

## Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Ambien Di Kawasan Lumpur Lapindo Dengan Menggunakan Logika Fuzzy

Reza Hastuti<sup>1</sup>, Edita Rosana Widasari<sup>2</sup>, Barlian Henryranu Prasetyo<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>reza.hastuti22@gmail.com, <sup>2</sup>editarosanaw@ub.ac.id, <sup>3</sup>barlian@ub.ac.id

### Abstrak

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 ke dalam kategori Berbahaya.

**Kata Kunci:** logika fuzzy, metana, partikel debu, CO, pencemaran udara, udara ambien.

### Abstract

*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.*

**Keywords:** fuzzy logic, methane, dust particle, CO, ambient air pollution.

### 1. PENDAHULUAN

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 ( $\text{CH}_4$ ) dan Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) (BNPB, 2010). Konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) 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 (Sulistyarso, 2010). Selain itu, Pencemaran udara 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 (Diyana, 2014). Hal ini membuktikan bahwa wilayah yang memiliki tingkat pencemaran udara 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 dan emisi sumber tidak bergerak 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, perlu dirancang suatu sistem yang dapat mengkategorikan tingkat bahaya dari konsentrasi parameter pencemar udara tersebut menjadi beberapa kategori yang lebih bervariasi sehingga status kualitas udara di kawasan terdampak lumpur dapat dikategorikan berdasarkan konsentrasi parameter pencemar udara.

## 2. METODELOGI

### 2.1 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.

### 2.2 Langkah-langkah Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini, dibagi beberapa perancangan yaitu perancangan *hardware* dalam pembuatan sistem ini meliputi perancangan sensor MQ-4, sensor MQ-7, dan sensor debu, perancangan *software* dalam pembuatan sistem ini adalah perancangan *user interface* dan pengolahan data sensor dengan menggunakan pemrograman NI Labview. dan 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

### 2.3 Penarikan Kesimpulan

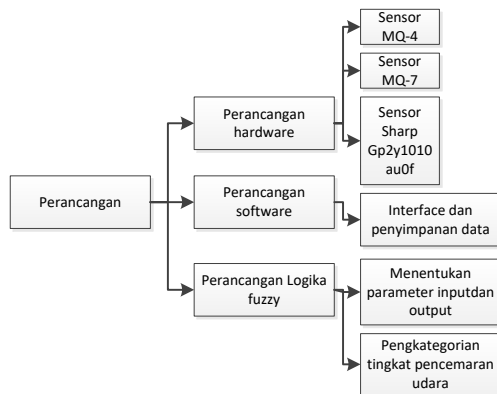
Kesimpulan didapatkan setelah melakukan perancangan, implementasi, pengujian dan analisis terhadap sistem. Kesimpulan ini ditentukan berdasarkan dari hasil pengujian dan analisis yang dibuat.

## 3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada tahap perancangan terbagi menjadi tiga bagian yaitu perancangan *hardware*, perancangan *software*, dan perancangan logika *fuzzy*. Seperti digambarkan pada gambar 1.

Berdasarkan pada gambar 1 Alur Perancangan Sistem, pada perancangan *hardware* dilakukan perancangan rangkaian 3 sensor yaitu, sensor MQ-4 (sensor metana), sensor MQ-7 (sensor karbon monoksida) dan sensor SHARP GP2Y1010AU0F (sensor partikel debu). Pada perancangan *software* dilakukan perancangan interface system dan

penyimpanan data yang didapatkan dari ketiga sensor diatas. Pada bagian perancangan logika fuzzy, dengan menggunakan fuzzy logic toolkit pada software NI Labview. metana, CO, dan partikel debu dijadikan sebagai parameter dalam menentukan kategori pencemaran udara.



Gambar 1 Alur Perancangan Sistem

Dalam mengkategorikan tingkat pencemaran udara digunakan standar internasional indeks standar kualitas udara AirNow dari EPA (Environmental Protection Agency) Amerika Serikat.

Tabel 1 AirNow dari EPA (Environmental Protection Agency)

| Indeks  | SO <sub>2</sub> (ppm) | NO <sub>2</sub> (ppm) | CO (ppm)  | O <sub>3</sub> (ppm) | PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> ) |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------|----------------------|---------------------------------------|
| 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: (Gopal Upadhyaya, 2011)

Terdapat perhitungan manual dalam menentukan tingkat pencemaran udara dari beberapa parameter yang diambil.

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib \quad (1)$$

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

Tabel 1 digunakan sebagai acuan dalam menentukan batas atas dan batas bawah. Perhitungan manual ini dapat menjadi acuan

dalam mengetahui tingkat akurasi logika fuzzy yang dibuat. Contoh perhitungan manual indeks kualitas udara dengan menggunakan rumus 1:

Diketahui (PM<sub>10</sub>) = 28.18 ug/m<sup>3</sup> dan CO = 1.60 ppm.

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

$$I_{debu} = 26$$

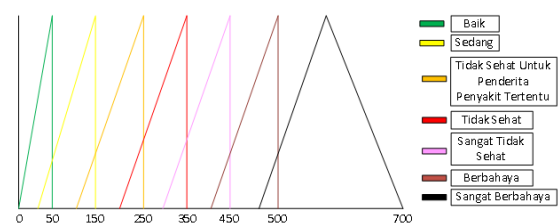
$$I_{co} = \frac{50 - 0}{4.4 - 0} (1.60 - 0) + 0$$

$$I_{co} = 18$$

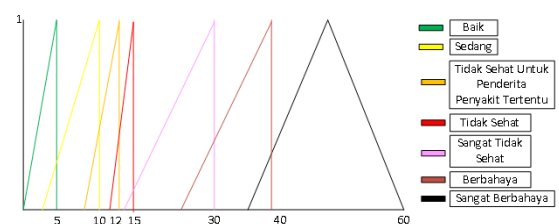
Perancangan fuzzy dilakukan melalui tiga tahap, yaitu *Fuzzyfication*, *Inference*, dan *Defuzzyfication*.

#### a) Fuzzyfication

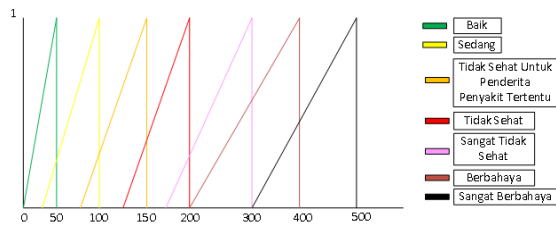
*Fuzzyfication* atau fuzzyfikasi merupakan proses pengolahan nilai input crisp menjadi nilai input fuzzy. Sistem pendeteksi kualitas udara dirancang dengan menggunakan dua variabel input, yaitu partikel debu dan CO. Sedangkan variabel output adalah kategori kualitas udara yang direpresentasikan kedalam 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 tahap ini terdiri dua perancangan yaitu perancangan input dan output.



Gambