 5.27 Program Pengolahan Output <i>Fuzzy</i> .....	54
Gambar 5.28 <i>Case Structure</i> Kondisi <i>True</i> .....	54
Gambar 5.29 <i>Case Structure</i> Kondisi <i>False</i> .....	55
Gambar 6.1 Alur Pengujian dan Analisis .....	56
Gambar 6.2 Grafik Perbandingan Konsentrasi Metana dan Rasio (Rs/Ro) .....	66
Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Konsentrasi Metana dan Rasio (Rs/Ro) .....	66
Gambar 6.4 Grafik Perbandingan Konsentrasi Metana dan Rasio (Rs/Ro) .....	67
Gambar 6.5 Perbandingan Partikel Debu dan Tegangan (volt) .....	69
Gambar 6. 6 <i>Interface System</i> .....	60
Gambar 6.7 File Test1.csv tersedia di direktori file USB Flashdisk.....	61
Gambar 6.8 Data File test1.csv .....	61
Gambar 6.9 Membuka direktori USB Flashdisk melalui PC/Laptop .....	62
Gambar 6.10 Data file test1.csv .....	62
Gambar 6.11 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Siring Barat .....	69
Gambar 6.12 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Mindi .....	70
Gambar 6.13 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Jatirejo.....	70



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA PENELITIAN .....	73
A.1 Data Penelitian Desa Siring Barat .....	73
A.2 Data Penelitian Desa Mindi .....	77
A.3 Data Penelitian Desa Jatirejo.....	81



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Udara sebagai sumber daya alam yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya, memiliki peranan yang penting dalam menjaga kelangsungan hidup manusia. Oleh karena itu, kualitas udara harus dijaga dan dipelihara kelestarian fungsinya guna pemeliharaan kesehatan dan kesejahteraan manusia serta perlindungan bagi makhluk hidup lainnya. Udara disekitar kehidupan manusia yang berada di kehidupan sehari-hari disebut udara ambien. Agar udara dapat bermanfaat bagi pelestarian fungsi lingkungan hidup, maka udara perlu dipelihara, dijaga dan dijamin mutunya (Peraturan Pemerintah, 1999). Salah satu kawasan yang dipantau pencemaran udara ambien adalah kawasan terdampak lumpur lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. Kawasan terdampak lumpur lapindo merupakan kawasan yang dekat dengan semburan lumpur panas sesuai dengan pemetaan wilayah terdampak berdasarkan Peta Area Terdampak Tim Nasional PSLs (Penanggulangan Semburan Lumpur Sidoarjo).

Semburan lumpur panas dapat memengaruhi kualitas udara ambien di wilayah tersebut, terdapat dua parameter pencemar udara yang cukup berbahaya di wilayah semburan lumpur panas yaitu gas Metana ( $CH_4$ ) dan Nitrogen Dioksida ( $NO_2$ ) (BNPB, 2010). Konsentrasi metana ( $CH_4$ ) di wilayah terdampak lumpur telah melewati ambang batas dari standar yang telah ditetapkan dalam Peraturan Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur (Haryo, 2010). Selain itu, Pencemaran udara ambien ini juga menimbulkan masalah lainnya, yaitu gangguan terhadap pernapasan. Gangguan pernapasan ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi dari parameter pencemar udara, hal ini dapat memberikan dampak yang tidak baik bagi tubuh dan dapat menghambat aktifitas sehari-hari (Khuliyah, 2014). Hal ini membuktikan bahwa wilayah yang memiliki tingkat pencemaran udara ambien yang tinggi maka resiko kesehatan masyarakatnya juga relatif tinggi.

Untuk mengetahui tingkat bahaya dari parameter pencemar udara dilakukan dengan membandingkan nilai konsentrasi parameter pencemar udara dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur. Akan tetapi, cara ini kurang efektif dalam mengetahui level bahaya dari pencemar udara karena tidak terdapat pengelompokan tingkat bahaya yang ditimbulkan dari konsentrasi gas pencemar udara yang melewati nilai standar. Oleh karena itu, dirancanglah suatu sistem yang dapat mengkategorikan tingkat bahaya dari konsentasi parameter pencemar udara ambien tersebut menjadi beberapa kategori yang lebih bervariasi sehingga status kualitas udara di kawasan terdampak lumpur dapat dikategorikan berdasarkan konsentrasi parameter pencemar udara.

Pada sistem ini dibutuhkan teknik *Parallel execution* dan *Pipelining* pada proses akuisisi data sensor, pengolahan data sensor dan pengolahan logika *fuzzy*. Teknik *Parallel execution* mengidentifikasi proses akuisisi data sensor, pengolahan data

sensor, dan pengolahan logika *fuzzy* yang dapat berjalan terpisah antara satu sama lain meskipun sinkronisasi diperlukan dan proses eksekusi berjalan di waktu yang sama. Selain meningkatkan kinerja, teknik ini membantu dalam mengatur dan mengelola kode dan memudahkan dalam menguji dan *debugging* aplikasi. Seperti halnya loop paralel, Teknik *Pipelining* membuat segmen kode yang lebih kecil berjalan paralel pada loop yang sama, dengan mengurangi *critical path* (segmen dengan kode yang panjang) pada setiap iterasi loop, maka akan mengurangi waktu eksekusi loop (National Instruments, 2013). Oleh karena itu, pada sistem ini digunakan NI Myrio sebagai mikrokontroler dan NI Labview sebagai *software* pemrograman dikarenakan Labview FPGA *module* pada produk National Instruments memiliki teknik *Parallel execution* dan *Pipelining*.

## 1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang masalah antara lain:

1. Bagaimana membuat sistem pendeteksi konsentrasi gas pencemar udara ambien?
2. Bagaimana sistem dapat mengklasifikasikan kualitas udara ambien berdasarkan metode logika *fuzzy*?
3. Bagaimana tingkat akurasi sistem pendeteksi kualitas udara ambien di wilayah terdampak lumpur lapindo dengan menggunakan metode logika *Fuzzy*?

## 1.3 Tujuan

Adapun beberapa tujuan dari penelitian yang dilaksanakan antara lain:

- 1) Sistem dapat mendeteksi konsentrasi gas pencemar udara ambien menggunakan metode fuzzy di wilayah terdampak lumpur lapindo.
- 2) Sistem dapat mengklasifikasikan kualitas udara ambien berdasarkan metode logika fuzzy.
- 3) Mengetahui tingkat akurasi sistem pendeteksi gas pencemar udara ambien.

## 1.4 Manfaat

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

- 1) Bermanfaat bagi pemerintah terutama pemerintah di Jawa Timur karena jika sistem ini terus dikembangkan maka memudahkan proses klasifikasi wilayah yang layak huni dan tidak layak huni.
- 2) Bermanfaat bagi penulis sebagai pengimplementasian dari ilmu yang telah didapatkan dan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berfokus pada penggunaan produk National Instruments.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam perancangan sistem ini, terdapat beberapa batasan masalah di antaranya adalah:

- 1) Wilayah yang dijadikan sebagai lokasi penelitian adalah Desa Siring Barat, Desa Jatirejo, dan Desa Mindi yang merupakan area terdampak lumpur lapindo.
- 2) Sistem mampu bekerja secara maksimal apabila kondisi cuaca cerah dan area stabil (tidak ada getaran).
- 3) Sistem mampu digunakan untuk mendeteksi konsentrasi Metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon monoksida (CO), dan debu (PM10).

## 1.6 Sistematika pembahasan

Sebagai acuan dalam penulisan agar dapat terarah sesuai dengan yang diharapkan, maka disusun sistematika penulisan Bab dan subbab.

### Bab I Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika pembahasan/laporan.

### Bab II Landasan Kepustakaan

Pada bab ini berisi tentang dasar teori yang berkaitan dengan penelitian serta penjelasan mengenai penelitian serupa yang pernah dilakukan sebagai rujukan.

### Bab III Metodologi

Pada bab ini berisi tentang metode-metode perancangan model sistem yang dipakai dalam penelitian secara spesifik yaitu, studi literature, analisis kebutuhan, pengumpulan data, pengolahan data, perancangan sistem, implementasi, pengujian, analisis dan kesimpulan.

### Bab IV Rekayasa Kebutuhan Sistem

Pada bab ini membahas mengenai kebutuhan dalam merancang sistem, baik kebutuhan dari sudut pandang pengguna maupun dari sudut pandang sistem sendiri.

### Bab V Perancangan dan Implementasi

Pada bab ini membahas mengenai perancangan antarmuka (*interface*) menggunakan NI Labview, perancangan sistem dan implementasi Logika *Fuzzy*.

### Bab VI Pengujian dan Analisis

Pada bab ini membahas mengenai hasil pengujian dan analisis sistem yang telah direalisasikan terhadap objek penelitian.

### Bab VII Penutup

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini dikaji pustaka dari berbagai sumber yang menjadi acuan teori, konsep, model, metode, atau sistem dari literatur ilmiah, yang berkaitan dengan tema, masalah, atau pertanyaan penelitian. Kajian pustaka meliputi definisi, teori-teori pendukung dan penjelasan tentang komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian ini.

### 2.1 Tinjauan pustaka

Pada tahun 2014, Khuliyah C. Diyanah melakukan penelitian mengenai Kualitas Udara, Fungsi Paru, Dan Keluhan Pernapasan Ibu Rumah Tangga Di Wilayah Terdampak dan Tidak Terdampak Semburan Lumpur Sidoarjo. Pada penelitian tersebut dilakukan pengambilan sampel udara untuk mengetahui tingkat pencemaran udara ambien dengan parameternya yaitu NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> dan partikel debu. Penelitian ini bersifat penelitian observasional deskriptif dengan pendekatan *cross-sectional*. Selain itu, penelitian ini terfokus kepada satu objek sasaran yaitu ibu rumah tangga sebagai responden, berbeda dengan penelitian yang dilakukan sekarang dimana objek sasaran lebih luas tidak hanya menyangkut masyarakat disekitar kawasan tetapi juga pemerintah daerah atau badan pengelola bencana lumpur lapindo. Perbedaan lainnya adalah penelitian ini menggunakan parameter NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> dan partikel debu, sedangkan penelitian sekarang menggunakan parameter pencemar udara berupa CO, Metana dan partikel debu (PM<sub>10</sub>). Pada penelitian ini juga dipilih dua lokasi yaitu wilayah terdampak dan tidak terdampak lumpur sedangkan penelitian sekarang hanya menggunakan tiga desa dari wilayah terdampak lumpur sebagai lokasi penelitian.

Haryo Sulistyarso pada tahun 2010 melakukan penelitian mengenai *Dynamic and Geological-Ecological Spatial Planning Approach in Hot Mud Volcano Affected Area in Porong-Sidoarjo*. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap beberapa parameter diantaranya gas Metana, NO<sub>2</sub>, dan partikel debu serta parameter pendukung yaitu suhu dan kecepatan angin. Analisis ini dilakukan di tiga wilayah yaitu Porong, Tanggulangin, dan Jabon dimana terdapat 11 desa yang termasuk kedalam wilayah terdampak dan tidak terdampak lumpur. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perubahan ekosistem dan kualitas udara ambien di wilayah tersebut sebagai dampak dari bencana lumpur sidoarjo, tujuannya adalah untuk membuat perencanaan penataan ruang dengan beberapa skenario berdasarkan hasil analisis.

Gopal Upadhyaya dan Nilesh Dashore pada tahun 2011 melakukan penelitian mengenai *Fuzzy Logic Based Model for Monitoring Air Quality Index*. Pada penelitian tersebut dilakukan pemantauan terhadap pencemaran udara ambien di India, dimana sebelumnya telah dilakukan penerapan yang serupa di China dan Malaysia. Pencemaran udara ambien di klasifikasikan ke dalam tujuh kategori yaitu "Good (0-50)", "Moderate (51-100)", "Unhealthy for sensitive groups (101-150)", "Unhealthy (151-200)", "Very Unhealthy (201-300)", "Hazardous (301-400)", "Very Hazardous (401-500)". Parameter pencemar udara yang diteliti

meliputi *sulferdioxide* (SO<sub>2</sub>), *nitrogen dioxide* (NO<sub>2</sub>), *suspended particulates* (PM), *carbon monoxide* (CO), and *ozone* (O<sub>3</sub>). Satuan pengukuran yang digunakan pada penelitian ini adalah ug/m<sup>3</sup> dan ppm yang disesuaikan berdasarkan indeks kualitas udara internasional (EPA). Pemantauan pencemaran udara ambien dilakukan secara *real-time* menggunakan Simulink. Metode konvensional yang digunakan adalah interpolasi linear, metode ini digunakan untuk mengkalkulasikan indeks kualitas udara dari parameter pencemar udara. Hal tersebut juga sama dengan penelitian sekarang. Akan tetapi, penelitian sekarang hanya menggunakan tiga parameter pencemar udara dan sistem pemantauan tidak dilakukan secara *real-time* dan menggunakan NI Labview.

Dari kedua penelitian pertama menunjukkan bahwa kualitas udara memiliki pengaruh yang besar baik bagi masyarakat maupun bagi wilayah itu sendiri. Pada dasarnya kedua penelitian tersebut ditujukan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari menurunnya kualitas udara di wilayah tersebut. Sama halnya dengan penelitian sekarang, dimana dilakukan pengklasifikasian terhadap tingkat pencemaran udara ambien di wilayah terdampak lumpur, sehingga dampak dari pencemar udara yang memengaruhi kualitas udara ambien di wilayah terdampak lumpur lapindo dapat lebih mudah diprediksi. Dari penelitian ketiga, diketahui bahwa pengklasifikasian tingkat pencemaran udara ambien dapat diterapkan dengan menggunakan metode logika *fuzzy*. Oleh karena itu, penelitian sekarang menggunakan metode logika *fuzzy* yang telah tersedia pada NI Labview dalam bentuk toolkit.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Parameter Pencemaran Udara Ambien

Pencemaran udara ambien adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Udara Ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Terdapat dua jenis baku mutu untuk mengetahui kualitas udara ambien yaitu baku mutu udara ambien dan baku mutu emisi sumber tidak bergerak. Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energy dan/atau komponen yang ada atau seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Sedangkan, Baku mutu emisi sumber tidak bergerak adalah batas kadar maksimum dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien.

Jenis-jenis bahan pencemar udara didasarkan pada baku mutu udara yang dihirup sehari-hari menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999, yang meliputi: sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>),

oksidan (O<sub>2</sub>), hidrogen karbon (HC), PM 10, PM 2.5, TSP (debu), Pb (Timah Hitam), (debu jatuh) (Dirjen PP dan PL Kemenkes RI, 2014).

1) Emisi Karbon Monoksida (CO)

Asap kendaraan merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60% pencemaran udara ambien di Jakarta disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum. Karbon monoksida yang meningkat di berbagai perkotaan dapat mengakibatkan turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak.

2) Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Proses ini disebabkan karena kandungan N dalam bahan bakar. NO<sub>x</sub> ini yang ada di udara yang dihirup oleh manusia dapat menyebabkan kerusakan paru-paru.

3) Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>)

Emisi SO<sub>x</sub> terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, SO<sub>x</sub> ini dapat menimbulkan serangan asma.

4) Emisi Hidro Karbon (HC)

HC ini terbentuk dari berbagai macam sumber, yaitu tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna, tidak terbakarnya minyak pelumas silinder adalah salah satu penyebab timbulnya HC. HC ini berbentuk gas metana (CH<sub>4</sub>), dapat menyebabkan leukemia dan kanker.

5) Materi Partikulat (PM)

Partikel debu dalam emisi gas buang terdiri dari bermacam-macam komponen. Sebagian benda partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah butiran-butiran halus sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru.

6) Ozon (O<sub>3</sub>)

Suatu molekul yang stabil yang terdiri dari 3 atom oksigen. Jika jumlah ozon sedikit membahayakan, tanaman, manusia dan jika jumlah ozon terlalu banyak mengakibatkan masalah dalam kesehatan dan pertanian.

### **2.2.1.2 Baku Mutu Udara Ambien Nasional**

Dalam menentukan suatu kualitas udara ambien pada suatu wilayah tertentu dibutuhkan sebuah acuan untuk membuktikan keakuratan dalam penentuan kualitas udara ambien. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999, pada tanggal 26 Mei 1999 ditetapkan Peraturan Tentang Pengendalian Pencemaran Udara Ambien, adapun peraturan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2.

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien Nasional

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO <sub>2</sub>	1 Jam	900 ug/Nm <sup>3</sup>	Pararosanilin	Spektrofotometer
	(Sulfur Dioksida)	24 Jam	365 ug/Nm <sup>3</sup>		
		1 Thn	60 ug/Nm <sup>3</sup>		
2	CO	1 Jam	30.000 ug/Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer
	(Karbon Monoksida)	24 Jam	10.000 ug/Nm <sup>3</sup>		
		1 Thn	-		
3	NO <sub>2</sub>	1 Jam	400 ug/Nm <sup>3</sup>	Saltzman	Spektrofotometer
	(Nitrogen Dioksida)	24 Jam	150 ug/Nm <sup>3</sup>		
		1 Thn	100 ug/Nm <sup>3</sup>		
4	O <sub>3</sub>	1 Jam	235 ug/Nm <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer
(Oksidan)	1 Thn	50 ug/Nm <sup>3</sup>			
5	HC	3 Jam	160 ug/Nm <sup>3</sup>	Flame Ionization	Gas
	(Hidro Karbon)				Chromatogarfi
6	PM <sub>10</sub>	24 Jam	150 ug/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi - Vol
	(Partikel < 10 um )				
	PM <sub>2,5</sub> (*)	24 Jam	65 ug/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi - Vol
	(Partikel < 2,5 um )	1 Thn	15 ug/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi - Vol
7	TSP	24 Jam	230 ug/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi - Vol
	(Debu)	1 Thn	90 ug/Nm <sup>3</sup>		
8	Pb	24 Jam	2 ug/Nm <sup>3</sup>	Gravimetric	Hi Vol
	(Timah Hitam)	1 Thn	1 ug/Nm <sup>3</sup>	Ekstraktif	
				Pengabuan	AAS
9	Dustfall	30 hari	10 Ton/km <sup>2</sup> /Bulan (Pemukiman)	Gravimetric	Cannister
	(Debu Jatuh )		20 Ton/km <sup>2</sup> /Bulan		
			(Industri)		

**Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien Nasional (lanjutan)**

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
10	Total Fluorides (as F)	24 Jam	3 ug/Nm <sup>3</sup>	Spesific Ion	Impinger atau
		90 hari	0,5 ug/Nm <sup>3</sup>	Electrode	Countinous Analyzer
11	Fluor Indeks	30 hari	40 u g/100 cm <sup>2</sup> dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12	Khlorine &	24 Jam	150 ug/Nm <sup>3</sup>	Spesific Ion	Impinger atau
	Khlorine Dioksida			Electrode	Countinous Analyzer
13	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO <sub>3</sub> /100 cm <sup>3</sup>	Colourimetric	Lead
			Dari Lead Peroksida		Peroxida Candle

Sumber: Diadaptasi dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999

### 2.2.1.3 Skala Indeks Kualitas Udara

Skala indeks kualitas udara digunakan dalam menentukan status kualitas udara. Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Nomor: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997) perlu disusun pedoman teknis perhitungan dan pelaporan serta informasi indeks standar pencemar udara. Di Indonesia digunakan standar nasional dalam menentukan status kualitas udara yaitu Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Kategori dari status kualitas udara berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)**

No.	Kategori	Rentang	Warna indikator
1	Baik	0-50	Hijau
2	Sedang	51-100	Biru
3	Tidak sehat	101-199	Kuning
4	Sangat tidak sehat	200-299	Merah
5	berbahaya	300-500	Hitam

Sumber: Diadaptasi dari Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Nomor: KEP- 107/KABAPEDAL/11/1997)

Adapun standar internasional yang digunakan sebagai indeks standar kualitas udara dunia adalah AirNow dari EPA (*Environmental Protection Agency*) Amerika Serikat. Pada dasarnya standar nasional (ISPU) dan standar internasional (EPA) tidak jauh berbeda, yang membedakan keduanya adalah skala atau rentang yang

digunakan EPA lebih banyak sehingga kategorinya pun lebih bervariasi. Perbedaan antara ISPU dan EPA dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Pebandingan ISPU dan EPA

No.	USA EPA			Indonesia (ISPU)			
	Rentang	Warna	Level	Rentang	Warna	Level	Deskripsi
1	0-50		Good	0-50		Baik	Tidak ada efek
2	50-100		Moderate	50-100		Sedang	Terjadi penurunan pada jarak pandang
3	100-150		Unhealthy for Sensitive Groups	100-200		Tidak Sehat	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di mana-mana
4	150-200		Unhealthy				
5	200-300		Very Unhealthy	200-300		Sangat Tidak Sehat	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asthma dan bronhitis
6	300-500		Hazardous	300-500		Berbahaya	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

Sumber: Diadaptasi dari *Real Time Air Quality Monitoring in Indonesia* aqicn.org

#### 2.2.1.4 Batas Indeks Standar Pencemar Udara

Dalam menentukan batas indeks dari suatu parameter pencemar udara, perlu dilakukan suatu perhitungan yang mengkonversikan nilai konsentrasi gas tertentu (pencemar udara) menjadi nilai batas indeks standar pencemar udara. Terdapat dua cara dalam menentukan batas indeks tersebut, yaitu:

##### 1) Perhitungan Manual (Linear Interpolasi)

Pada perhitungan manual ini, terdapat tabel Batas Indeks Standar Pencemar Udara (Dalam Satuan SI), dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Batas Indeks Standar Pencemar Udara (Dalam Satuan SI)**

Indeks Standar Pencemar Udara	24 Jam PM10 ug/m3	8 Jam SO2 ug/m3	8 Jam CO ug/m3	1 Jam O3 ug/m3	1 jam NO2 ug/m3
50	50	80	5	120	-
100	150	365	105	253	-
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

Sumber: Diadaptasi dari Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Nomor: KEP- 107/KABAPEDAL/11/1997)

Tabel tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan batas atas dan batas bawah ISPU. Keduanya digunakan dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib \tag{2.1}$$

Keterangan:

*I* = ISPU terhitung

*Ia* = ISPU batas atas

*Ib* = ISPU batas bawah

*Xa* = Ambien batas atas

*Xb* = Ambien batas bawah

*Xx* = Kadar Ambien nyata hasil pengukuran

2) Metode Grafik

Jika diketahuikonsentrasi sebuah parameter pencemar udara, konsentrasi tersebut dapat diubah ke dalam indeks standar pencema udara dengan caramembuat sebuah grafik dengan kurva batas angka indeks standar pencema udara dalam satuan matriks, dimana sumbu x merupakan konsentrasi parameter pencemar udara dan sumbu y merupakan nilai ISPU. Kemudian garis lurus ditarik dari kedua sumbu hingga terbentuk titik potong antara sumbu x dan y.

Kedua metode ini juga dapat diterapkan dalam melakukan perhitungan batas indeks standar pencemar udara internasional (EPA), dengan tabel acuan yang dapat dilihat pada tabel 2.6.



Tabel 2.6 Batas Indeks Standar Pencemar Udara Internasional (EPA)

Indeks	SO2 (ppm)	NO2 (ppm)	CO (ppm)	O3 (ppm)	PM10 (ug/m3)
0-50	0.000-0.034	-	0.0-4.4	0.000-0.064	0-54
51-100	0.035-0.144	-	4.5-9.4	0.065-0.084	55-154
101-150	0.145-0.224	-	9.5-12.4	0.085-0.104	155-254
151-200	0.225-0.304	-	12.5-15.4	0.105-0.124	255-354
201-300	0.305-0.604	0.65-1.24	15.5-30.4	0.125-0.404	355-424
301-400	0.605-0.804	1.25-1.64	30.5-40.4	0.405-0.504	425-504
401-500	0.805-1.004	1.65-2.04	40.5-50.4	0.505-0.604	505-604

Sumber: (Upadhyaya & Dashore, 2011)

### 2.2.2 Sensor

Sensor merupakan *device* yang berfungsi dalam mendeteksi gejala-gejala atau data-data yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya (Maulana, 2014).

#### 2.2.2.1 Sensor MQ 4

Sensor gas MQ 4 adalah sensor gas yang terdiri dari material SnO<sub>2</sub> yang memiliki konduktivitas yang rendah di udara yang bersih dan konduktivitas yang tinggi jika berada di area yang memiliki konsentrasi tinggi terhadap gas yang mudah terbakar. Sensor gas MQ 4 memiliki sensitivitas terhadap gas metana, propane dan butane. Sensor ini bisa digunakan untuk mendeteksi gas lain yang mudah terbakar terutama untuk gas metana. Spesifikasi sensor gas MQ 4 dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sensor MQ 4

Sumber: geetech.com

### 1) Kondisi Standar Kerja

Kondisi standar kerja adalah suatu kondisi sensor yang harus terpenuhi agar sensor dapat bekerja dengan baik. Adapun kondisi standar kerja sensor gas MQ-4 dapat dilihat pada tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Kondisi standar kerja sensor gas MQ-4**

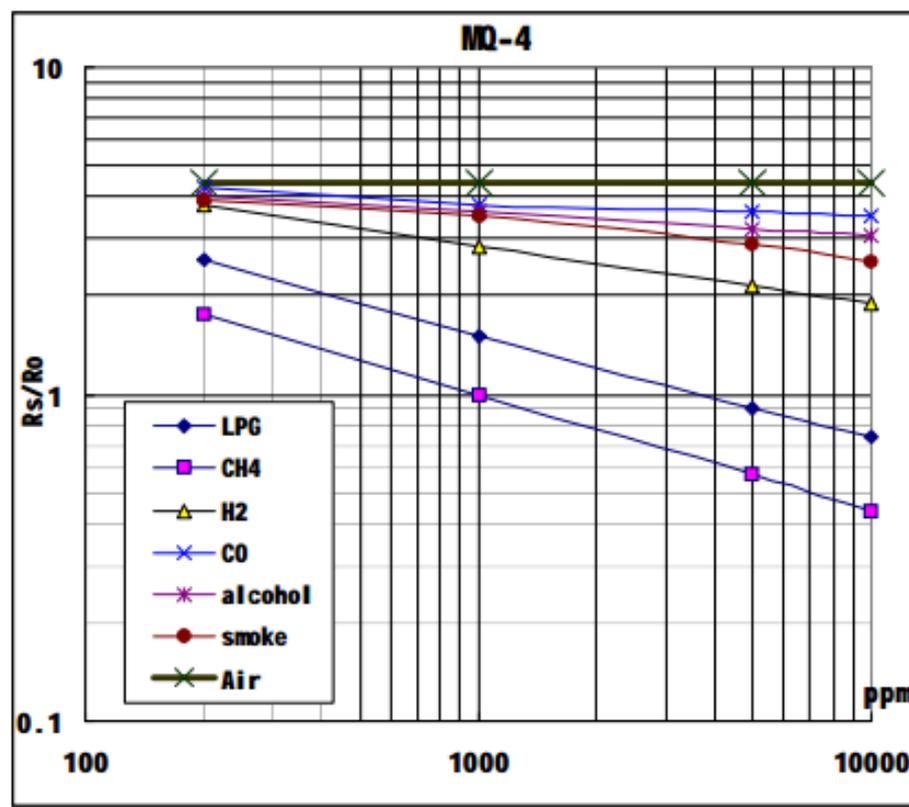
Model No.		MQ-4	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite (Black Bakelite)	
Detection Gas		Natural gas/ Methane	
Concentration		300-10000ppm ( Natural gas / Methane)	
Circuit	Loop Voltage	$V_c$	$\leq 24V$ DC
	Heater Voltage	$V_H$	$5.0V \pm 0.2V$ AC or DC
	Load Resistance	$R_L$	Adjustable
Character	Heater Resistance	$R_H$	$31\Omega \pm 3\Omega$ ( Room Tem. )
	Heater consumption	$P_H$	$\leq 900mW$
	Sensing Resistance	$R_s$	$2K\Omega - 20K\Omega$ (in 5000ppm $CH_4$ )
	Sensitivity	$S$	$R_s(\text{in air})/R_s(5000\text{ppm } CH_4) \geq 5$
	Slope	$\alpha$	$\leq 0.6(R_{5000\text{ppm}}/R_{3000\text{ppm } CH_4})$
Condition	Tem. Humidity	$20^\circ C \pm 2^\circ C$ ; $65\% \pm 5\% RH$	
	Standard test circuit	$V_c: 5.0V \pm 0.1V$ ; $V_H: 5.0V \pm 0.1V$	
	Preheat time	Over 48 hours	

Sumber: Datasheet MQ-4 hwsensor.com

Sensor terdiri dari mikro  $Al_2O_3$  yang terbuat dari tabung keramik, Timah Dioksida ( $SnO_2$ ), elektroda dan *heater* berada di dalam lapisan yang terbuat dari plastic dan kisi *stainless steel*. *Heater* digunakan untuk membantu kerja sensitifitas komponen. MQ-4 memiliki 6 pin, 4 pin digunakan untuk mengambil data, dan 2 lainnya digunakan untuk memberikan pemanasan ketika sensor bekerja.

### 2) Karakteristik Sensitivitas

Karakteristik sensitivitas sensor menunjukkan hubungan antara  $R_s/R_o$  (Rasio ( $R_s/R_o$ )) dan konsentrasi gas dalam satuan ppm (*part per million*). Karakteristik sensitivitas sensor MQ-4 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik Karakteristik Sensitivitas MQ-4

Keterangan:

Ro adalah resistansi pada 1000ppm CH4 di udara bersih

Rs adalah resistansi sensor terhadap konsentrasi berbagai macam jenis gas.

Berdasarkan grafik sensitifitas sensor diatas dapat diketahui bahwa pada konsentrasi 1000 ppm nilai Rs/Ro adalah sama, sedangkan nilai Ro adalah resistansi pada konsentasi CH4 mencapai 1000 ppm. Untuk nilai Rs dapat diketahui melalui persamaan 2.2 dan Rasio (Rs/Ro) dapat dicari melalui persamaan 2.3.

$$R_s = \left( \frac{V_{CC}}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L \tag{2.2}$$

$$Rasio = \left( \frac{R_s}{R_o} \right) \tag{2.3}$$

Grafik sensitifitas tersebut dapat menjadi rujukan dalam mengetahui hubungan antara konsentrasi gas metana dan nilai Rasio (Rs/Ro) (Rs/Ro). Untuk menemukan persamaan antara hubungan keduanya dapat digunakan perangkat lunak Microsoft Excel dengan memanfaatkan fungsi regresi (*trendline*) power terhadap titik potong pada grafik sensitifitas sensor, sehingga didapatkan persamaan 2.4.

$$\hat{y} = 1021x^{-2.7887} \tag{2.4}$$

Dimana,  $\hat{y}$  merupakan konsentrasi gas dalam satuan ppm dan  $x$  merupakan perubahan nilai Rasio (Rs/Ro) (Rs/Ro).

### 2.2.2.2 Sensor MQ-7

Sensor gas MQ 7 memiliki sensitivitas terhadap gas karbon monoksida dengan rentang 20 hingga 2000 ppm.



Gambar 2.3 Sensor MQ-7

Sumber: sparkfun.com

#### 1) Kondisi standar kerja

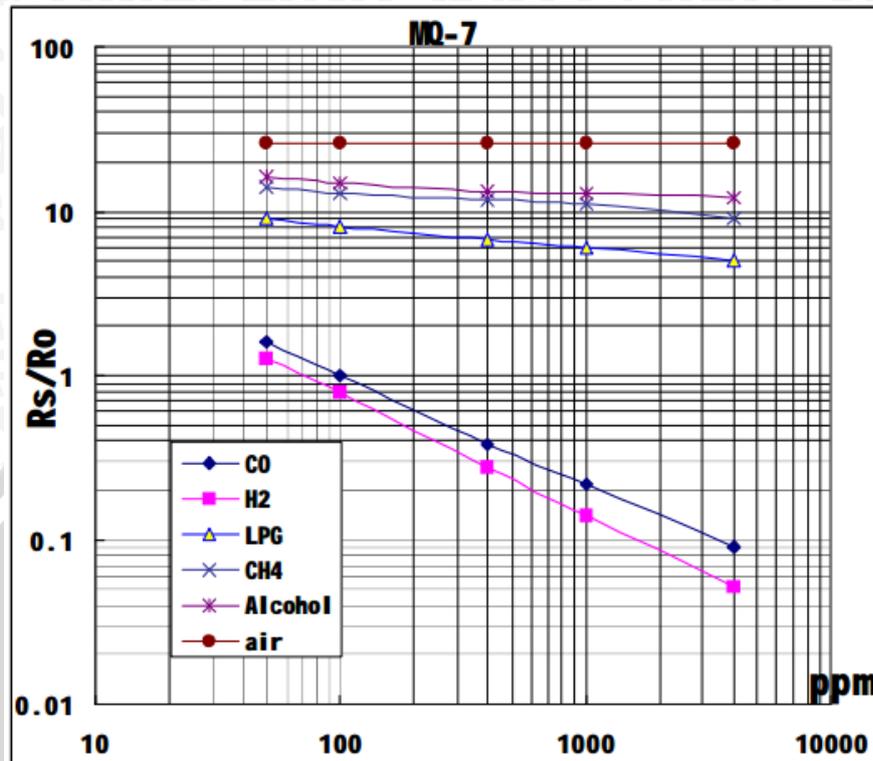
Tabel 2.8 adalah table kondisi standar kerja sensor gas MQ-7:

Tabel 2.8 Kondisi standar kerja sensor gas MQ-7

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V ± 0.1	Ac or Dc
VH (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1	Ac or Dc
VH (L)	Heating voltage (low)	1.4V ± 0.1	Ac or Dc
RL	Load resistance	Can adjust	
RH	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
TH (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
TH (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	
Rs	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	Rs (300ppm)/Rs(100ppm)
Standard working condition	Temperature -20°C ± 2°C	relative humidity 65% ± 5%	RL: 10K Ω ± 5%
	Vc: 5V ± 0.1V	VH: 5V ± 0.1V	VH: 1.4V ± 0.1V
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

Sumber: Datasheet MQ-4 hwsensor.com

## 2) Karakteristik Sensitivitas



Gambar 2.4 Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-7

Sumber: Datasheet MQ-7 hwsensor.com

Keterangan:

Ro adalah resistansi pada 100ppm CO di udara bersih

Rs adalah resistansi sensor terhadap konsentrasi berbagai macam jenis gas.

Berdasarkan grafik sensitivitas sensor diatas dapat diketahui bahwa pada konsentrasi 100 ppm nilai Rs/Ro adalah sama, sedangkan nilai Ro adalah resistansi pada konsentrasi CO mencapai 100 ppm. Untuk mengetahui nilai Rs dapat menggunakan persamaan 2.2.

Grafik sensitivitas tersebut dapat menjadi rujukan dalam mengetahui hubungan antara konsentrasi gas CO dan nilai Rasio (Rs/Ro) (Rs/Ro). Untuk menemukan persamaan antara hubungan keduanya dapat digunakan perangkat lunak Microsoft Excel dengan memanfaatkan fungsi regresi (*trendline*) power terhadap titik potong pada grafik sensitivitas sensor, sehingga didapatkan persamaan 2.5.

$$\hat{y} = 96,311x^{-1.239} \quad (2.5)$$

Dimana,  $\hat{y}$  merupakan konsentrasi gas dalam satuan ppm dan  $x$  merupakan perubahan nilai Rasio (Rs/Ro) (Rs/Ro).

### 2.2.2.3 Sensor Debu SHARP GP2Y1010AU0F

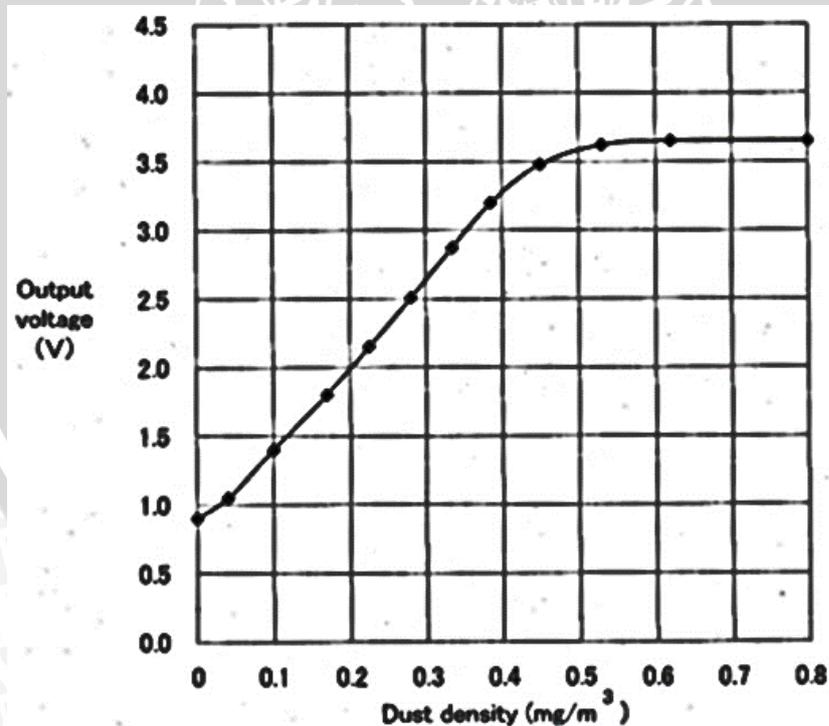
Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F adalah sensor yang digunakan dalam mendeteksi partikel debu dan asap. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan LED dan sensor photodiode didalam modul, keduanya memberikan kondisi tertentu ketika mendeteksi debu atau partikel-partikel yang melewatinya, perubahan intensitas yang dideteksi oleh sensor photodiode merepresentasikan densitas atau konsentrasi partikel debu.



Gambar 2.5 Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F

Sumber: digiwarestore.com

#### 1) Karakteristik Sensitivitas



Gambar 2.6 Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F

Sumber: Datasheet Sensor Debu SHARP GP2Y1010AU0F sparkfun.com

Berdasarkan grafik sensitifitas sensor debu SHARP GP2Y1010AU0F, diketahui bahwa untuk mengetahui konsentrasi partikel debu di udara bebas, dapat dilakukan dengan mengetahui tegangan output sensor. Perbandingan antara konsentrasi partikel debu dan tegangan output inilah sebagai acuan dalam menentukan fungsionalitas sensor.

Grafik sensitifitas tersebut dapat menjadi rujukan dalam mengetahui hubungan antara konsentrasi partikel debu dan nilai output tegangan. Untuk menemukan persamaan antara hubungan keduanya, dapat digunakan perangkat lunak Microsoft Excel dengan memanfaatkan fungsi regresi (*trendline*) *power* terhadap titik potong pada grafik sensitifitas sensor, sehingga didapatkan persamaan 2.5.

$$y = 0.172x - 0.0999 \quad (2.6)$$

Dimana,  $y$  merupakan konsentrasi gas dalam satuan  $\text{mg}/\text{m}^3$  dan  $x$  merupakan perubahan nilai Rasio ( $R_s/R_o$ ) ( $R_s/R_o$ ).

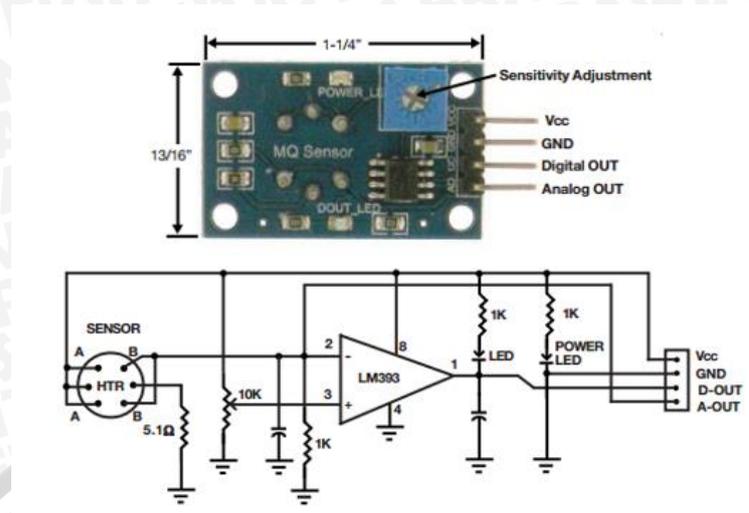
#### 2.2.2.4 Modul Sensor Gas DT-Sense



**Gambar 2.7 Modul Sensor Gas DT-Sense**

Sumber: Manual DT-Sense Gas Sensor [innovativeelectronics.com](http://innovativeelectronics.com)

Modul sensor gas DT-Sense adalah sensor untuk mendeteksi kualitas udara dengan mengenali beberapa jenis gas sebagai parameternya. Modul ini dapat digunakan dengan segala jenis sensor MQ, salah satunya sensor gas MQ 4. Ideal untuk digunakan di rumah, gedung (apartemen, kantor, rumah sakit, pusat perbelanjaan), bahkan pabrik.



**Gambar 2.8** Rangkaian Pada Modul Sensor Gas DT-Sense

Sumber: Manual DT-Sense Gas Sensor [innovativeelectronics.com](http://innovativeelectronics.com)

Pada modul sensor ini digunakan sebuah komparator LM393 pada rangkaiannya, adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

1. Sumber catu daya menggunakan tegangan 5 Volt.
2. Kompatibel dengan sensor gas MQ-3, MQ-4, MQ-6, MQ-7, MQ-135, dan MG-811
3. Menggunakan ADC dengan resolusi 10 bit.
4. Tersedia 1 jalur output kendali ON/OFF.
5. Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
6. Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.
7. Jika menggunakan I2C, DT-SENSE GAS SENSOR dapat di-cascade hingga 8 modul.

### 2.2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan pada sistem adalah NI MyRio. NI MyRio merupakan suatu device mikroontroler yang bersifat *reconfiguration* atau dapat di konfigurasi ulang dan digunakan dalam mendesain sistem kontrol, robotik, dan sistem mekatronik. Terdapat bahasa pemrograman berbasis grafik yaitu Labview yang juga merupakan produk National instruments dan digunakan sebagai Bahasa pemrograman pada NI MyRIO.



**Gambar 2.9 NI MyRIO**

Sumber: sine.ni.com

Mikrokontroler menerima data analog dari sensor yang digunakan dalam penelitian dan memprosesnya. Data yang diterima oleh mikrokontroler berupa raw data yang harus diubah kedalam bentuk nilai tegangan (*voltage*). Dalam mengkonversi data raw menjadi nilai tegangan (*voltage*) dapat menggunakan persamaan 2.2.

$$LSB\ Weight = \frac{Nominal\ range}{2^{ADC\ Resolution}} \quad (2.7)$$

$$V = Raw\ data\ value * LSB\ Weight \quad (2.8)$$

Adapun spesifikasi dari NI MyRIO dapat dilihat pada tabel 2.9 dan tabel 2.10.

**Tabel 2.9 Spesifikasi NI MyRio-1900**

Processor type	Dual-core Xilinx Z-7010 Cortex-A9
Processor speed	667 MHz
Memory	512 MB DDR3
FPGA type	Xilinx Z-7010
Radio mode	IEEE 802.11 b,g,n
Frequency band	ISM 2.4 GHz
Channel width	20 MHz
USB host port	USB 2.0 Hi-Speed
USB device port	USB 2.0 Hi-Speed
MXP digital I/O	2 ports of 16 DIO lines

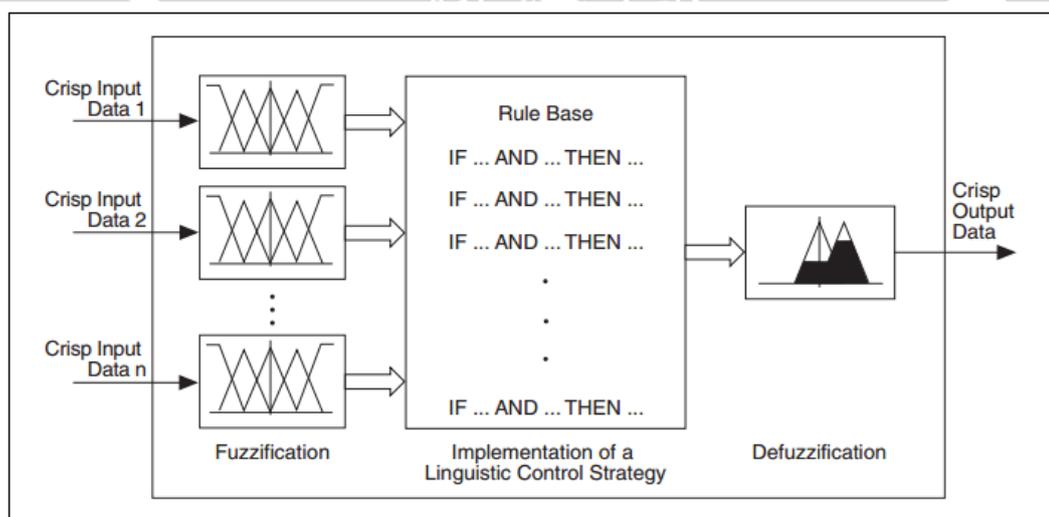
**Tabel 2.10 Spesifikasi NI MyRio-1900 (lanjutan)**

MSO digital I/O	1 port of 8 DIO lines
Sensor : Accelerometer	Accelerometer
Power Supply	6-16 VDC
Output Voltage	3.0 V to 3.6 V 150 Ma

Sumber: User Guide and Specifications NI MyRio-1900 sine.ni.com

### 2.2.4 Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* merupakan salah satu cabang dari bidang *soft computing*. Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lothfi A. Zaden, seorang profesor ilmu komputer di University of California di Barkley. Logika *Fuzzy* merupakan suatu teori himpunan Logika yang dikembangkan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat diantara kebenaran (*true*) dan kesalahan (*false*) (Setiawan, 2014). Logika *Fuzzy* terbagi menjadi tiga tahap yaitu *fuzzyfication*, *inference*, dan *defuzzyfication*.



**Gambar 2.10 Proses Logika Fuzzy**

Sumber: PID and Fuzzy Logic Toolkit User Manual ni.com

1) *Fuzzyfication*

Mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) kedalam bentuk *Fuzzy* input.

2) *Inference*

Melakukan penalaran menggunakan *Fuzzy* input dan *Fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *Fuzzy* output. Terdapat dua buah model pada inference yaitu Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno. Adapun perbedaan ketiga penalaran tersebut dapat dilihat pada tabel 2.11.

**Tabel 2.11 Perbandingan dari Beberapa Penalaran Logika Fuzzy**

Penalaran	Input	Output	Defuzzyfication	Penggunaan
Tsakamoto	Himpunan Fuzzy	Himpunan Fuzzy	Weigthed average	Humanis Control
Mamdani	Himpunan Fuzzy	Himpunan Fuzzy	CoG Lom Som Mom Bisector	Humanis
Sugeno	Himpunan Fuzzy	- Konstanta - Linear (orde 1)	Weigthed average	Control

Sumber: Diadaptasi dari Advanced Fuzzy Systems Design and Applications (Jin, 2013)

3) *Defuzzyfication*

Mengubah *Fuzzy* output menjadi crips value berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

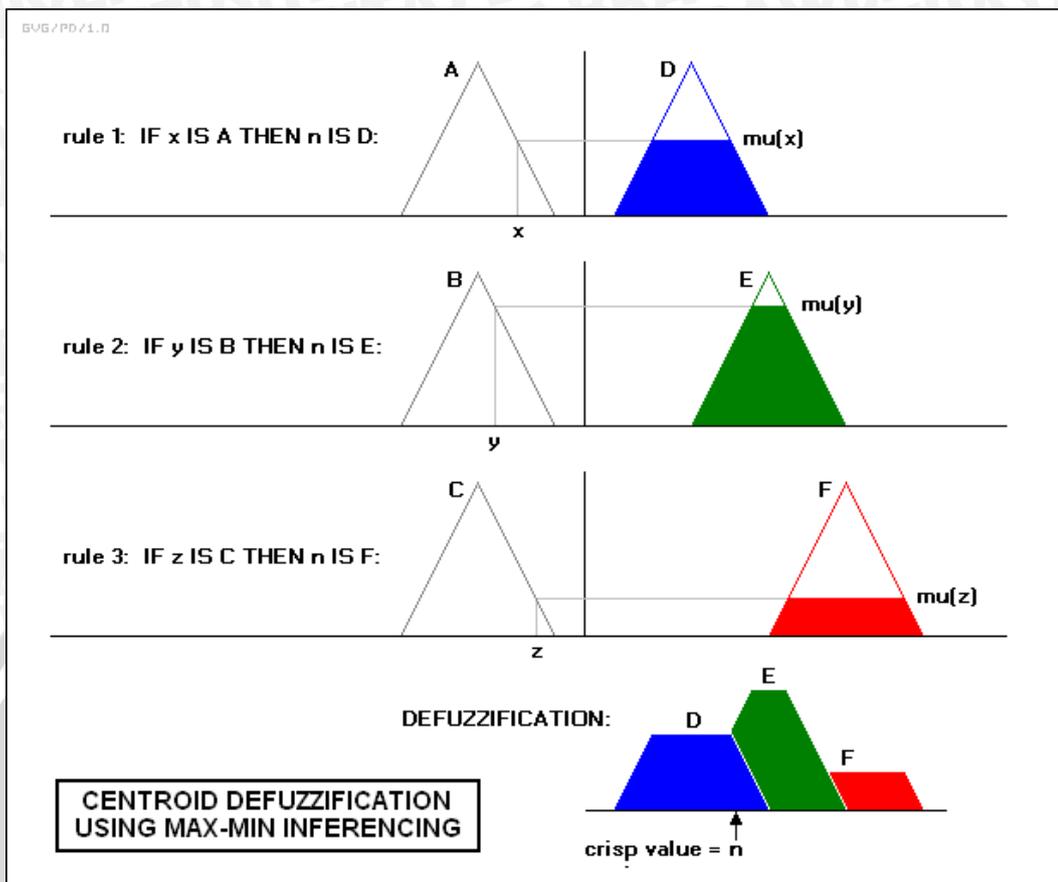
**2.2.4.1 Center of Area (CoA)**

*Center of Area* merupakan metode *inference fuzzy* pada penalaran *fuzzy* mamdani. Pada model ini, aturan *fuzzy* didefinisikan sebagai berikut:

IF  $x_1$  is  $A_1$  AND ...AND  $x_n$  is  $A_n$  THEN  $y$  is  $B$

Dimana  $A_1, \dots, A_n$ , dan  $B$  adalah nilai-nilai linguistik (atau fuzzy set) dan “ $x_1$  is  $A_1$ ” menyatakan bahwa nilai  $x_1$  adalah anggota fuzzy set  $A_1$ .





Gambar 2. 11 Center of Area Logika Fuzzy

Sumber: (Setiawan, 2014)

#### 2.2.4.2 Alasan Digunakannya Logika Fuzzy

Pada penelitian ini digunakan metode Logika Fuzzy dalam menyelesaikan permasalahan yang diteliti, ada beberapa hal yang menjadi alasan digunakannya logika fuzzy, yaitu:

1. Konsep Logika Fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran Fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Toleransi terhadap data-data yang kurang tepat, didasari Bahasa alami, bekerja dengan teknik kendali secara konvensional, membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa melalui proses pelatihan.
3. Konsep Logika Fuzzy mudah dipahami karena kesederhanaannya. Fuzzy tidak terpaku pada satu keputusan (fleksibel) sehingga dapat memberi toleransi pada ketidakpastian dan Fuzzy disusun berdasarkan Bahasa manusia sehingga tidak sulit dalam memahaminya.

### 2.2.5 Graphical Programming NI labview

National Instruments LabVIEW adalah sebuah *graphical programming* environment terbuka yang di tetapkan oleh standar industri untuk aplikasi aplikasi pengujian pengukuran dan otomasi. Sebuah perkembangan pada pemrograman grafik dimana teknisi dapat menggunakannya untuk mendesain suatu sistem menyerupai bentuk sistem aslinya, dapat melakukan pengamatan dengan hasil yang maksimal dan dapat mengontrol suatu aplikasi dengan programmable automation controllers. LabVIEW adalah sebuah sistem pemrograman yang terbuka dan fleksibel sehingga teknisi dapat menghubungkannya dengan alat lainnya seperti PLC dan PAC menggunakan satu paket software.

LabVIEW adalah suatu bahasa pemrograman yang menggunakan berbagai macam ikon yang merepresentasikan suatu instruksi. Jika bahasa pemrograman text based mengsekusi instruksi sesuai dengan urutan yang ditulis, LabVIEW menggunakan metode dataflow programming dimana alur data melalui berbagai ikon yang menentukan urutan eksekusi dari setiap instruksi. Dalam LabVIEW, VI adalah program yang menyerupai instrumen yang sesungguhnya. LabVIEW adalah program yang digunakan untuk mengotomatisasi pengujian dan pengumpulan data. Hal ini pada dasarnya bahasa pemrograman grafis di mana pengguna dapat mengatur program untuk memanipulasi dan menyimpan data. (National Instruments, 2013)



## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam melakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pendeteksi kualitas udara dalam menentukan kategori kualitas udara ambien di wilayah tedampak lumpur lapindo. Tipe penelitian ini adalah implementatif yang bersifat observasi menggunakan rancang bangun yang sederhana. Adapun langkah-langkah dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

### 3.2 Studi Literatur

Studi literature digunakan untuk menambah studi pustaka dan pengetahuan yang dilakukan dalam mengerjakan penulisan laporan dan penelitian. Studi literature dilaksanakan dengan cara mengumpulkan teori dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini meliputi:

- 1) Kualitas udara ambien;
- 2) Sensor gas Metana, CO, dan partikel debu;
- 3) NI MyRIO dan *Graphical Programming Labview*;
- 4) Teori Logika *Fuzzy*

### 3.3 Analisis Kebutuhan

Berdasarkan kebutuhan, terdapat dua aspek analisis kebutuhan yaitu kebutuhan pengguna (user) dan kebutuhan sistem sendiri. Dalam analisis kebutuhan pengguna (user), hanya menjelaskan mengenai apa saja yang dapat pengguna (user) lakukan terhadap sistem untuk memenuhi kebutuhannya, hal ini juga berkaitan dengan fitur pada sistem tersebut.

### 3.4 Langkah-langkah Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini, dibagi beberapa perancangan yaitu perancangan *hardware*, perancangan *software* dan perancangan logika *fuzzy*.

#### 3.4.1 Langkah-langkah Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* dalam pembuatan sistem pendeteksi kualitas udara ini meliputi perancangan sensor MQ-4, sensor MQ-7, dan sensor debu dimana pin input (analog) sensor dihubungkan ke pin input MXP (analog) pada NI MyRio. Selain itu, digunakan USB Flashdisk untuk penyimpanan data dan file membership logika *fuzzy*. USB Flashdisk tersebut dihubungkan ke port USB yang tersedia pada NI MyRio.

#### 3.4.2 Langkah-langkah Perancangan *Software*

Perancangan *software* dalam pembuatan sistem pendeteksi kualitas udara ini adalah perancangan *user interface* dan pengolahan data sensor dengan menggunakan pemrograman NI Labview. Pada pemrograman dibagi ke dalam beberapa bagian yaitu pemrograman untuk pengambilan data sensor MQ-4, pengambilan data sensor MQ-7, pengambilan data sensor debu, pemrograman untuk logika *fuzzy*, dan pemrograman untuk penyimpanan data dalam format csv (*Comma Separated Values*).

### 3.4.3 Langkah-langkah Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan logika *fuzzy* pada sistem ini adalah dimulai dari tahap pertama yaitu *fuzzyfication* yaitu menentukan parameter yang menjadi *membership function*. Kemudian tahap kedua adalah inferensi *fuzzy* atau pembuatan *rule fuzzy* yang disesuaikan dengan *membership function* yang ada. Pada sistem ini digunakan 7 *membership*, dan tahap ketiga adalah *defuzzyfication* yaitu tahap mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

## 3.5 Langkah-langkah Implementasi

Implementasi sistem dilakukan berdasarkan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Perancangan tersebut dilakukan dengan memulai analisis kebutuhan hingga perancangan sistem itu sendiri. Pada tahap ini, dilakukan pengimplementasian terhadap semua gagasan dan ide baik desain maupun perhitungan menjadi sebuah sistem yang utuh. Pada implementasi ini terbagi menjadi tiga yaitu implementasi *hardware*, implementasi *software*, dan implementasi logika *fuzzy*.

### 3.5.1 Langkah-langkah Implementasi *Hardware*

Pada implementasi ini dirancang sistem secara *hardware* dari segi elektrik sistem maupun penempatan-penempatan komponen sistem *hardware*. Pin input sensor debu (analog) dihubungkan ke pin input analog MXP (A0), pin input sensor MQ-4 (analog) dihubungkan ke pin input analog MXP (A1) dan pin input sensor MQ-7 (analog) dihubungkan ke pin input analog MXP (A2). Masing-masing sensor menerima daya sebesar 5 volt dari NI MyRio, selain itu USB Flashdisk dihubungkan ke NI MyRio melalui USB port pada NI MyRio.

### 3.5.2 Langkah-langkah Implementasi *Software*

Pada implementasi ini dibuat program menggunakan NI Labview sebagai Bahasa pemrograman yang dipakai pada program dan program dibangun meliputi penyatuan dari program untuk pembacaan data sensor, program logika *fuzzy* dan program penyimpanan data menjadi satu kesatuan program. Selain itu, pada implementasi ini juga *interface* dibuat dengan fungsi untuk menampilkan konsentrasi dari parameter (Metana, CO, Partikel debu) dan menampilkan status kualitas udara serta indeks dari kualitas udara tersebut.

### 3.5.3 Langkah-langkah Implementasi Logika Fuzzy

Pada implementasi ini peneliti membuat logika *fuzzy* yang digunakan dalam menentukan kualitas udara berdasarkan *membership*nya yaitu, baik, sedang, tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu, tidak sehat, sangat tidak sehat, berbahaya dan sangat berbahaya.

### 3.6 Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan didapatkan setelah melakukan perancangan, implementasi, pengujian dan analisis terhadap sistem. Kesimpulan ini ditentukan berdasarkan dari hasil pengujian dan analisis yang dibuat. Tujuan dari pembuatan kesimpulan ini adalah diharapkan dapat menjadi acuan dalam penelitian lain untuk mengembangkan sistem monitoring kualitas udara ambien khususnya di kawasan terdampak lumpur lapindo.



## BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN SISTEM

### 4.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem pendeksi kualitas udara terdiri dari tiga sensor, yaitu sensor MQ-4 yang merupakan sensor gas metana, sensor MQ-7 merupakan sensor gas CO dan sensor debu Sharp GP2Y1010AU0F merupakan sensor untuk mendeteksi partikel debu. Ketiga sensor tersebut dihubungkan ke NI MyRio melalui pin input analog. Kemudian program menggunakan NI Labview digunakan untuk menampilkan nilai dari konsentrasi ketiga parameter (Metana, CO dan Debu) dan juga menampilkan hasil dari pengolahan data oleh logika *fuzzy* dalam bentuk nilai indeks kualitas udara dan kategori pencemar udara. Data-data tersebut dapat disimpan dalam format file csv oleh pengguna pada USB Flashdisk melalui port USB pada MyRio.

Ruang lingkup sistem menggunakan produk dari National Instrument sebagai mikrokontroler dan bahasa pemrograman sistem. Sistem ini dikhususkan untuk melakukan pendeteksian kualitas udara ambien di wilayah terdampak lumpur lapindo. Selain itu, karakteristik pengguna diperuntukan untuk masyarakat ataupun badan penanggulangan bencana lumpur lapindo sehingga diharapkan sistem dapat memenuhi kebutuhan yang diperlukan pengguna sehingga dapat mempermudah pekerjaan pengguna.

### 4.2 Analisis Kebutuhan

#### 4.2.1 Kebutuhan Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna ialah kebutuhan yang menghubungkan interaksi antara sistem dan pengguna. Kebutuhan antarmuka pengguna dalam sistem ini yaitu penggunaan front panel NI Labview dalam menampilkan informasi mengenai kualitas udara kepada pengguna. Informasi-informasi tersebut meliputi informasi konsentrasi parameter pencemar udara, kategori kualitas udara, indeks kualitas udara dan juga tombol penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan data-data tersebut.



Gambar 4.1 Analisis Kebutuhan Pengguna

## 4.2.2 Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem adalah kebutuhan-kebutuhan yang harus terpenuhi dalam merancang sistem agar sistem dapat bekerja dengan baik. Kebutuhan sistem terbagi menjadi dua yaitu kebutuhan *hardware*, kebutuhan *software*, dan kebutuhan komunikasi.

### 4.2.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan antarmuka perangkat keras sistem terdiri dari beberapa perangkat yaitu:

- 1) NI MyRio-1900 digunakan sebagai mikrokontroler. Pemilihan penggunaan NI MyRio ini didasari oleh pengembangan koding secara real-time OS untuk melakukan read dan write data dari dan untuk prosesor. Program yang di-run pada real-time OS memiliki performa yang lebih konsisten dari pada sistem yang berjalan pada windows OS. Hal ini dikarenakan windows OS membagi prosesor untuk melakukan beberapa task seperti antivirus dan lain sebagainya. (National Instruments, 2013). Selain itu, pada NI MyRIO terdapat IP address yang dapat diakses melalui browser untuk mengakses directory database pada NI MyRIO. Pengaksesan directory dapat dilakukan meskipun program masih berjalan.
- 2) MQ-4 digunakan dalam mendeteksi kandungan gas metana di udara.
- 3) MQ-7 digunakan dalam mendeteksi kandungan gas CO di udara.
- 4) SHARP GP2Y1010AU0F digunakan dalam mendeteksi kandungan partikel debu di udara.
- 5) PC Desktop atau Laptop digunakan untuk menampilkan tampilan antarmuka dan juga digunakan dalam proses penginstalan kebutuhan *software*.
  - a. NI MyRIO-1900;
  - b. Sensor gas MQ-4;
  - c. Sensor gas MQ-7;
  - d. Sensor Debu SHARP GP2Y1010AU0F,
  - e. PC atau Laptop (untuk aplikasi NI Labview).

### 4.2.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan antarmuka perangkat lunak sistem terdiri dari beberapa perangkat yaitu:

- 1) MyRio Toolkit Labview 2015: digunakan dalam proses penginstalasian aplikasi-aplikasi toolkit seperti CDSim, FPGA, MyRIO Toolkit, Real-Time Toolkit, Xilinx Toolkit, dan NI CompactRio. (<http://www.ni.com/product-documentation/14603/en/>)
- 2) NI Labview MyRio 2015 merupakan *software* pemrograman yang digunakan dalam proses pemrograman sistem. Untuk menggunakan NI Labview MyRio

yang dapat mendukung (*support*) perangkat keras NI MyRio maka semua toolkit pendukung harus terinstall terlebih dahulu.

- 3) Excel digunakan sebagai pembaca data yang tersimpan dalam format file .csv

#### 4.2.2.3 Kebutuhan Komunikasi

Kebutuhan antarmuka komunikasi adalah penghubung antara perangkat keras dan perangkat lunak sehingga dapat menjadi sistem yang utuh. Pada sistem ini digunakan komunikasi melalui kabel dengan menggunakan pin input analog MXP (MyRio Expansion Port) NI MyRio.

#### 4.2.3 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional pada sistem menjelaskan tentang apa saja yang dibutuhkan sistem agar sistem yang terbentuk dapat berjalan dengan baik seperti yang diinginkan. Adapun kebutuhan fungsional tersebut meliputi kemampuan sistem dalam mendeteksi dan menampilkan informasi data sensor, kemampuan dalam menyimpan data dalam bentuk file format csv, serta kemampuan sistem dalam menjalankan logika *fuzzy* yang telah diatur sebelumnya.

#### 4.2.4 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non fungsional adalah kebutuhan yang menjelaskan mengenai apa saja yang menjadi batasan terhadap kebutuhan perancangan sistem. Pada sistem ini, untuk mengetahui kualitas udara direpresentasikan dengan menggunakan angka dan kategori (*string*). Sistem tidak menampilkan warna indikator pada tiap-tiap kategori. Sensor harus diletakkan di tempat yang tidak memiliki halangan, terutama untuk area deteksi debu harus bersih dari partikel lain yang memungkinkan deteksi sensor dapat terganggu.

## BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

### 5.1 Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan sistem dibagi menjadi perancangan *hardware*, perancangan *software* dan perancangan logika *fuzzy*. Pada perancangan *hardware* ini meliputi perancangan rangkaian sensor MQ-4, sensor MQ-7 dan sensor SHARP GP2Y1010AU0F, selain itu juga terdapat perancangan pemrograman dari masing-masing sensor dimulai dari algoritma pengiriman data hingga pengolahan data dari sensor. Selanjutnya, pada perancangan *software* lebih terfokus kepada perancangan dari user interface sebagai perantara sistem dan pengguna, serta perancangan program penyimpanan data (*log data*). Dan yang terakhir adalah pada perancangan logika *fuzzy* dilakukan perancangan terhadap perancangan dalam menentukan *membership function*, menentukan *rules* dan juga melakukan perancangan terhadap pengolahan output *fuzzy*. Perancangan ini ditujukan dalam mempermudah dalam mengimplementasikan sistem dan juga pada tahan pengujian.

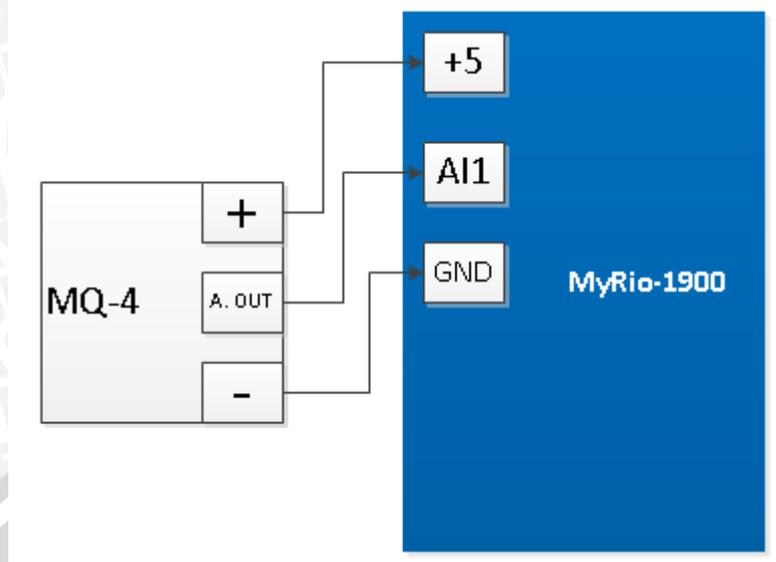
#### 5.1.1 Perancangan Hardware

##### 5.1.1.1 Perancangan Rangkaian Sensor

Perancangan rangkaian sensor terdiri dari tiga bagian yaitu, perancangan rangkaian sensor MQ-4, perancangan rangkaian MQ-7, dan perancangan sensor SHARP GP2Y1010AU0F. Dari ketiga perancangan rangkaian sensor tersebut, masing-masing perangkaian sensor terbagi menjadi dua yaitu perancangan rangkaian elektrik yang menjelaskan mengenai hubungan rangkaian sensor dengan mikrokontroler secara elektrik sedangkan perancangan algoritma pengolahan data sensor menjelaskan mengenai rancangan pembacaan data sensor yang dikirimkan sensor ke mikrokontroler.

##### 1) Sensor MQ-4

Pada perancangan rangkaian sensor MQ-4 terdiri dari dua bagian yaitu perancangan rangkaian elektrik dan perancangan algoritma pengolahan data sensor. Pada bagian perancangan rangkaian elektrik, semua pin pada sensor MQ-4 dihubungkan ke pin MXP NI MyRio. Pin output (analog) sensor dihubungkan ke pin input analog AI2 (pin ke-7) MXP A NI MyRio, pin GND sensor dihubungkan ke pin GND (pin ke-6) MXP B NI MyRio, dan pin VCC sensor dihubungkan ke pin 5 Volt (pin ke-1 ) MXP B NI MyRio. Sedangkan pin output digital pada sensor dapat diabaikan karena telah memakai pin output analog sensor.



**Gambar 5.1 Perancangan Rangkaian Elektrik Sensor MQ-4**

Pada perancangan algoritma pengolahan data sensor, data sensor yang berupa data analog masuk ke NI MyRio dalam bentuk raw data. Raw data ini diubah menjadi nilai tegangan (*volt*) dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.5.

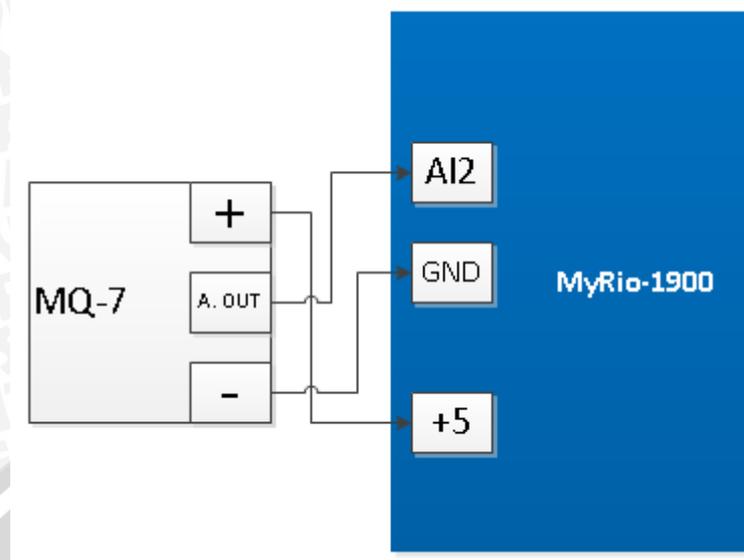
$$LSB\ Weight = 5\ V \div 2^{12} = 1.221\ mV$$

$$Maximum\ reading = 4095 * 1.221 = 4.999\ V$$

Setelah data raw dijadikan nilai dalam satuan tegangan (*voltage*), selanjutnya adalah mengkonversikan nilai tegangan tersebut kedalam satuan konsentrasi gas metana.

## 2) Sensor MQ-7

Pada perancangan rangkaian sensor MQ-7 terdiri dari dua bagian yaitu perancangan rangkaian elektrik dan perancangan algoritma pengolahan data sensor. Pada bagian perancangan rangkaian elektrik, semua pin pada sensor MQ-7 dihubungkan ke pin MXP NI MyRio. Pin output (analog) sensor dihubungkan ke pin input analog AI1 (pin ke-5) MXP A NI MyRio, pin GND sensor dihubungkan ke pin GND (pin ke-6) MXP B NI MyRio, dan pin VCC sensor dihubungkan ke pin 5 Volt (pin ke- 1) MXP A NI MyRio. Sedangkan pin output digital pada sensor dapat diabaikan karena telah memakai pin output analog sensor.



**Gambar 5.2 Perancangan Rangkaian Elektrik Sensor MQ-7**

Pada perancangan algoritma pengolahan data sensor, data sensor yang berupa data analog masuk ke NI MyRio dalam bentuk raw data. Raw data ini diubah menjadi nilai tegangan (*volt*) dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.5.

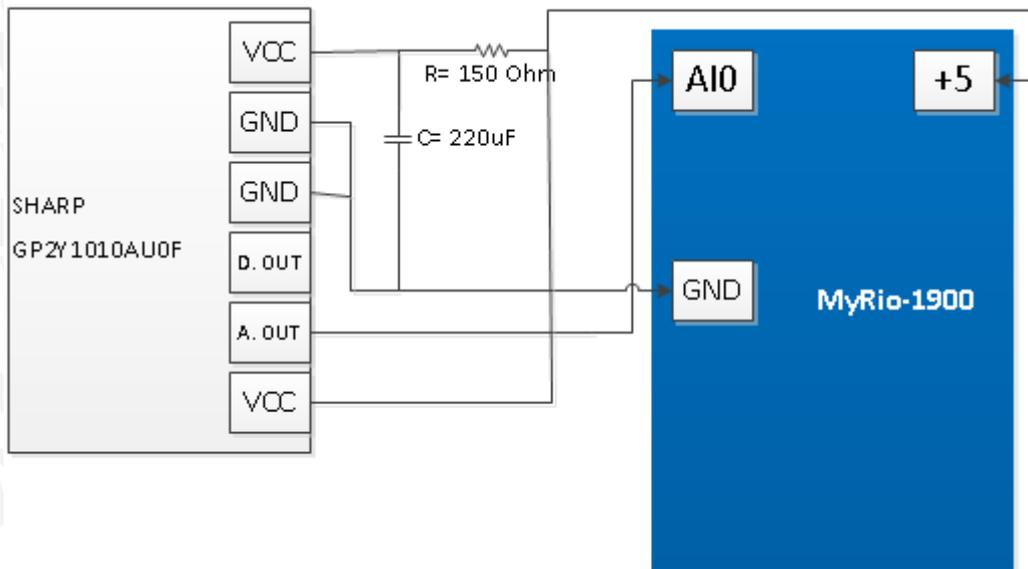
$$LSB\ Weight = 5\ V \div 2^{12} = 1.221\ mV$$

$$Maximum\ reading = 4095 * 1.221 = 4.999\ V$$

Setelah data raw dijadikan nilai dalam satuan tegangan (*voltage*), selanjutnya adalah mengkonversikan nilai tegangan tersebut kedalam satuan konsentrasi gas CO.

### 3) Sensor SHARP GP2Y1010AU0F

Pada perancangan rangkaian sensor SHARP GP2Y1010AU0F terdiri dari dua bagian yaitu perancangan rangkaian elektrik dan perancangan algoritma pengolahan data sensor. Pada bagian perancangan rangkaian elektrik, semua pin pada sensor SHARP GP2Y1010AU0F dihubungkan ke pin NI MyRio. Pin output (analog) sensor dihubungkan ke pin input analog AIO (pin ke-3) MXP A NI MyRio, pin GND sensor dihubungkan ke pin GND (pin ke-16) MXP B NI MyRio, dan pin VCC sensor dihubungkan ke pin 5 Volt (pin ke-20) MSP NI MyRio. Sedangkan pin output digital pada sensor dapat diabaikan karena telah memakai pin output analog sensor.



**Gambar 5.3 Perancangan Rangkaian Elektrik Sensor SHARP GP2Y1010AU0F**

Pada perancangan algoritma pengolahan data sensor, data sensor yang berupa data analog masuk ke NI MyRio dalam bentuk raw data. Raw data ini diubah menjadi nilai tegangan (*volt*) dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.5.

$$LSB\ Weight = 5\ V \div 2^{12} = 1.221\ mV \quad (5.11)$$

$$Maximum\ reading = 4095 * 1.221 = 4.999\ V \quad (5.12)$$

Setelah data raw dijadikan nilai dalam satuan tegangan (*voltage*), selanjutnya adalah mengkonversikan nilai tegangan tersebut kedalam satuan konsentrasi partikel debu.

### 5.1.2 Perancangan Software

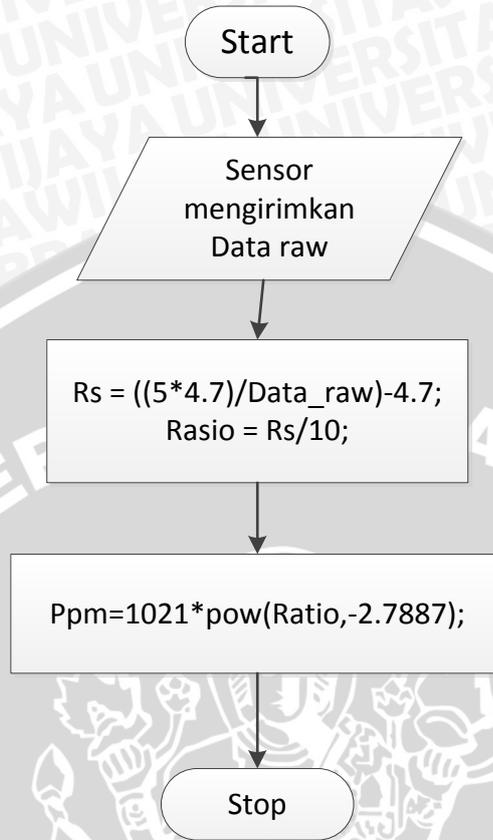
#### 5.1.2.1 Perancangan Pemrograman Sistem

##### 1) Sensor MQ-4

Pada perancangan pemrograman sensor MQ-4, dibuat pemrograman untuk mengolah data analog yang dikirimkan sensor ke NI MyRio. Data yang masuk berupa data raw dikonversikan menjadi nilai tegangan. Berdasarkan datasheet sensor MQ-4, sensor membutuhkan waktu pemanasan dari alat pemanas (*heater*) sensor. Waktu pemanasan ini dapat dilihat dari kestabilan nilai yang keluar sebagai output sensor. Tujuan dari pemanasan ini adalah menjaga sensitifitas sensor agar memenuhi kebutuhan spesifik yang telah ditentukan. Berdasarkan grafik karakter sensitifitasnya, dapat diketahui nilai  $R_s$  melalui persamaan 2.2

Dalam melakukan representasi data sensor, digunakan persamaan 2.4. Sebelumnya, raw data sensor diubah kedalam bentuk nilai tegangan melalui persamaan 2.7 dan 2.8. Kemudian, nilai Rasio ( $R_s/R_o$ ) dicari melalui persamaan

2.3. Alur dari program sensor MQ-4 yang dirangkum dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 5.4.

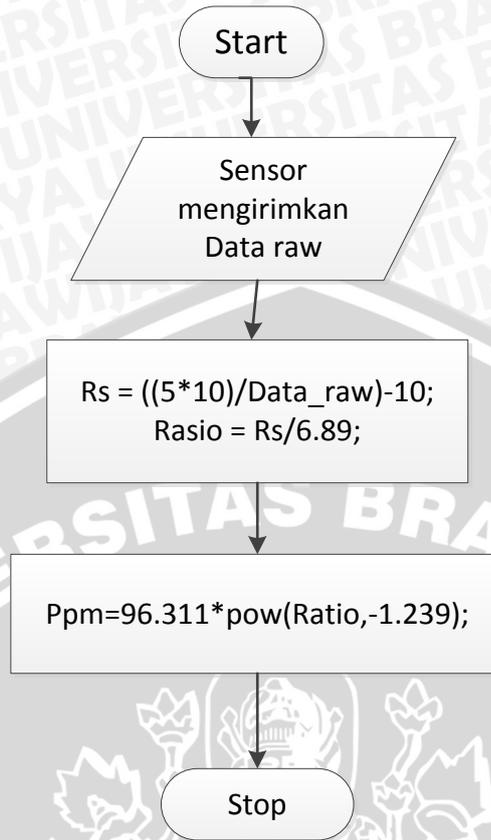


**Gambar 5.4 Diagram Alir Perancangan Pemrograman Sensor MQ-4**

## 2) Sensor MQ-7

Pada perancangan pemrograman sensor MQ-7, dibuat pemrograman untuk mengolah data analog yang dikirimkan sensor ke NI MyRio. Data yang masuk berupa data raw dikonversikan menjadi nilai tegangan. Berdasarkan datasheet sensor MQ-7, sensor membutuhkan waktu pemanasan dari alat pemanas (heater) sensor. Waktu pemanasan ini dapat dilihat dari kestabilan nilai yang keluar sebagai output sensor. Tujuan dari pemanasan ini adalah menjaga sensitifitas sensor agar memenuhi kebutuhan spesifik yang telah ditentukan. Berdasarkan grafik karakter sensitifitasnya, dapat diketahui nilai Rs melalui persamaan 2.2.

Dalam melakukan representasi data sensor, digunakan persamaan 2.5. Sebelumnya, raw data sensor diubah kedalam bentuk nilai tegangan melalui persamaan 2.7 dan 2.8. Kemudian, nilai Rasio ( $R_s/R_o$ ) dicari melalui persamaan 2.3. Alur dari program sensor MQ-7 yang dirangkum dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 5.5.

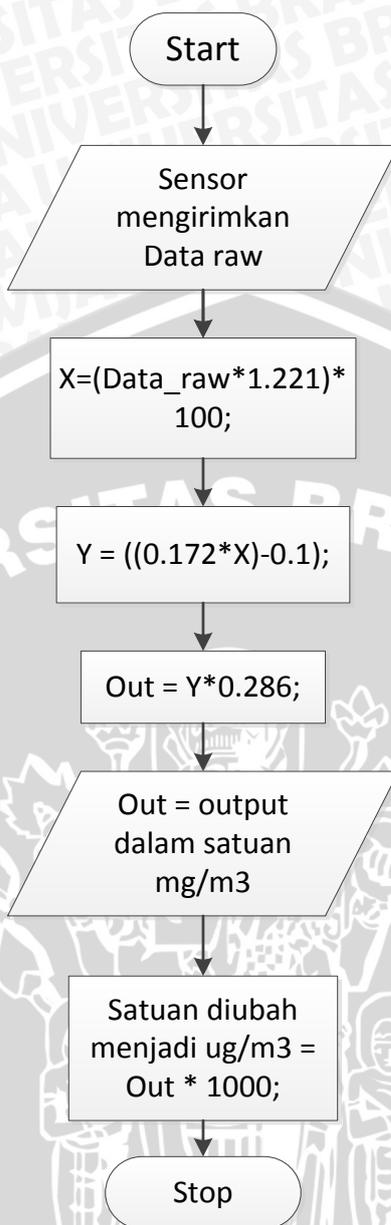


**Gambar 5.5 Diagram Alir Perancangan Pemrograman Sensor MQ-7**

### 3) Sensor Debu SHARP GP2Y1010AU0F

Pada perancangan pemrograman Sensor Debu SHARP GP2Y1010AU0F, dibuat pemrograman untuk mengolah data analog yang dikirimkan sensor ke NI MyRio. Data yang masuk berupa data raw dikonversikan menjadi nilai tegangan. Untuk mengetahui densitas atau konsentrasi partikel debu digunakan perbandingan nilai antara tegangan input dan densitas atau konsentrasi partikel debu sesuai dengan grafik sensitifitas sensor.

Dalam melakukan representasi data sensor, digunakan persamaan 2.7. Sebelumnya, raw data sensor diubah kedalam bentuk nilai tegangan melalui persamaan 2.7 dan 2.8. Alur dari program sensor Debu SHARP GP2Y1010AU0F yang dirangkum dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Diagram Alir Perancangan Pemrograman Sensor SHARP GP2Y1010AU0F

### 5.1.2.2 User Inteface

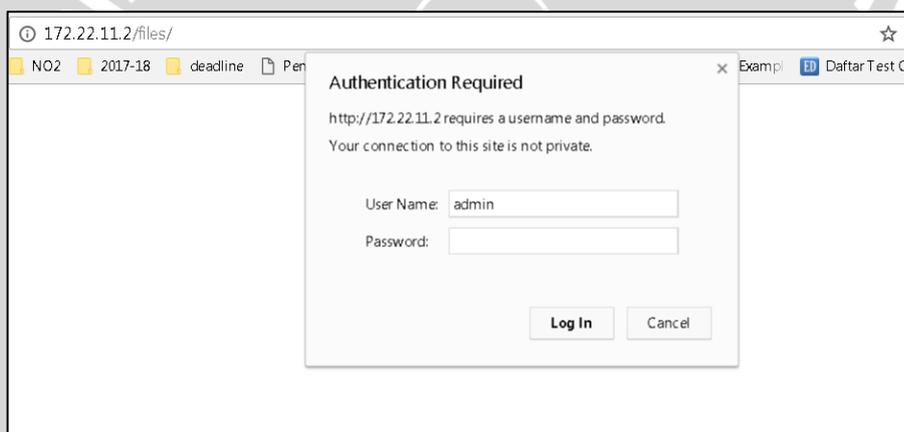
Pada perencanaan *user interface* yang merupakan perantara antara sistem dan pengguna di desain dengan terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

- 1) Bagian pertama menampilkan informasi mengenai konsentrasi dari gas metana, gas CO dan partikel debu dalam satuan yang telah ditentukan sebelumnya.
- 2) Bagian kedua menampilkan semua data pada bagian pertama dalam bentuk tabel dengan ditambahkan beberapa informasi, sehingga tersedia informasi mengenai waktu pengambilan data, konsentrasi patikel debu, konsentrasi gas CO, konsentrasi gas metana, indeks kualitas udara serta status kualitas udara.

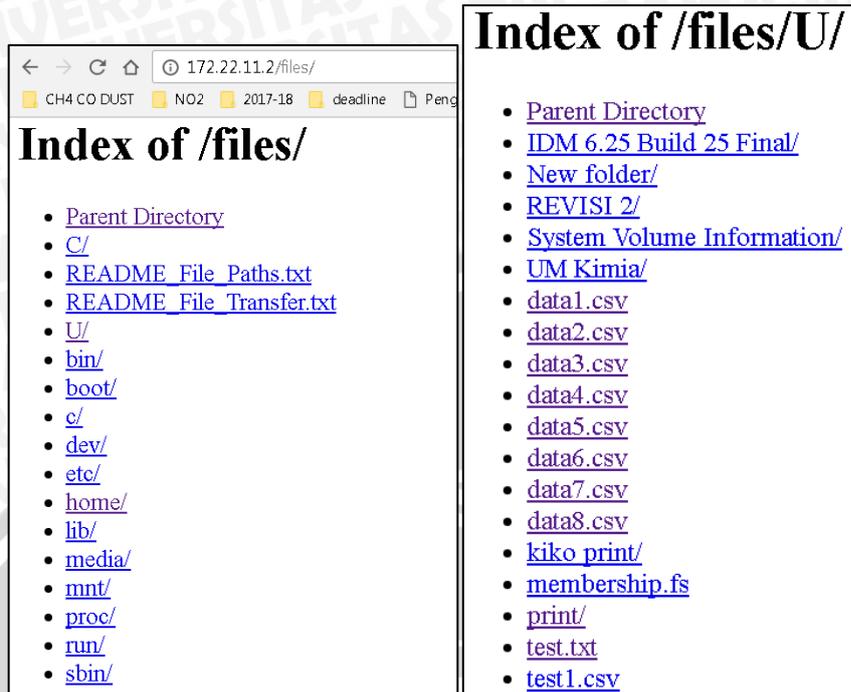
### 5.1.2.3 Log Data

Pada perancangan program penyimpanan data, data disimpan dalam format file csv yang dapat dibuka dan diolah dengan menggunakan aplikasi Notepad++. Data yang ditampilkan dari data penyimpanan sama dengan tabel pada user interface. Penyimpanan data bersifat sementara karena data selalu diganti dengan data yang baru disimpan, untuk mengatasi masalah ini pada *user interface* dibuat sebuah input string yang berfungsi membuat nama baru untuk file penyimpanan sehingga tersedia file baru dengan nama baru yang tidak memengaruhi data pada file sebelumnya.

Untuk mengetahui apakah data berhasil disimpan atau tidak, pengguna dapat menggunakan dua cara berikut ini, yang pertama adalah dengan menghubungkan USB Flashdisk ke komputer (PC/Laptop) dan mengecek nama file yang telah ditentukan sebelum program dijalankan dan membuka file tersebut dengan menggunakan aplikasi Mikrosot Excel. Sedangkan, cara kedua adalah dengan melakukan login pada sistem direktori NI MyRio dengan mengakses alamat IP NI MyRio menggunakan aplikasi browser.



Gambar 5.7 Login ke sistem direktori NI MyRio melalui alamat IP



Gambar 5.8 File direktori pada USB Flashdisk

### 5.1.3 Perancangan Logika Fuzzy

#### 5.1.3.1 Perancangan Membership Function

Perancangan logika fuzzy dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu fuzzyfikasi, inferensi fuzzy, dan defuzzyfikasi. Pada sistem ini digunakan tujuh *membership function*. Adapun tahapan perancangan fuzzy meliputi *fuzzyfication*, *inference*, dan *deffuzzyfication*.

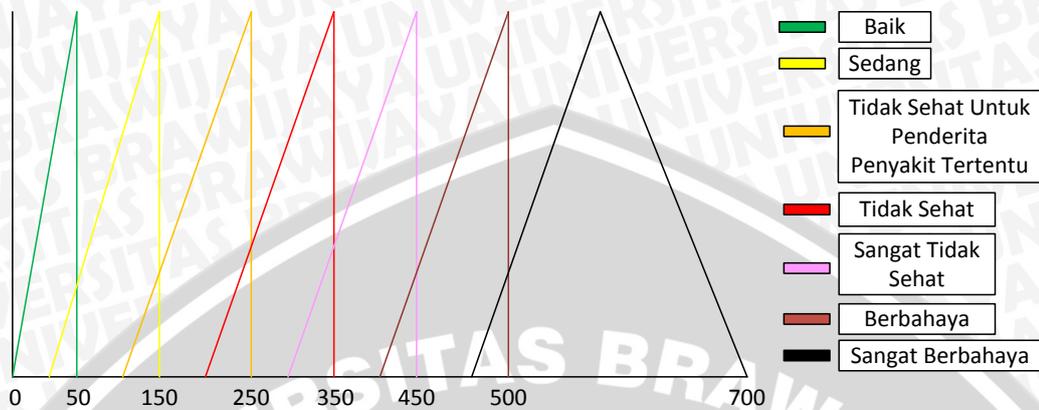
##### 1) *Fuzzyfication*

*Fuzzyfication* atau fuzzyfikasi merupakan proses pengolahan nilai input crisp menjadi nilai input fuzzy. Sistem pendeteksi kualitas udara dirancang dengan menggunakan dua variabel input, yaitu partikel debu dan CO. Sedangkan variabel output adalah kategori kualitas udara yang direpresentasikan kedalam bentuk string (status kualitas udara) dan numerik (indeks kualitas udara). Parameter gas metana tidak menjadi input logika fuzzy, karena tidak ada gas metana pada aturan EPA. Oleh karena itu, untuk parameter gas metana tetap menggunakan aturan mutu baku udara ambien pada tabel 2.1. Konsentrasi metana digunakan sebagai *selector* yang digunakan dalam menentukan kategori kualitas udara.

##### a) Tujuh *membership function*

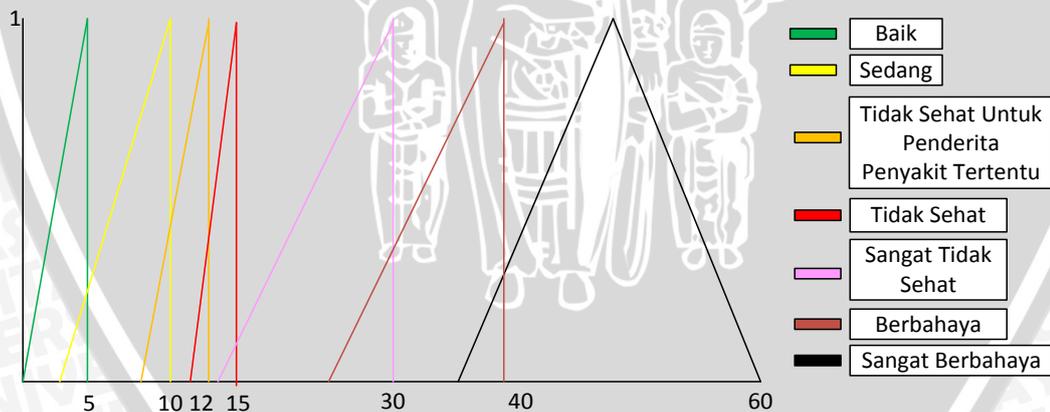
Pada pembuatan tujuh *membership function* variabel partikel debu dan CO, masing-masing dari partikel debu dan CO dibuat tujuh kondisi atau tujuh *membership function* meliputi baik, sedang, tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu, tidak sehat, sangat tidak sehat, berbahaya, dan sangat berbahaya.

Rentang (*range*) poin dari setiap input berbeda-beda sesuai aturan dari penentuan kualitas udara (EPA).



**Gambar 5.9 Rancangan Membership Function Partikel Debu**

Gambar 5.9 merupakan rancangan *membership fuzzy* untuk variabel partikel debu. Rentang yang digunakan adalah 0 sampai dengan 700, dimana setiap membership memiliki nilai domain masing. Nilai domain untuk membership baik adalah [0, 54, 54], nilai domain untuk membership sedang adalah [30, 154, 154], nilai domain untuk membership tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu [124, 254, 254], nilai domain untuk membership tidak sehat adalah [224, 354, 354], nilai domain untuk membership sangat tidak sehat [324, 424, 424], nilai domain untuk membership berbahaya adalah [394, 504, 504], dan nilai domain untuk membership sangat berbahaya adalah [474, 604, 700].



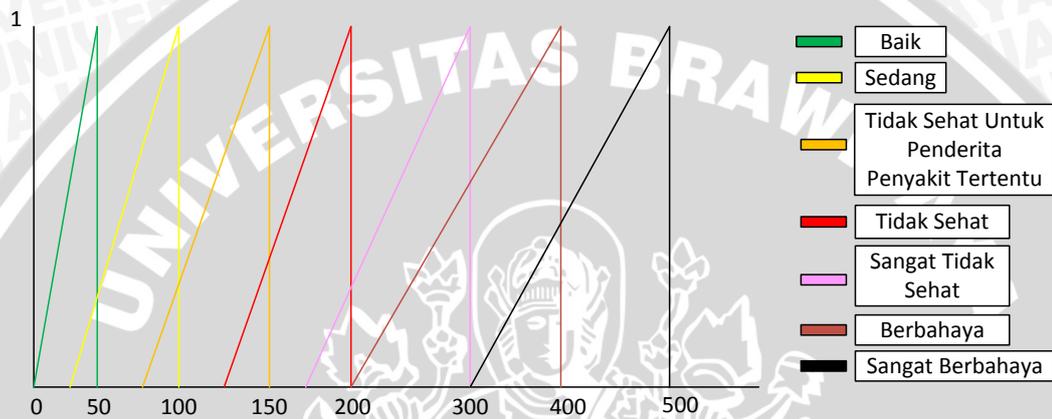
**Gambar 5.10 Rancangan Membership Function Partikel CO**

Gambar 5.10 merupakan rancangan *membership fuzzy* untuk CO. Rentang yang digunakan adalah 0 sampai dengan 60, dimana setiap membership memiliki nilai domain masing-masing. Nilai domain untuk membership baik adalah [0, 4.4, 5], nilai domain untuk membership sedang adalah [3, 9.4, 10], nilai domain untuk membership tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu [9, 12.4, 12.4], nilai domain untuk membership tidak sehat adalah [11, 15.4, 15.4], nilai domain untuk

membership sangat tidak sehat [14, 30.4, 30.4], nilai domain untuk membership berbahaya adalah [23, 40.4, 40.4], dan nilai domain untuk membership sangat berbahaya adalah [35, 50.4, 60].

b) *Membership function* variabel output

Pada *membership function* variabel output dibuat tujuh *membership function* terhadap output *fuzzy* yaitu kualitas udara. Tujuh *membership* tersebut meliputi baik, sedang, tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu, tidak sehat, sangat tidak sehat, berbahaya, dan sangat berbahaya. Rentang (range) poin dari setiap input berbeda-beda sesuai aturan dari penentuan kualitas udara (EPA). Berikut ini adalah gambaran perancangan *membership function* kualitas udara.



Gambar 5.11 Rancangan *Membership Function* Kualitas Udara

Gambar 5.11 merupakan rancangan *membership fuzzy* untuk variabel output kualitas udara. Rentang yang digunakan adalah 0 sampai dengan 500, dimana setiap *membership* memiliki nilai domain masing. Nilai domain untuk *membership* baik adalah [0, 50, 50], nilai domain untuk *membership* sedang adalah [30, 100, 100], nilai domain untuk *membership* tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu [70, 150, 150], nilai domain untuk *membership* tidak sehat adalah [100, 200, 200], nilai domain untuk *membership* sangat tidak sehat [150, 300, 300], nilai domain untuk *membership* berbahaya adalah [200, 400, 400], dan nilai domain untuk *membership* sangat berbahaya adalah [300, 500, 500].

2) *Rule based* dan inferensi *fuzzy*

Pada tahap *rule based* dan inferensi *fuzzy* ditentukan beberapa aturan yang menjadi penghubung antara masukan dan keluaran dari logika *fuzzy*. Dalam menentukan kemungkinan peraturan yang muncul pada logika *fuzzy* sistem pendeteksi kualitas udara, dapat menggunakan tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Rule Based 7x7 Membership Function**

Partikel Debu/CO	Sangat berbahaya	Berbahaya	Sangat tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat bagi penderita penyakit tertentu	Sedang	Baik
<b>Baik</b>	Sangat berbahaya	Berbahaya	Sangat tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat bagi penderita penyakit tertentu	Sedang	Baik
<b>Sedang</b>	Sangat berbahaya	Berbahaya	Sangat tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat bagi penderita penyakit tertentu	Sedang	Sedang
<b>Tidak sehat bagi penderita</b>	Sangat berbahaya	Berbahaya	Sangat tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat bagi penderita penyakit tertentu	Tidak sehat bagi penderita penyakit tertentu	Tidak sehat bagi penderita penyakit tertentu
<b>Tidak sehat</b>	Sangat berbahaya	Berbahaya	Sangat tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat	Tidak sehat
<b>Sangat tidak sehat</b>	Sangat berbahaya	Berbahaya	Sangat tidak sehat	Sangat tidak sehat	Sangat tidak sehat	Sangat tidak sehat	Sangat tidak sehat
<b>Berbahaya</b>	Sangat berbahaya	Berbahaya	Berbahaya	Berbahaya	Berbahaya	Berbahaya	Berbahaya
<b>Sangat berbahaya</b>	Sangat berbahaya	Sangat berbahaya	Sangat berbahaya	Sangat berbahaya	Sangat berbahaya	Sangat berbahaya	Sangat berbahaya

Dari tabel 5.1, diketahui *membership function* 7x7 dengan input variabel yaitu partikel debu dan gas CO memiliki 49 kombinasi peluang output fuzzy. Dalam hal inferensi *fuzzy* digunakan mekanisme inferensi standar yaitu Min-Max atau dikenal juga dengan sebutan *fuzzy mamdani*, metode ini dipilih karena metode lainnya lebih cocok kepada sistem yang memiliki karakteristik kontroler.

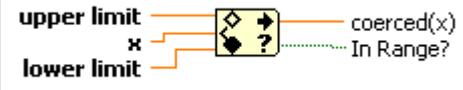
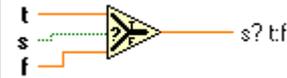
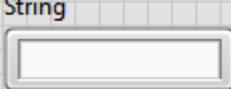
### 3) *Defuzzification*

Tahap *defuzzification* merupakan tahap pemetaan yang dilakukan terhadap himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*). Terdapat dua fungsi yang mengartikan tahap fuzzyfikasi, yaitu menghitung hasil kompromi terbaik dan menghitung hasil yang paling masuk akal. Dari kedua fungsi tersebut, didapatkan beberapa jenis metode tahap defuzzifikasi, diantaranya *Center-of-Gravity* (COA) atau juga dikenal dengan *Center-of-Area* (CoA), *Center-of-Maximum* (CoM) dan *Mean-of-Maximum* (MoM). Dari ketiga metode defuzzifikasi tersebut dipilih metode defuzzifikasi *Center-of-Gravity* (COA) atau *Center-of-Area* (CoA), hal ini dikarenakan *Center-of-Maximum* (CoM) dan *Mean-of-Maximum* (MoM) lebih cocok kepada penerapan sistem berkarakteristik kontroler. Pada metode defuzzifikasi *Center-of-Gravity* (COA) atau *Center-of-Area* (CoA) adalah metode yang memiliki prinsip kerja terus menerus karena setelah menemukan kompromi terbaik tidak ada nilai lain yang mengganggu sedangkan sebaliknya *Center-of-Maximum* (CoM) dan *Mean-of-Maximum* (MoM) tidak bekerja secara terus menerus melainkan selalu ada titik dimana dapat berpengaruh sebagai masukan dan mengubah nilai keluaran menjadi nilai yang lebih masuk akal lagi. (National Instruments, 1997).

#### 5.1.3.2 *Pengolahan Output Fuzzy*

Apabila *fuzzy* telah selesai dirancang dan diimplementasikan, selanjutnya adalah melakukan pengolahan pada output *fuzzy*. Output *fuzzy* berupa nilai numerik yang merupakan nilai indeks kualitas udara. Nilai tersebut digunakan dalam menentukan kategori kualitas udara. Output *fuzzy* berasal dari input Partikel debu dan gas CO, untuk mendapatkan penentuan kategori akhir dengan tiga parameter yaitu Partikel debu, gas CO, dan gas Metana, kategori yang didapatkan dari hasil fuzzy kemudian dibandingkan dengan konsentrasi gas metana berdasarkan batasan yang telah ditetapkan mutu baku gas metana. Penentuan kategori kualitas udara dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa fungsi pada program NI Labview. Beberapa fungsi NI Labview yang digunakan dalam mengolah output *fuzzy* dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Fungsi NI Labview

 <p>upper limit x lower limit</p> <p>coerced(x) In Range?</p>	<p>In Range and Coerce Function: digunakan untuk mengecek output fuzzy berada pada range berapa.</p>
 <p>t s f</p> <p>s? tf</p>	<p>Select Function: digunakan untuk menseleksi output string yang sesuai dengan nilai output fuzzy.</p>
 <p>String</p>	<p>String: digunakan untuk menampilkan kategori yang terpilih berdasarkan output fuzzy.</p>

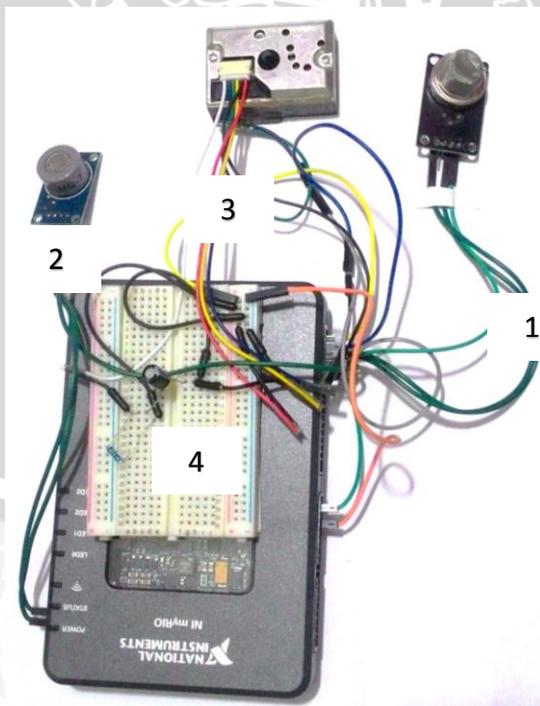
## 5.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan penerapan dari perancangan yang telah dilakukan. Dalam implementasi sistem pendeteksi kualitas udara, dibagi menjadi tiga bagian yaitu implementasi *hardware*, implementasi *software* dan implementasi logika *fuzzy*.

### 5.2.1 Implementasi Hardware

#### 5.2.1.1 Implementasi Rangkaian Keseluruhan

Berdasarkan perancangan rangkaian elektrik pada masing-masing sensor, pada implementasi rangkaian keseluruhan sensor digabungkan menjadi satu kesatuan rangkaian.



Gambar 5.12 Implementasi Rangkaian Keseluruhan

Pada gambar 5.12 dapat dilihat bahwa perangkat 1 adalah rangkaian sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana, perangkat 2 adalah rangkaian sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO, perangkat 3 adalah rangkaian sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi partikel debu, dan perangkat 4 adalah NI MyRio sebagai mikrokontroler.

### 5.2.1.2 Media Penyimpanan Data

Pada sistem pendeteksi kualitas udara digunakan USB Flashdisk sebagai media penyimpanan data. Pada NI MyRio telah tersedia port USB yang dapat menjadi penghubung antara USB Flashdisk dan sistem pendeteksi kualitas udara.



Gambar 5.13 Port USB NI MyRio-1900

Pada gambar 5.14 menunjukkan implementasi dari menghubungkan media penyimpanan berupa USB Flashdisk ke mikrokontroler NI MyRio melalui port USB pada NI MyRio.



Gambar 5. 14 USB Flashdisk dihubungkan ke port USB NI MyRio

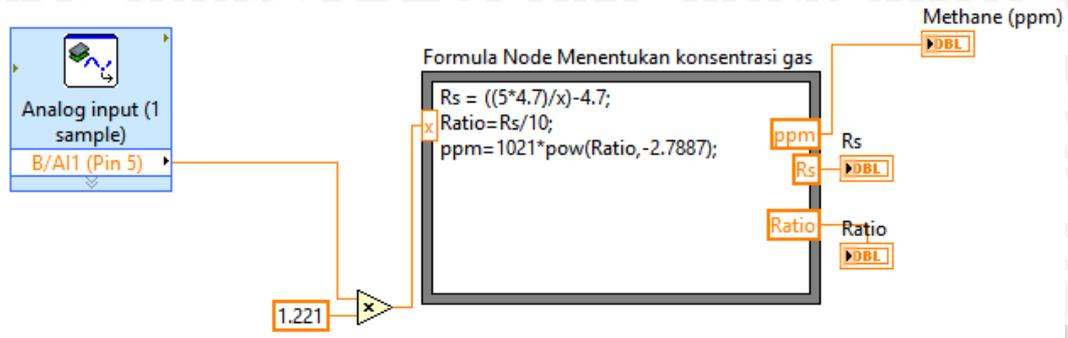
## 5.2.2 Implementasi Software

### 5.2.2.1 Program Pengolah Output Sensor

Pada program pengolahan output sensor terbagi menjadi tiga bagian program yaitu, program pengolahan output sensor MQ-4, program pengolahan output sensor MQ-7 dan program pengolahan output sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F.

1) Program pengolahan output sensor MQ-4

Berdasarkan perancangan rangkaian elektrik dan perancangan program pengolahan output sensor MQ-4, dilakukan implementasi program pengolahan output sensor. Dari perancangan rangkaian elektrik ditentukan pin input analog AI1 MXP B NI MyRio sebagai input.

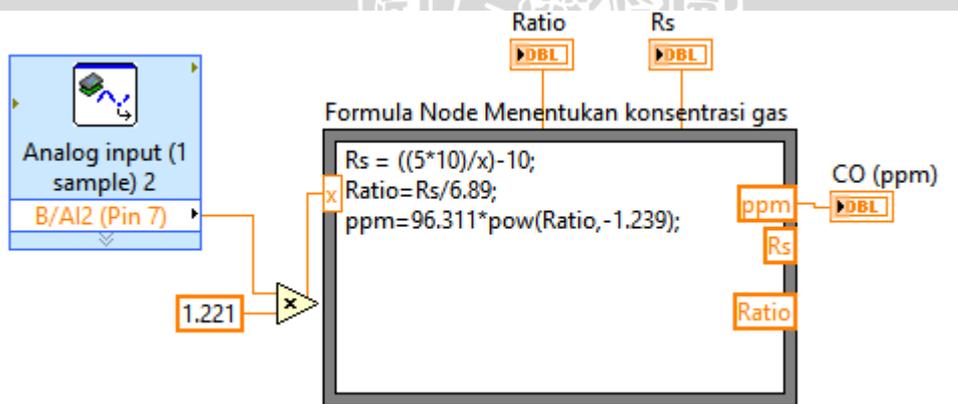


**Gambar 5.15 Implementasi Program Pengolahan Output Sensor MQ-4**

Pada gambar 5.15 output sensor diubah menjadi nilai tegangan kemudian diproses di formula node untuk mendapatkan nilai output dengan satuan ppm (*part per million*). Nilai output sensor dalam bentuk ppm kemudian menjadi input pada logika fuzzy.

2) Program pengolahan output sensor MQ-7

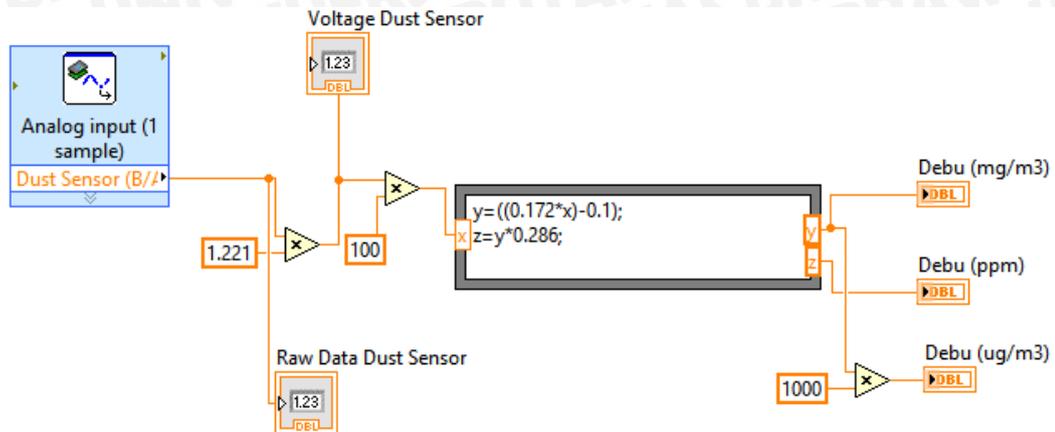
Berdasarkan perancangan rangkaian elektrik dan perancangan program pengolahan output sensor MQ-7, dilakukan implementasi program pengolahan output sensor. Dari perancangan rangkaian elektrik ditentukan pin input analog AI2 MXP B NI MyRio sebagai input.



**Gambar 5.16 Implementasi Program Pengolahan Output Sensor MQ-4**

Pada gambar 5.16 output sensor diubah menjadi nilai tegangan kemudian diproses di formula node untuk mendapatkan nilai output dengan satuan ppm (*part per million*). Nilai output sensor dalam bentuk satuan ppm kemudian menjadi input pada logika fuzzy.

3) Program pengolahan output sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F

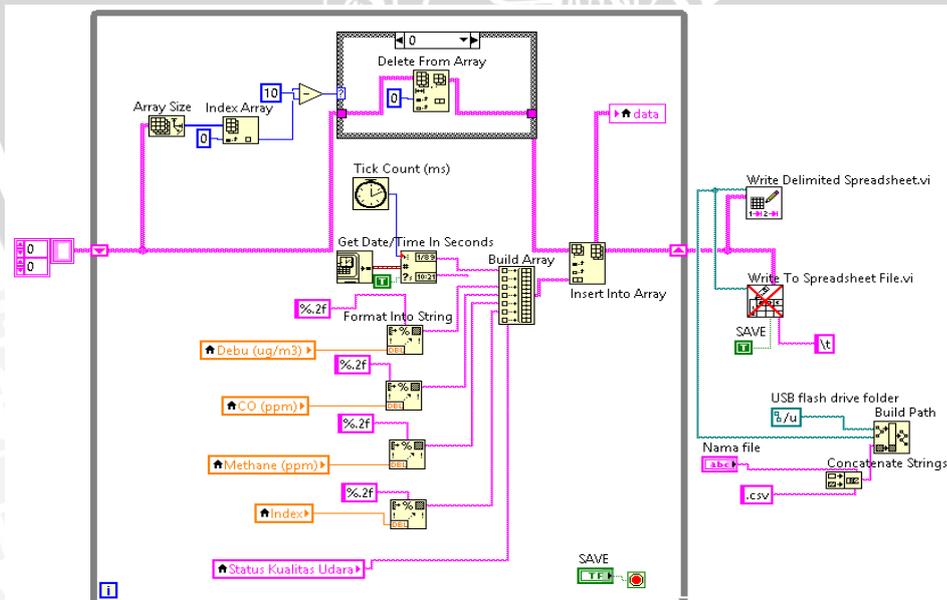


**Gambar 5.17 Implementasi Program Pengolahan Output Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F**

Pada gambar 5.17 output sensor diubah menjadi nilai tegangan kemudian diproses di formula node untuk mendapatkan nilai output dengan satuan mg/m3, kemudian satuan mg/m3 diubah menjadi satuan ug/m3. Nilai output sensor dalam bentuk satuan ug/m3 kemudian menjadi input pada logika fuzzy.

### 5.2.2.2 Program Penyimpanan Data

Pada Implementasi program penyimpanan data, data disimpan ke dalam USB Flashdisk. Penyimpanan data ini bersifat sementara karena data di update dengan data yang baru. Tetapi, masalah ini dapat diatasi dengan membuat input nama file yang harus diisi terlebih dahulu sebelum program dijalankan.



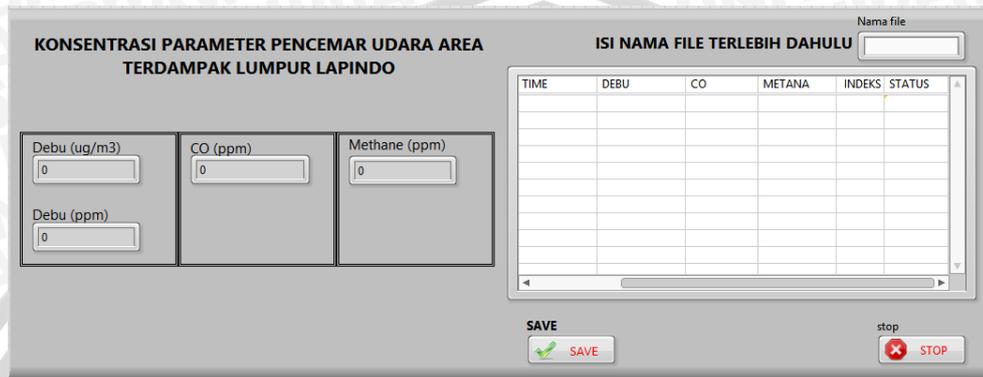
**Gambar 5.18 Potongan Program Penyimpanan Data**

Pada gambar 5.18 implementasi program penyimpanan data, dapat diketahui bahwa data yang disimpan diantaranya adalah konsentrasi debu dalam satuan

ug/m<sup>3</sup>, konsentrasi CO dalam satuan ppm, konsentrasi metana dalam satuan ppm, indeks fuzzy dan status kualitas udara. Data tersebut disimpan dalam format csv.

### 5.2.2.3 Interface System

Implementasi *interface system* bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam mendapatkan informasi berkaitan dengan penentuan kualitas udara. Pada gambar 5.19 dapat dilihat bagian keseluruhan *interface system*.

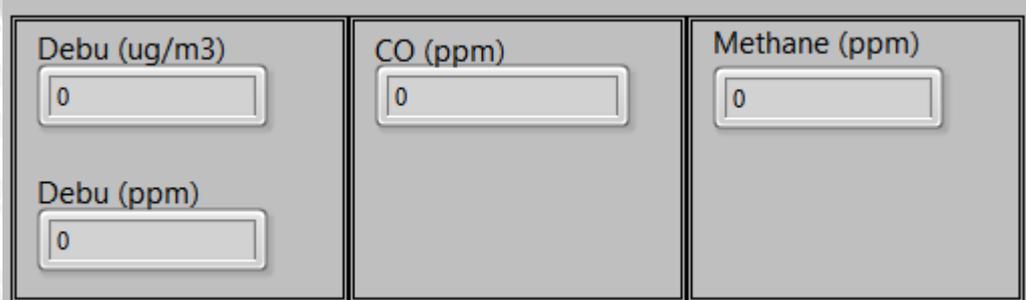


Gambar 5.19 Inteface System

Dari keseluruhan interface system pada gambar 5.19, interface system dapat dikelompokkan ke dalam beberapa bagian yaitu *interface monitor system* dan *interface data system*.

#### 1) Interface monitor system

Pada interface monitor system ditampilkan beberapa bagian yang menampilkan informasi mengenai konsentasi gas metana, CO, dan partikel debu setiap lima detik sekali.

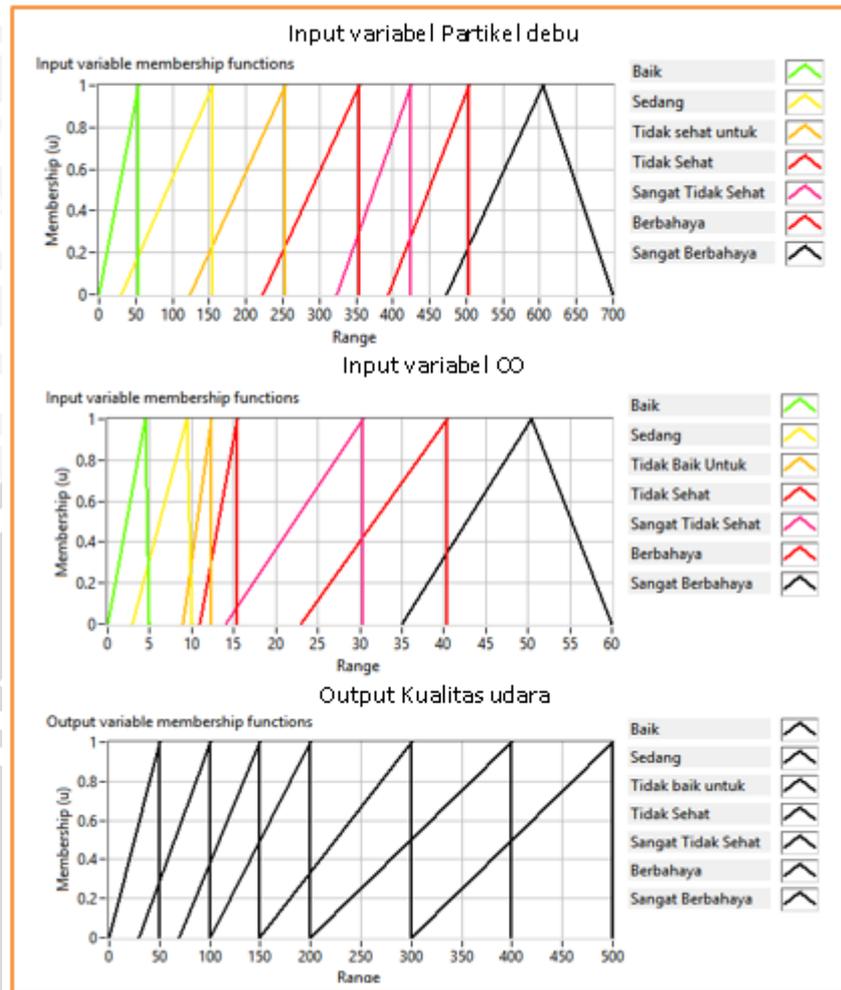


Gambar 5.20 Interface Monitor System

#### 2) Interface data system

Pada *interface data system* ditampilkan data-data yang disimpan pada USB Flashdisk. Data yang tersimpan bersifat temporary atau sementara. Oleh karena itu, dibuat sebuah input string sebagai nama baru file. Nama file baru ini membuat file baru yang diisi data baru pula, hal ini tidak memengaruhi file yang telah ada. Pengisian nama file harus dilakukan sebelum program dijalankan.



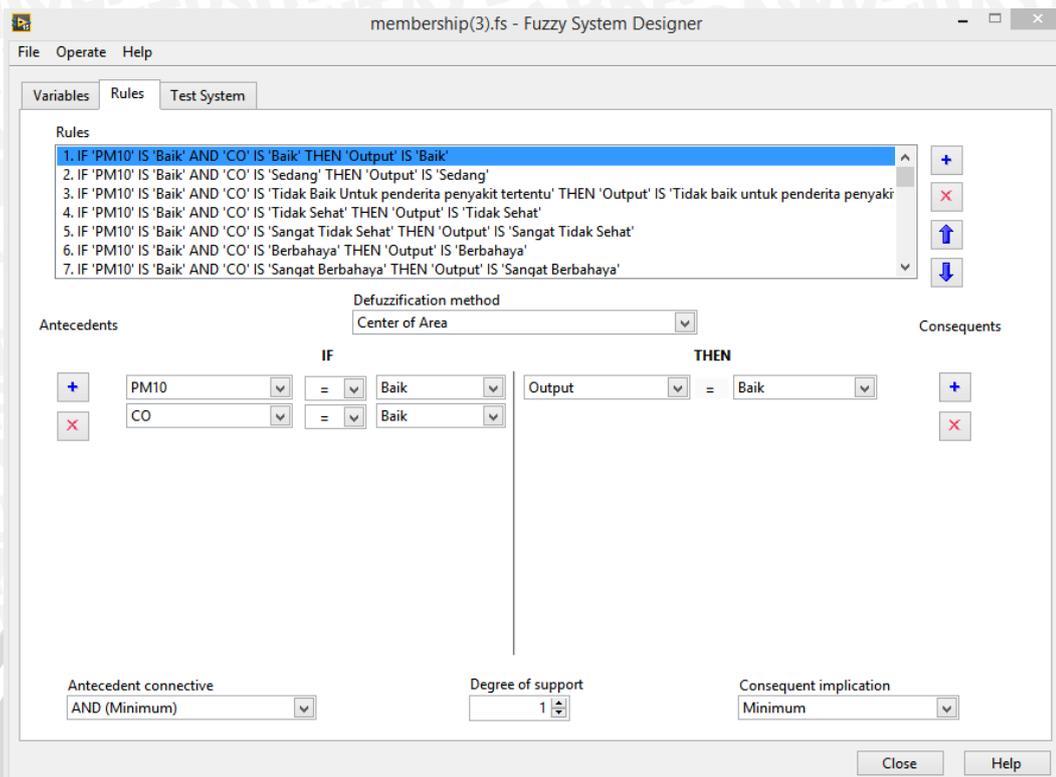


**Gambar 5.23 Implementasi Fuzzyfication**

Pada gambar 5.23 masing-masing input dan output memiliki tujuh membership function. Input partikel debu memiliki batas function 0 sampai dengan 700, input CO memiliki batas function 0 sampai dengan 60, dan output kualitas udara memiliki batas function 0 sampai dengan 500. Batas function ditentukan berdasarkan ketentuan indeks kualitas udara internasional (EPA).

## 2) Inference Fuzzy

Pada perancangan *inference fuzzy* atau *rule fuzzy* pada NI Labview, dilakukan berdasarkan perancangan *inference fuzzy* yang telah dilakukan sebelumnya. Pada *inference fuzzy 7x7* membership function terdapat 49 rules yang harus di deklarasikan. Rules tersebut didapatkan dari kombinasi kedua input terhadap output fuzzy.

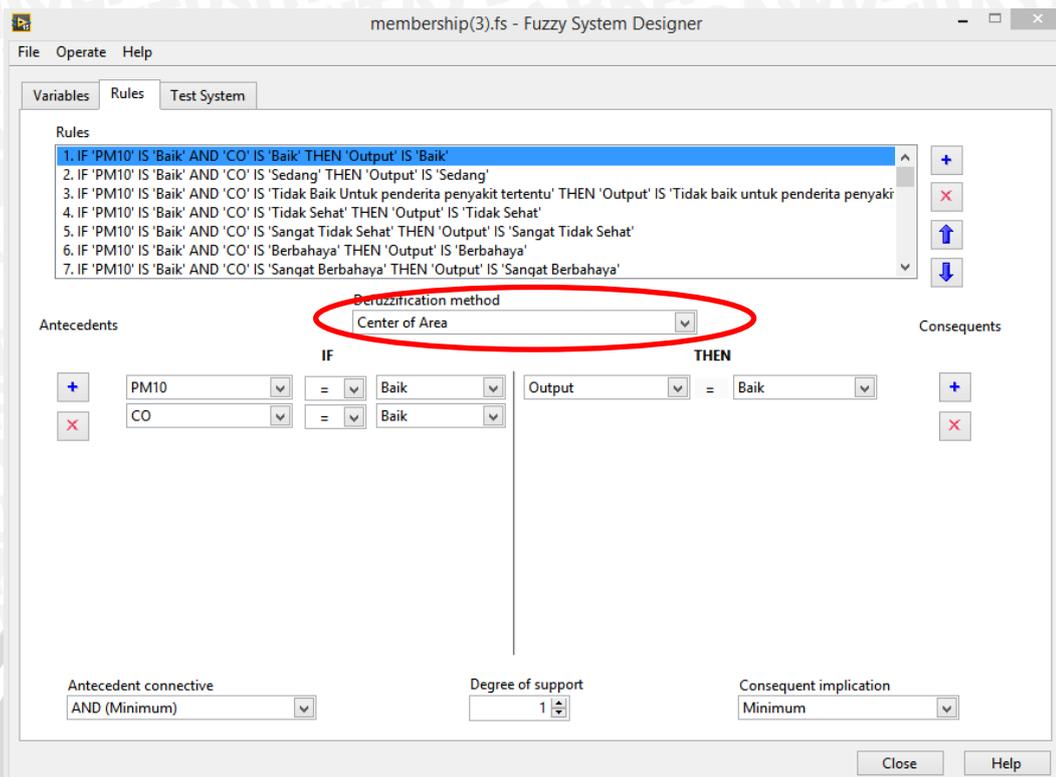


**Gambar 5.24 Menu Rules**

Pada gambar 5.24 menggambarkan tampilan menu *rules* yang terdiri dari rules yang telah dideklarasikan. *Rules* dibuat dengan menggunakan fungsi *if-then*. Pada menu antecedents, menu *if* terdiri dari penentuan kondisi input (sebab). Pada menu consequents, menu *then* terdiri dari penentuan kondisi output (akibat). Penambahan rules dapat dilakukan dengan mengklik tombol plus yang berada di sebelah kanan menu consequents. Pada implementasi inference, penambahan rules dilakukan sebanyak 49 kali.

### 3) Defuzzification

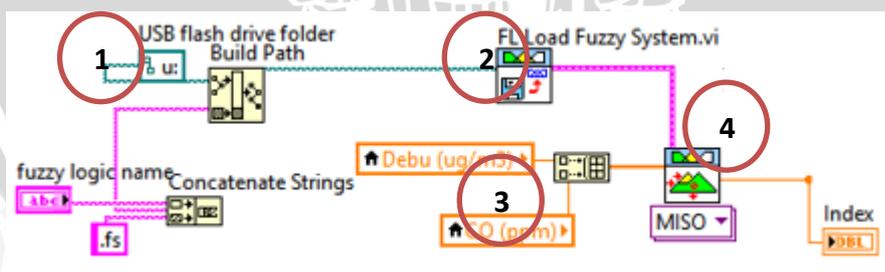
Pada implementasi *defuzzification*, metode *defuzzification* ditentukan berdasarkan perancangan deuzzyfication yang telah dilakukansebelumnya. Pada perancangan telah ditentukan bahwa metode *defuzzification* yang digunakan sistem pendeteksi kualitas udara adalah metode *defuzzification center of area*.



**Gambar 5.25 Defuzzification Pada Fuzzy System Design**

Pada gambar 5.25 defuzzification, user dapat menentukan metode defuzzification yang dipakai. *Center of area* sama dengan *center of gravity* pada metode fuzzy mamdani, metode ini digunakan untuk mencari titik yang membagi area solusi menjadi dua bagian yang menentukan kondisi udara yang diteliti.

Pengimplementasian logika fuzzy pada NI Labview, file logika fuzzy disimpan dalam format .fs yang kemudian disimpan pada USB Flashdisk. Pada gambar 5.26 merupakan potongan program logika fuzzy.



**Gambar 5.26 Potongan Program Logika Fuzzy**

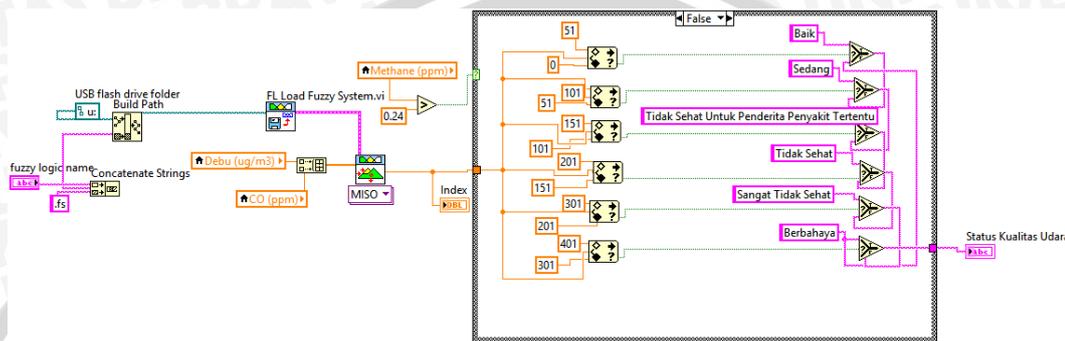
Pada gambar 5.26 potongan program logika fuzzy, dapat dijelaskan bahwa bagian 1 merupakan program untuk memanggil path direktori file logika fuzzy .fs yang disimpan di USB Flashdisk. Pada bagian 2, FL Load Fuzzy system memasukan dan menyimpan file logika fuzzy .fs. Pada bagian 3, Local variabel yang memanggil output sensor yang telah dikonversikan ke satuan sesuai aturan kualitas udara (EPA) dimasukan ke fungsi array yang kemudian pada bagian 4, FL Fuzzy Controller memproses data fuzzy. Pada FL Fuzzy Controller terdapat proses *fuzzyfication*,



*inference (rule based)* dan *defuzzyfication*. Jenis output yang digunakan pada sistem pendeteksi kualitas udara adalah output tipe MISO (*Multiple input single output*) karena digunakan dua variabel input dan satu variabel output.

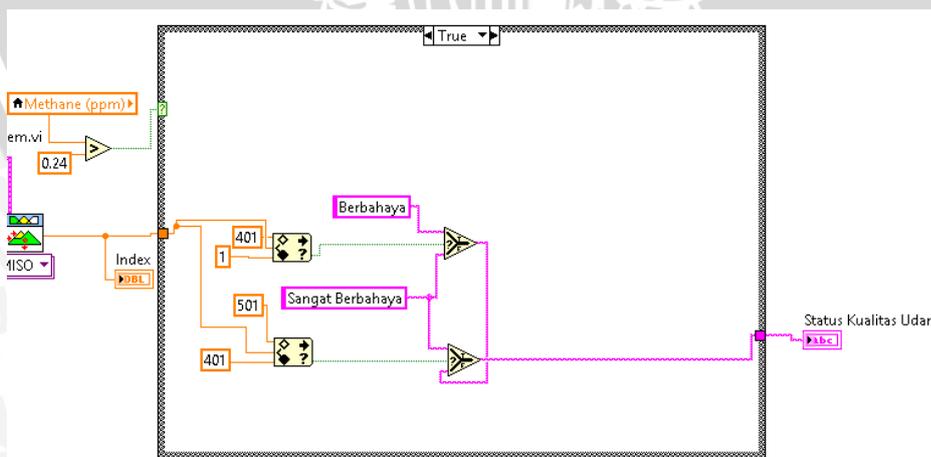
### 5.2.3.2 Program Pengolah Output Fuzzy

Pada implementasi pengolah output *fuzzy*, dilakukan implementasi sesuai dengan perancangan program peolahan output *fuzzy* yang telah dilakukan sebelumnya.



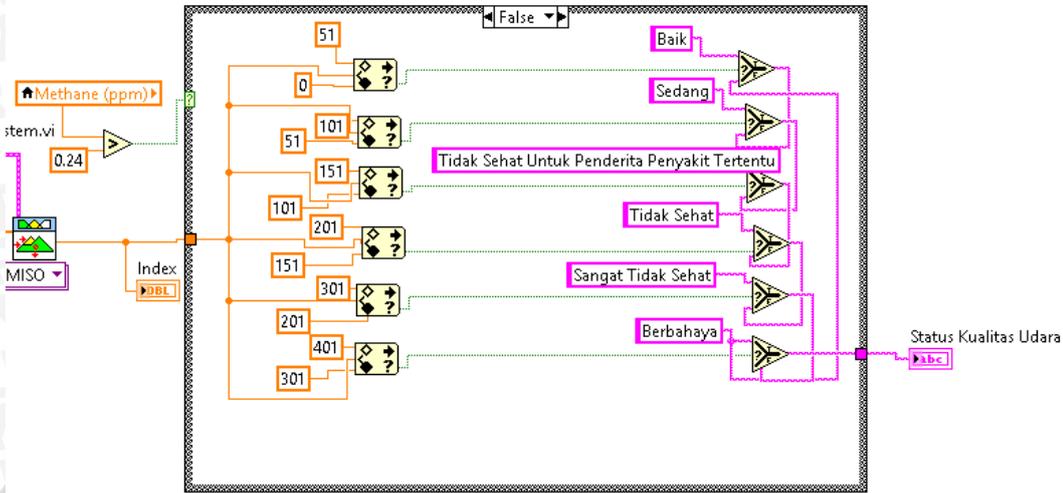
**Gambar 5.27** Program Pengolahan Output *Fuzzy*

Dari gambar 5.27, index merupakan nilai keluaran fuzzy. Nilai index ini digunakan untuk menentukan keluaran string kategori kualitas udara. Dalam proses pengolahan output *fuzzy* ini, dilakukan pengecekan terhadap nilai variabel input metana terlebih dahulu dengan menggunakan fungsi *case structure*. Terdapat dua kemungkinan kondisi, pertama ketika konsentrasi gas metana melebihi 0.24 ppm (*true*) dan kondisi kedua adalah ketika konsentrasi metana kurang dari 0.24 ppm (*false*). Oleh karena itu, digunakan *case structure*. Tujuan dari pengecekan ini adalah untuk mengetahui kemungkinan kategori yang muncul sebagai output. Terdapat dua kondisi dari pengecekan ini, yaitu kondisi syarat terpenuhi (*true*) dan kondisi syarat tidak terpenuhi (*false*).



**Gambar 5.28** Case Structure Kondisi *True*

Kondisi pertama adalah apabila konsentrasi gas metana lebih besar dari 0.24 ppm maka nilai indeks fuzzy diproses dengan kemungkinan output kategori kualitas udara adalah berbahaya dan sangat berbahaya.

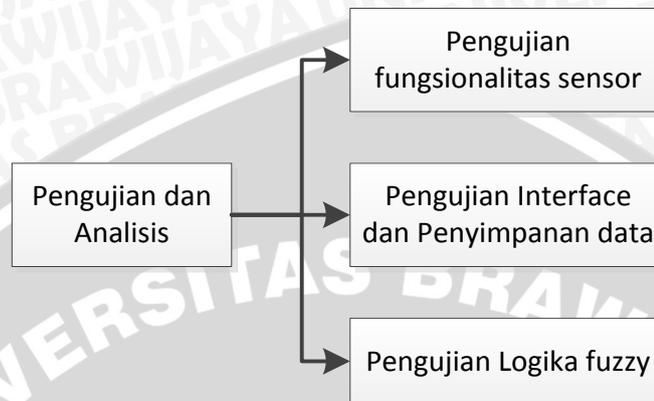


Gambar 5.29 Case Structure Kondisi False

Kondisi kedua adalah apabila konsentrasi metana kurang dari 0.24 ppm maka nilai indeks *fuzzy* diproses dengan kemungkinan output kategori kualitas udara adalah baik, sedang, tidak sehat untuk penderita penyakit tertentu, tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya.

## BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dilakukan dokumentasi pengujian dan analisis terhadap sistem, tujuan dari pengujian dan analisis digunakan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan atau tidak.



Gambar 6.1 Alur Pengujian dan Analisis

### 6.1 Pengujian Fungsionalitas Sensor

Pengujian Fungsionalitas sensor bertujuan untuk mengetahui apakah performansi sistem yang dirancang dapat memenuhi spesifikasi kebutuhan yang melandasinya.

#### 6.1.1 Skenario Pengujian

##### 1) Pengujian Sensor MQ-4

Pengujian fungsionalitas sensor MQ-4 dilakukan dengan mengkalibrasi output sensor dengan grafik sensitifitas sensor. Sebelumnya, dilakukan inialisasi nilai Ro yang merupakan nilai resistansi pada saat konsentrasi gas metana 1000 ppm. Rs merupakan resistansi yang berubah-ubah sesuai konsentasi gas metana di udara.

##### 2) Pengujian Sensor MQ-7

Pengujian fungsionalitas sensor MQ-7 dilakukan dengan mengkalibrasi output sensor dengan grafik sensitifitas sensor. Sebelumnya, dilakukan inialisasi nilai Ro yang merupakan nilai resistansi pada saat konsentrasi gas CO 100 ppm. Rs merupakan resistansi yang berubah-ubah sesuai konsentasi gas metana di udara.

##### 3) Pengujian Sensor SHARP GP2Y1010AU0F

Pengujian fungsionalitas sensor debu SHARP GP2Y1010AU0F dilakukan dengan mengkalibrasi output sensor yang berupa tegangan (volt) dengan grafik sensitifitas sensor.

### 6.1.2 Hasil Pengujian

#### 1) Pengujian Sensor MQ-4

Dari skenario pengujian sub-bab 6.1.1 bagian pengujian sensor MQ-4 didapatkan hasil pengujian yang terbagi menjadi tiga, berdasarkan wilayah pengujian yaitu Desa Jatirejo, Desa Mindi, dan Desa Siring Barat. Dari hasil pengujian yang didapat, pada setiap perubahan konsentrasi metana, sensor menghasilkan nilai Rs yang berbeda sehingga membuat nilai Rasio ( $R_s/R_o$ ) yang berupa perbandingan nilai Rs dan  $R_o$  ikut berubah sesuai dengan perubahan konsentrasi metana. Hubungan antara konsentrasi metana dalam satuan ppm dengan Rasio ( $R_s/R_o$ ) dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik.

##### a) Desa Jatirejo

Tabel 6.1 menunjukkan hasil pengujian sensor MQ-4 di Desa Jatirejo. Data pada tabel 6.1 disusun dengan cara mengambil data secara acak (*random*).

**Tabel 6.1 Hasil Pengujian Sensor MQ-4 di Desa Jatirejo**

No.	Konsentrasi Metana (ppm)	Rasio ( $R_s/R_o$ )
1	2.53	10.20
2	2.90	9.80
3	3.55	8.40
4	3.94	7.20
5	5.00	6.70
6	5.15	6.60
7	5.40	6.50
8	6.00	6.40
9	6.76	6.20
10	6.76	6.20

##### b) Desa Mindi

Tabel 6.2 menunjukkan hasil pengujian sensor MQ-4 di Desa Jatirejo. Data pada tabel 6.2 disusun dengan cara mengambil secara acak (*random*).

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Sensor MQ-4 di Desa Mindi

No.	Konsentrasi Metana (ppm)	Rasio (Rs/Ro)
1	1.11	11.60
2	1.88	11.30
3	2.21	11.02
4	2.21	11.02
5	2.29	11.00
6	2.29	11.00
7	2.71	10.00
8	2.71	10.00
9	2.71	10.00
10	2.71	10.00

## c) Desa Siring Barat

Tabel 6.3 menunjukkan hasil pengujian sensor MQ-4 di Desa Jatirejo. Data pada tabel 6.3 disusun dengan cara mengambil data secara acak (*random*).

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Sensor MQ-4 di Desa Siring Barat

No.	Konsentrasi gas Metana (ppm)	Rasio (Rs/Ro)
1	22.99	3.3
2	22.99	3.3
3	21.5	3.7
4	21	3.9
5	14.77	4.5
6	14.77	4.5
7	12.3	4.9
8	8.89	5.9
9	8.89	5.9
10	6.4	6.5

## 2) Pengujian Sensor MQ-7

Dari skenario pengujian sub-bab 6.1.2 bagian pengujian sensor MQ-7 didapatkan hasil pengujian pada tabel 6.4. Data diambil secara *random* dari hasil sampel yang didapat, karena pada ketiga wilayah penelitian nilai sampel tidak terlalu bervariasi maka diambil beberapa data yang memiliki nilai yang berbeda untuk mengetahui perubahan Rasio (Rs/Ro) (Rs/Ro) pada masing-masing data.

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Sensor MQ-7

No.	Konsentrasi gas CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)
1	0.78	55.25
2	1.04	33.22
3	1.49	30.89
4	1.49	30.89
5	1.50	29.56
6	1.55	29.48
7	1.63	28.29
8	2.01	18.20
9	2.50	17.93
10	3.00	16.70

### 3) Pengujian Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

Dari skenario pengujian sub-bab 6.1.2 bagian pengujian sensor Sharp GP2Y1010AU0F didapatkan hasil pengujian pada tabel 6.5. Data diambil secara random dari hasil sampel yang didapat, karena pada ketiga wilayah penelitian nilai sampel tidak terlalu bervariasi maka diambil beberapa data yang memiliki nilai yang berbeda untuk mengetahui perubahan tegangan (volt) pada masing-masing data.

Tabel 6.5 Hasil Pengujian Sensor Sharp G P2Y1010AU0F

No.	Konsentrasi Partikel Debu (ug/m <sup>3</sup> )	Tegangan (volt)
1	27.05	0.7
2	28.18	0.72
3	28.18	0.72
4	40	0.83
5	45.3	0.85
6	53.82	0.89
7	53.82	0.89
8	76	0.95
9	79.45	0.97
10	182.01	1.72

## 6.2 Pengujian *Interface* dan Penyimpanan Data

Pengujian *Interface* dan penyimpanan data dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui fungsionalitas sistem dalam menampilkan data pada interface yang telah dibuat serta fungsionalitas sistem dalam melakukan penyimpanan data sesuai kebutuhan spesifik yang diinginkan oleh pengguna. Pengujian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu, bagian pertama adalah *interface* dan bagian kedua adalah penyimpanan data.

### 6.2.1 Skenario Pengujian

- 1) Pada bagian *interface*, dilakukan pengujian dengan cara memberikan input pada sistem. Kemudian dilihat pada interface apakah output dari masing-masing sensor muncul pada indicator sensor dan juga pada tabel.
- 2) Pada bagian penyimpanan data dilakukan pengujian dengan cara mengisi nama file yang tersedia pada interface system, kemudian menjalankan program. Sistem akan menerima input, setelah sepuluh data input terkumpul, sistem penyimpanan data dihentikan dengan cara mengklik tombol save pada *interface*. Kemudian dilakukan pengecekan data pada USB Flashdisk terhadap file dengan nama yang telah diinput sebelumnya.

### 6.2.2 Hasil Pengujian

Gambar 6.2 merupakan hasil pengujian interface sistem dalam menampilkan konsentrasi gas metana, gas CO dan partikel debu serta menampilkannya dalam bentuk tabel dengan diikuti informasi indeks dan kategori kualitas udara.

KONSENTRASI PARAMETER PENCEMAR UDARA AREA TERDAMPAK LUMPUR LAPINDO

Debu (ug/m3): 105.09  
 CO (ppm): 2.20372  
 Methane (ppm): 0.0377233  
 Debu (ppm): 0.0300557

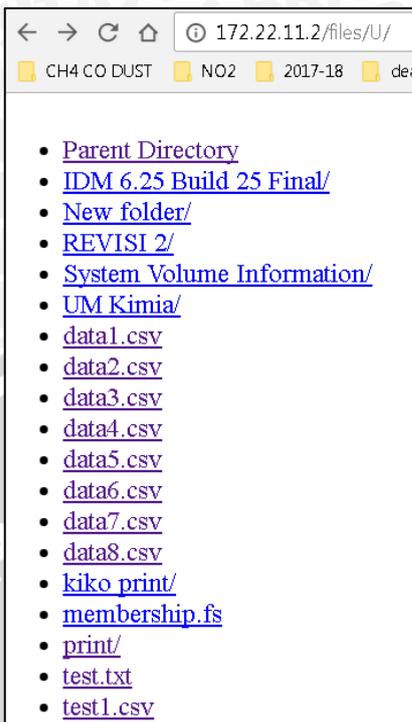
ISI NAMA FILE TERLEBIH DAHULU: test1

TIME	DEBU	CO	METANA	INDEKS	STATUS
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik

SAVE

Gambar 6.2 Interface System

Gambar 6.3 menunjukkan bahwa data berhasil disimpan dengan nama test1 pada media penyimpanan USB Flashdisk.



**Gambar 6.3 File Test1.csv tersedia di direktori file USB Flashdisk**

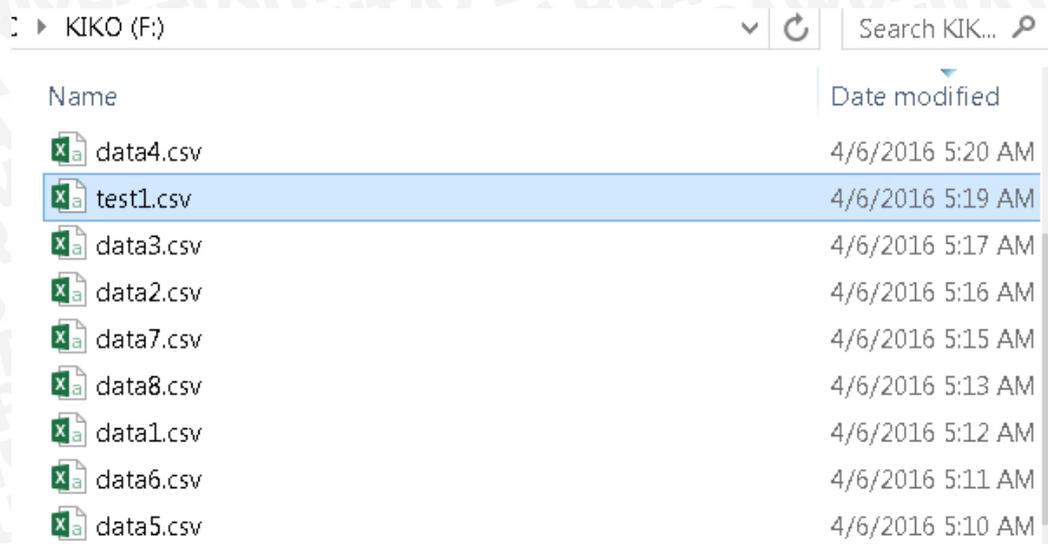
Untuk melihat data pada file test1.csv, dapat mengklik dua kali file tersebut sehingga data file akan tampil seperti ditunjukkan pada gambar 6.4.

Date	Time	CH4	CO	DUST	NO2	2017-18	deadline	Pengumuman Pengar	Kobayashi-san Chi no
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			
Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik			

**Gambar 6.4 Data File test1.csv**

Selain membuka file secara *real-time* melalui akses alamat IP NI MyRio. USB Flashdisk dapat dihubungkan dengan PC/Laptop seperti di tunjukan pada gambar 6.5.





**Gambar 6.5** Membuka direktori USB Flashdisk melalui PC/Laptop

Untuk membuka file, dapat menggunakan aplikasi notepad++. Pada gambar 6.6 Menunjukkan data dari file test1.csv yang dibuka menggunakan aplikasi notepad++.

1	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
2	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
3	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
4	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
5	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
6	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
7	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
8	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
9	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
10	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik
11	Wed, Apr 06, 2016	05:19:39 AM	105.09	2.20	0.04	44.83	Baik

**Gambar 6.6** Data file test1.csv

Berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan, dibuat tabel check-list yang ditunjukkan pada tabel 6.6.

**Tabel 6.6** Check-list Pengujian *Interface* dan Penyimpanan Data

	Konsentrasi Metana	Konsentrasi CO	Konsentrasi Partikel debu	Output fuzzy	Data pada tabel	Menyimpan data
Tampil	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tidak tampil						

### 6.3 Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian logika *fuzzy* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui fungsionalitas logika *fuzzy*, apakah logika *fuzzy* yang telah dibuat dapat memenuhi kebutuhan yang diinginkan pengguna. Pengujian fungsionalitas logika *fuzzy* terbagi menjadi dua bagian yaitu, pertama bagian pengujian output logika *fuzzy* (indeks pencemaran udara ambien), dan kedua adalah bagian pengujian pengolahan output *fuzzy* (kategori pencemaran udara ambien).

#### 6.3.1 Skenario Pengujian

Pada pengujian output logika *fuzzy*, yang dilakukan adalah memberikan input (CO dan Patikel debu) pada sistem, kemudian membandingkan *output value fuzzy* (indeks) dengan hasil perhitungan manual (linear interpolasi) indeks pencemar udara menggunakan persamaan 2.1.

#### 6.3.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian terbagi menjadi tiga bagian berdasarkan wilayah penelitian, yaitu hasil pengujian logika *fuzzy* di Desa Siring Barat, Desa Mindi, Desa Jatirejo. Pada tabel 6.7 terdapat lima kolom yaitu, kolom Debu (PM10) yang berisi nilai konsentrasi debu dalam satuan ug/m<sup>3</sup>, kolom CO yang berisi nilai konsentrasi gas CO dalam satuan ppm, kolom Kualitas Udara (Linear interpolation) yang berisi indeks perhitungan manual dengan menggunakan persamaan 2.1, kolom Kualitas Udara yang berisi nilai indeks kualitas udara dari logika *fuzzy*, kemudian kolom persentase error.

**Tabel 6.7 Hasil Pengujian Logika Fuzzy di Desa Siring Barat**

Debu (PM10)( ug/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	Kualitas Udara ( <i>Linear interpolation</i> )	Kualitas Udara ( <i>Fuzzy Logic</i> )	Persentase error (%)
28.18	1.60	26.00	26.14	0.54
27.18	1.50	25.00	25.91	3.64
26.27	0.45	24.00	23.80	0.83
76.00	1.20	63.00	69.11	9.70
78.03	1.24	62.00	69.18	11.58
79.45	1.60	63.00	70.46	11.84
28.18	1.52	26.00	25.95	0.19
26.50	2.45	24.00	27.34	13.92
27.45	1.00	25.00	24.28	2.88
28.18	1.52	26.00	25.93	0.27
29.15	2.00	27.00	27.00	0.00
Rata-rata Error				5.04

Contoh perhitungan manual untuk mendapatkan nilai indeks kualitas udara setiap percobaannya. Dengan mengacu kepada tabel 2.6, perhitungan untuk mendapatkan nilai indeks kualitas udara untuk konsentrasi debu (PM10) = 28.18 ug/m<sup>3</sup> dan CO = 1.60 ppm dilakukan sebagai berikut:

$$I_{debu} = \frac{50 - 0}{54 - 0} (28.18 - 0) + 0$$

$$I_{debu} = 26$$

$$I_{co} = \frac{50 - 0}{4.4 - 0} (1.60 - 0) + 0$$

$$I_{co} = 18$$

Karena nilai indeks debu (PM10) lebih besar daripada nilai indeks CO maka, nilai indeks kualitas udaranya adalah 26 yang masuk ke dalam kategori Baik. Konsentrasi metana sebesar 22.9 ppm telah melebihi Baku Mutu Udara Ambien Nasional pada tabel 2.1. Ketika konsentrasimetana melebihi Baku Mutu Udara Ambien Nasional, maka kemungkinan kategori yang keluar adalah Bahaya dan Sangat Bahaya. Kategori Sangat Bahaya muncul ketika nilai indeks kualitas udara berada kategori bahaya. Sedangkan, untuk kategori Bahaya, muncul ketika nilai indeks kualitas udara berada pada kategori bahaya dan konsentrasi metana melebihi dari nilai Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Seperti pada contoh perhitungan diatas, karena indeks kualitas udara adalah 26 dan konsentrasi metana melebihi Baku Mutu Udara Ambien Nasional yaitu 22.9 ppm maka kategori udara ambiennya adalah Bahaya.

Contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai persentasi error setiap percobaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Prosentasi error} &= \frac{\text{Kualitas Udara (Linear interpolation)} - \text{Kualitas Udara (Fuzzy Logic)}}{\text{Kualitas Udara (Linear interpolation)}} \times 100 \quad (6.1) \\ &= \frac{24.00 - 23.80}{24.00} \times 100 = 0.83 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan rata-rata jumlah persentase error diambil dari seluruh pengujian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Jumlah Prosentasi error} &= \frac{\text{Jumlah persentase}}{\text{jumlah pengujian}} \quad (6.2) \\ &= \frac{0.54 + 3.64 + 0.83 + 9.70 + 11.58 + 11.84 + 0.19 + 13.92 + 2.88 + 0.27 + 0.00 + 5.04}{11} \\ &= 4.44 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, pengujian logika fuzzy di Desa Mindi dan Desa Jatirejo dilakukan perhitungan sebagaimana yang telah dijelaskan diatas, sehingga didapatkan data yang direpresentasikan kedalam tabel 6.8.

**Tabel 6.8 Hasil Pengujian Logika Fuzzy di Desa Mindi**

Debu (PM10)(ug/m3)	CO (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Persentase error (%)
27.05	0.78	25.00	23.80	4.80
80.05	3.00	63.00	71.04	12.76
79.45	1.49	63.00	69.88	10.92
53.82	1.49	49.00	47.09	3.90
40.00	1.04	37.00	39.61	7.05
45.30	1.49	42.00	42.23	0.55
Rata-rata Error				6.66

Sedangkan hasil pengujian untuk Desa Jatirejo dapat dilihat pada tabel 6.9.

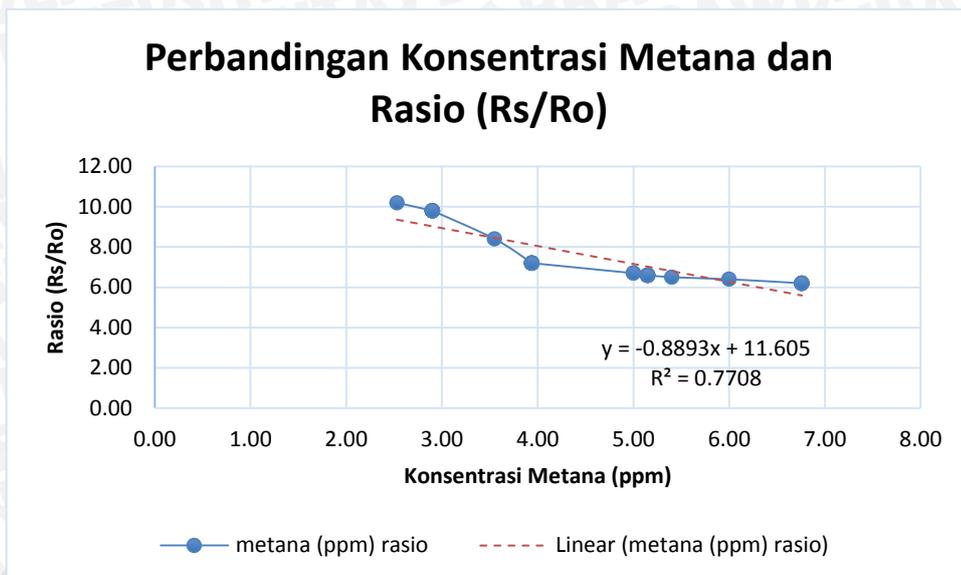
**Tabel 6.9 Hasil Pengujian Logika Fuzzy di Desa Jatirejo**

Debu (PM10)(ug/m3)	CO (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Persentase error (%)
27.10	1.52	25.00	25.95	3.80
28.12	1.50	26.00	25.91	0.35
182.15	1.40	144.00	114.16	20.72
182.01	1.49	144.00	114.54	20.46
182.30	1.60	144.00	114.97	20.16
53.82	1.55	49.00	46.83	4.43
54.50	2.01	50.00	68.32	36.64
55.01	1.57	51.00	68.37	34.06
28.18	1.50	26.00	26.20	0.77
Rata-rata Error				15.71

#### 6.4 Analisa Hasil Pengujian

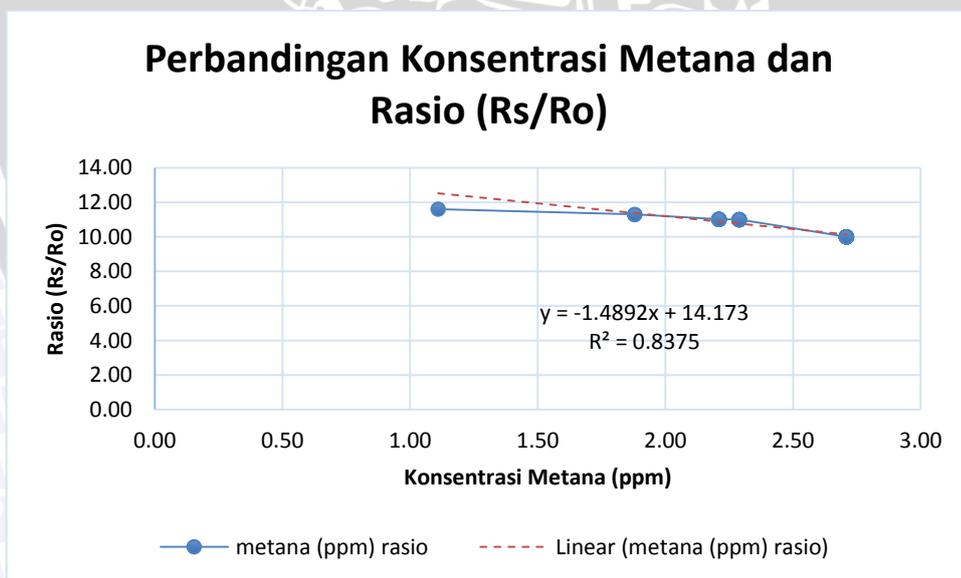
Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sensor MQ-4, didapatkan data sampel pada tabel 6.1 berupa hasil pengujian di Desa Jatirejo, tabel 6.2 hasil pengujian di Desa Mindi, dan tabel 6.3 hasil pengujian di Desa Siring Barat. Dari grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-4 gambar 2.2 diketahui bahwa semakin tinggi nilai Rasio ( $R_s/R_o$ ) yang didapatkan maka semakin kecil nilai konsentrasi metana. Dari data hasil pengujian menunjukkan karakteristik yang sama, dimana semakin tinggi nilai Rasio ( $R_s/R_o$ ), konsentrasi metana menurun.

Pada gambar 6.7 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari perbandingan Rasio ( $R_s/R_o$ ) dan konsentrasi metana di Desa Jatirejo. Nilai  $y = -0.8893x + 11.605$  menunjukkan model regresi linear antara Rasio ( $R_s/R_o$ ) dan konsentrasi gas metana, nilai  $-0,8893$  merupakan gradien (*slope*), sedangkan nilai  $R^2 = 0.7708$ .  $R^2$  disebut koefisien determinasi. Hal ini menunjukkan bahwa variabel konsentrasi gas metana dipengaruhi Rasio ( $R_s/R_o$ ) sebesar 77.08 %, sedangkan 22.92 % dipengaruhi oleh variabel lain (Hamdi, 2014).



**Gambar 6.7 Grafik Perbandingan Konsentrasi Metana dan Rasio (Rs/Ro)**

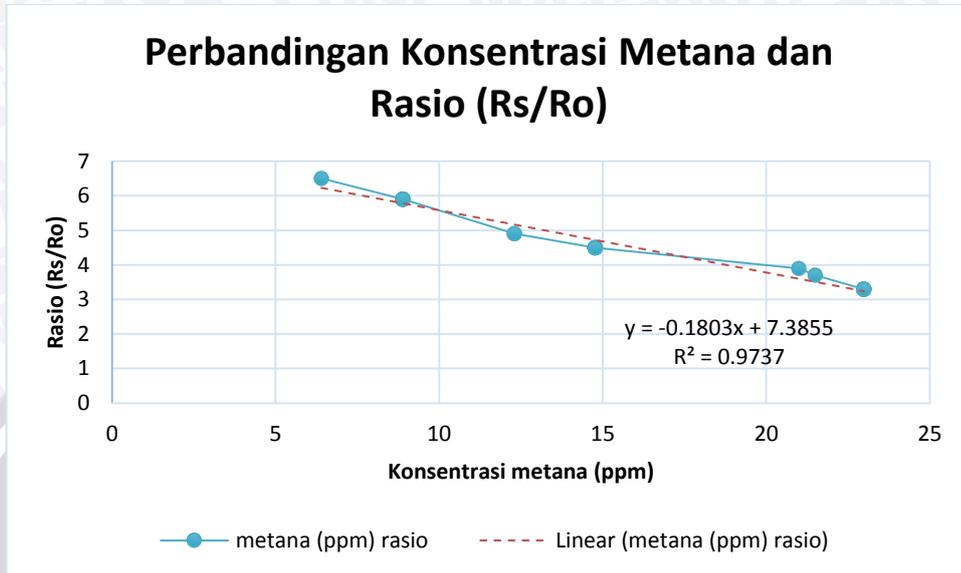
Pada gambar 6.8 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari perbandingan Rasio (Rs/Ro) dan konsentrasi metana di Desa Mindi. Nilai  $y = -1.4892x + 14.173$  menunjukkan model regresi linear antara Rasio (Rs/Ro) dan konsentrasi metana, nilai  $-1.4892$  merupakan gradien (*slope*), sedangkan nilai  $R^2 = 0.8375$   $R^2$  disebut koefisien determinasi. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 83.75 % variabel konsentrasi gas metana dipengaruhi variabel Rasio (Rs/Ro). Sedangkan 16.25% dipengaruhi oleh variabel lain (Hamdi, 2014).



**Gambar 6.8 Grafik Perbandingan Konsentrasi Metana dan Rasio (Rs/Ro)**

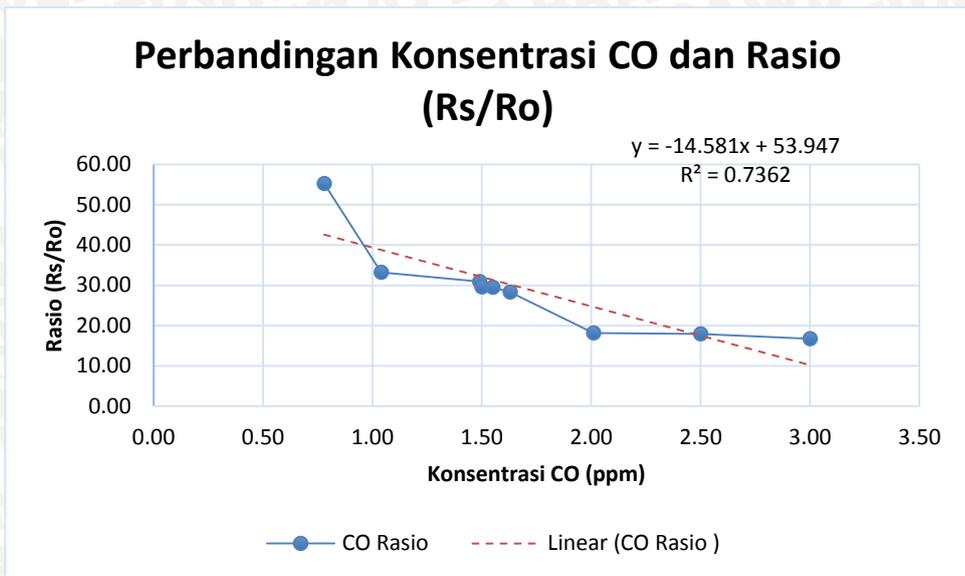
Pada gambar 6.9 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari perbandingan Rasio (Rs/Ro) dan konsentrasi metana di Desa Siring Barat. Nilai  $y = -0.1803x + 7.3855$  menunjukkan model regresi linear antara Rasio (Rs/Ro) dan konsentrasi metana,

nilai  $-0.1803$  merupakan gradien (*slope*), sedangkan nilai  $R^2 = 0.9737$ .  $R^2$  disebut koefisien determinasi. Hal ini menunjukkan bahwa  $97.37\%$  variabel konsentrasi gas metana dipengaruhi variabel Rasio (Rs/Ro). Sedangkan  $2.63\%$  dipengaruhi oleh variabel lain (Hamdi, 2014).



**Gambar 6.9 Grafik Perbandingan Konsentrasi Metana dan Rasio (Rs/Ro)**

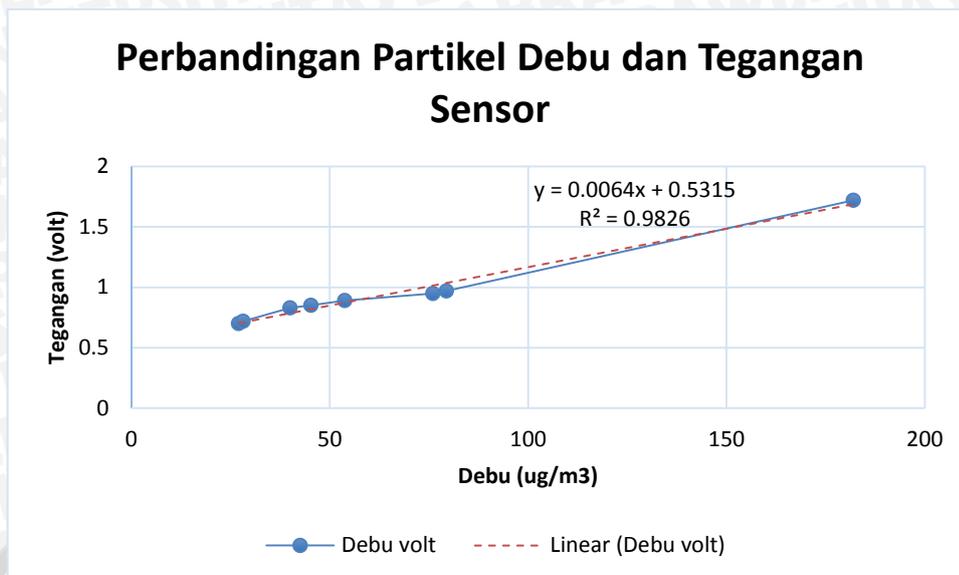
Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sensor MQ-7 didapatkan data sampel pada tabel 6.4 berupa hasil pengujian di Desa Jatirejo, Desa Mindi, dan Desa Siring Barat. Dari grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-7 gambar 2.4 diketahui bahwa semakin tinggi nilai Rasio (Rs/Ro) yang didapatkan maka semakin kecil nilai konsentrasi CO. Pada gambar 6.10 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari perbandingan Rasio (Rs/Ro) dan konsentrasi CO. Nilai  $y = -14.581x + 53.947$  menunjukkan model regresi linear antara Rasio (Rs/Ro) dan konsentrasi CO, nilai  $-14.581$  merupakan gradien (*slope*), sedangkan nilai  $R^2 = 0.7362$ .  $R^2$  disebut koefisien determinasi. Hal ini menunjukkan bahwa  $73.62\%$  variabel konsentrasi gas CO dipengaruhi variabel Rasio (Rs/Ro). Sedangkan  $26.38\%$  dipengaruhi oleh variabel lain (Hamdi, 2014).



**Gambar 6. 10** Pebandingan konsentrasi CO dan Rasio (Rs/Ro)

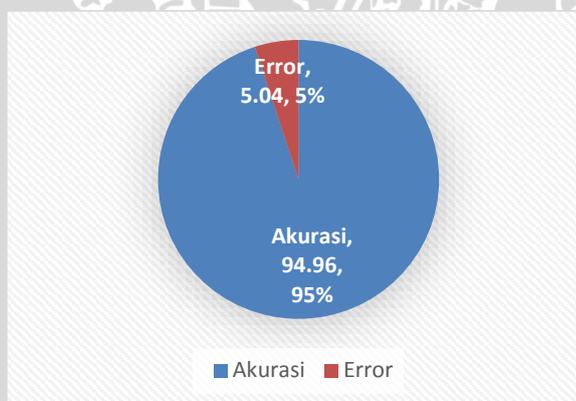
Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sensor Sharp GP2Y1010AU0F didapatkan data sampel pada tabel 6.5 berupa hasil pengujian di Desa Jatirejo, Desa Mindi, dan Desa Siring Barat. Dari grafik karakteristik sensitivitas sensor Sharp GP2Y1010AU0F gambar 2.6 diketahui bahwa semakin tinggi nilai tegangan (volt) yang didapatkan maka semakin tinggi nilai konsentrasi debu. Dari data hasil pengujian menunjukkan karakteristik yang sama, dimana semakin tinggi nilai tegangan (volt), konsentrasi debu meningkat. Pada gambar 6.11 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari perbandingan konsentrasi debu dan tegangan (volt) sensor. Nilai  $y = 0.0064x + 0.5315$  menunjukkan model regresi linear antara tegangan (volt) dan konsentrasi partikel debu, nilai 0.0064 merupakan gradien (*slope*), sedangkan nilai  $R^2 = 0.9826$ .  $R^2$  disebut koefisien determinasi. Hal ini menunjukkan bahwa 98.26 % variabel konsentrasi partikel debu dipengaruhi variabel tegangan (volt). Sedangkan 1.74% dipengaruhi oleh variabel lain (Hamdi, 2014).





**Gambar 6.11 Perbandingan Partikel Debu dan Tegangan (volt)**

Berdasarkan hasil pengujian sistem dengan menggunakan perhitungan manual dan menggunakan logika *fuzzy* didapatkan persentase error. Dari persentase error ini dapat diketahui tingkat akurasi sistem logika *fuzzy*. Tingkat akurasi logika *fuzzy* di Desa Siring Barat dapat dilihat pada gambar 6.12, tingkat akurasi logika *fuzzy* di Desa Mindi dapat dilihat pada gambar 6.13, dan tingkat akurasi logika *fuzzy* di Desa Jatirejo dapat dilihat pada gambar 6.14.



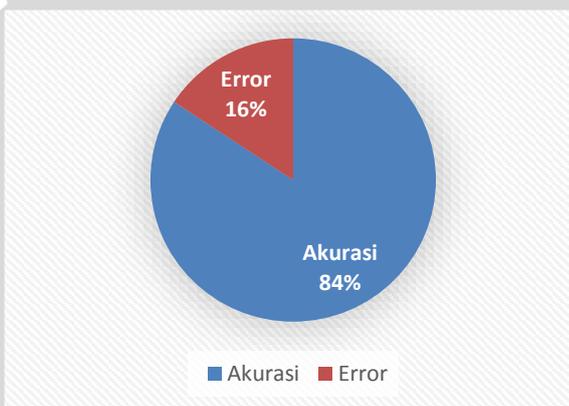
**Gambar 6.12 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Siring Barat**

Dari hasil pengujian pada tabel 6.5 didapatkan persentase error 5.04%, sehingga persentase tingkat akurasi logika *fuzzy* di Desa Siring Barat adalah 94.96%.



**Gambar 6.13 Tingkat Akurasi Logika *Fuzzy* Terhadap Data Penelitian di Desa Mindi**

Dari hasil pengujian pada tabel 6.6 didapatkan persentase error 6.66%, sehingga persentase tingkat akurasi logika *fuzzy* di Desa Mindi adalah 93%.



**Gambar 6.14 Tingkat Akurasi Logika *Fuzzy* Terhadap Data Penelitian di Desa Jatirejo**

Dari hasil pengujian pada tabel 6.7 didapatkan persentase error 15.71%, sehingga persentase tingkat akurasi logika *fuzzy* di Desa Jatirejo adalah 84%.

## BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini membahas kesimpulan yang diperoleh dari penelitian, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pengujian yang sudah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- 1) Sistem pendeteksi konsentrasi gas pencemar udara di udara ambien dapat dibuat menggunakan program berbasis grafik yaitu NI Labview dan dikombinasikan dengan produk keluaran NI lainnya berupa mikrokontroler MyRio.
- 2) Tingkat akurasi sistem pendeteksi kualitas udara ambien di wilayah terdampak lumpur lapindo dengan menggunakan metode logika *fuzzy* menunjukkan bahwa Desa Jatirejo memiliki tingkat akurasi data 84%, Desa Mindi memiliki tingkat akurasi data 93%, dan Desa Siring Barat memiliki tingkat akurasi data 95%.
- 3) Dari data sampel yang didapatkan, Desa Jatirejo memiliki rata-rata indeks kualitas udara 54.43 dengan rata-rata konsentrasi metana 4.60 ppm, Desa Mindi memiliki rata-rata indeks kualitas udara 41.95 dengan rata-rata konsentrasi metana 2.40 ppm, Desa Siring Barat memiliki rata-rata indeks kualitas udara 37.00 dengan rata-rata konsentrasi metana 15.18 ppm, karena konsentrasi metana yang melewati Baku Mutu Standar meskipun indeks kualitas udaranya aman, hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga wilayah tersebut masuk kedalam kategori Berbahaya.

### 7.2 Saran

Setelah menganalisa proses pengerjaan skripsi ini dari awal hingga akhir diharapkan untuk kedepannya dapat dikembangkan dan atau diperbaiki kekurangannya. Dari analisis hasil pengujian pada grafik gambar 6.7, gambar 6.8, gambar 6.9, gambar 6.10, dan gambar 6.11 menyatakan bahwa terdapat variabel lain yang mempengaruhi hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat yang diteliti. Variabel lain tersebut dapat berupa suhu, kelembaban udara, dan beberapa gas pencemar udara lainnya seperti  $SO_3$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $Pb$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  (Haryo, 2010). Oleh karena itu, diharapkan pengembangan lebih lanjut dapat mengetahui apakah variabel lainnya merupakan variabel yang disebutkan di atas.

## DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. (2010). *Draft Penyusunan Rencana Kontinjensi Bencana Lumpur Sidoarjo*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Dirjen PP dan PL Kemenkes RI. (2014). *Dampak Kesehatan Akibat Polusi Udara*. Jakarta: Prof. dr. Tjandra Yoga Aditama.
- Hamdi, A. S. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif Aplikasi dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Haryo, S. (2010). Dynamic and Geological-Ecological Spatial Planning Approach in Hot Mud Volcano Affected Area in Porong-Sidoarjo. *The Journal for Technology and Science*, 21(IPTeK), 2-3.
- Jin, Y. (2013). *Advanced Fuzzy Systems Design and Applications*. Germany: Physica Verlag.
- Khuliyah, D. C. (2014). Kualitas Udara, Fungsi Paru, dan Keluhan Pernapasan Ibu Rumah Tangga di Wilayah Terdampak dan Tidak Terdampak Semburan Lumpur Sidoarjo. *Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga*, 7(Jurnal Kesehatan Lingkungan), 90-97.
- Maulana, R. (2014). *Sensor dan Transduser*. Retrieved September 8, 2016, from maulana.lecture.ub.ac.id:  
<http://maulana.lecture.ub.ac.id/files/2014/11/sensor-dantransduser.pdf>
- Mohamed, A. R. et al. (2015). *Pengenalan kepada pencemaran udara*. Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia.
- National Instruments. (1997, Maret). *Fuzzy Logic for G Toolkit Reference Manual*. Austin, Austin: National Instruments.
- National Instruments. (2013, Juni). *Getting Started with LABVIEW*. Retrieved September 10, 2016, from National Instruments:  
[www.ni.com/pdf/manuals/373427j.pdf](http://www.ni.com/pdf/manuals/373427j.pdf)
- Peraturan Pemerintah. (1999). *Peraturan Pemerintah Tentang Pengendalian Pencemaran Udara NO 41 Tahun 1999*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Setiawan, G. E. (2014). *Arsip Materi Kuliah*. Retrieved September 10, 2016, from <http://gembong.lecture.ub.ac.id/materi-kuliah-artificialintelligence/>
- Sukandarrumidi. (2010). Pendahuluan. In *Bencana Alam dan Bencana Anthropogene* (p. 24). Yogyakarta: Kanisius.
- Upadhyaya, G., dan Dashore, N. (2011). Fuzzy logic based model for monitoring air quality index. *Indian Journal of Science and Technology*, 215-218.

## LAMPIRAN A DATA PENELITIAN

### A.1 Data Penelitian Desa Siring Barat

Data 1										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1	0.72	28.18	30.29	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya
2	6	0.70	27.18	29.56	1.50	3.30	22.99	25.00	25.91	Berbahaya
3	11	0.72	28.18	29.56	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya
4	16	0.72	28.18	29.56	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya
5	21	0.69	26.27	77.36	0.45	3.90	21.00	24.00	23.80	Berbahaya
6	26	0.72	27.18	29.56	1.50	3.70	21.50	25.00	25.91	Berbahaya
7	31	0.72	28.18	29.56	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya
8	36	0.72	28.18	29.56	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya
9	41	0.72	28.18	29.56	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya
10	46	0.72	28.18	29.56	1.60	3.30	22.99	26.00	26.14	Berbahaya

Data 2										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1	0.95	76.00	31.40	1.20	4.90	12.30	63.00	69.11	Berbahaya
2	6	0.96	78.03	31.37	1.24	4.90	12.50	62.00	69.18	Berbahaya
3	11	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
4	16	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
5	21	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
6	26	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
7	31	0.97	80.00	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
8	36	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
9	41	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya
10	46	0.97	79.45	30.29	1.60	4.50	14.77	63.00	70.46	Berbahaya

Data 3										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
2	6.00	0.69	26.50	18.10	2.45	6.50	6.40	24.00	27.34	Berbahaya
3	11.00	0.70	27.45	33.22	1.00	5.70	7.50	25.00	24.28	Berbahaya
4	16.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
5	21.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
6	26.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
7	31.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
8	36.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
9	41.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya
10	46.00	0.72	28.18	29.56	1.52	5.90	8.89	26.00	25.95	Berbahaya

Data 4										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
2	6.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
3	11.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
4	16.00	0.72	28.00	29.56	1.51	6.00	7.01	26.00	25.93	Berbahaya
5	21.00	0.73	29.15	18.20	2.00	5.50	9.25	27.00	27.00	Berbahaya
6	26.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
7	31.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
8	36.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
9	41.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya
10	46.00	0.72	28.18	29.56	1.51	6.10	8.29	26.00	25.93	Berbahaya

## A.2 Data Penelitian Desa Mindi

Data 1										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.70	27.05	55.25	0.78	11.30	1.88	25.00	23.80	Berbahaya
2	6.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
3	11.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
4	16.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
5	21.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
6	26.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
7	31.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
8	36.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
9	41.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya
10	46.00	0.72	28.18	29.56	1.50	10.00	2.71	26.00	26.14	Berbahaya

Data 2										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.98	80.05	16.70	3.00	10.50	2.49	63.00	71.04	Berbahaya
2	6.00	0.98	80.05	17.93	2.50	10.41	2.50	63.00	71.04	Berbahaya
3	11.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
4	16.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
5	21.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
6	26.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
7	31.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
8	36.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
9	41.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya
10	46.00	0.97	79.45	30.89	1.49	10.50	2.49	63.00	69.88	Berbahaya

Data 3										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.83	40.00	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
2	6.00	0.85	45.30	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
3	11.00	0.88	53.51	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
4	16.00	0.89	53.82	33.22	1.04	11.60	1.11	37.00	39.61	Berbahaya
5	21.00	0.89	53.82	30.89	1.49	11.00	2.29	42.00	42.23	Berbahaya
6	26.00	0.89	53.82	31.37	1.23	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
7	31.00	0.89	53.82	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
8	36.00	0.92	53.82	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
9	41.00	0.92	53.82	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya
10	46.00	0.92	53.82	30.89	1.49	11.00	2.29	49.00	47.09	Berbahaya

Data 4										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
2	6.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
3	11.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
4	16.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
5	21.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
6	26.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
7	31.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
8	36.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
9	41.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya
10	46.00	0.72	28.18	29.56	1.51	11.02	2.21	26.00	25.93	Berbahaya

### A.3 Data Penelitian Desa Jatirejo

Data 1										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/m3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.70	27.10	29.56	1.52	6.40	6.00	25.00	25.95	Berbahaya
2	6.00	0.73	27.55	29.56	1.52	6.70	5.00	25.00	25.95	Berbahaya
3	11.00	0.72	28.12	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
4	16.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
5	21.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
6	26.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
7	31.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
8	36.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
9	41.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya
10	46.00	0.72	28.18	29.56	1.50	6.20	6.76	26.00	25.91	Berbahaya

Data 2										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/m3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	1.72	182.15		1.40	6.70	5.00	144.00	114.16	Berbahaya
2	6.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
3	11.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
4	16.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
5	21.00	1.72	182.30	30.29	1.60	6.50	5.40	144.00	114.97	Berbahaya
6	26.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
7	31.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
8	36.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
9	41.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya
10	46.00	1.72	182.01	30.89	1.49	6.60	5.15	144.00	114.54	Berbahaya

Data 3										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/mg3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
2	6.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
3	11.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
4	16.00	0.90	54.50	25.48	2.01	8.40	3.55	50.00	68.32	Berbahaya
5	21.00	0.92	55.01	23.09	1.57	7.20	3.94	51.00	68.37	Berbahaya
6	26.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
7	31.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
8	36.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
9	41.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya
10	46.00	0.89	53.82	25.48	1.55	7.20	3.94	49.00	46.83	Berbahaya

Data 4										
No	Waktu (detik)	Tegangan Sensor (Volt)	Debu (PM10)(ug/m3)	Rasio (Rs/Ro)	CO (ppm)	Rasio (Rs/Ro)	Metana (ppm)	Kualitas Udara (Linear interpolation)	Kualitas Udara (Fuzzy Logic)	Kategori
1	1.00	0.70	27.00	29.56	1.50	10.20	2.53	25.00	25.91	Berbahaya
2	6.00	0.72	28.09	29.56	1.50	9.80	2.90	26.00	25.91	Berbahaya
3	11.00	0.72	28.18	29.56	1.50	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
4	16.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
5	21.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
6	26.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
7	31.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
8	36.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
9	41.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya
10	46.00	0.72	28.18	28.29	1.63	9.80	2.90	26.00	26.20	Berbahaya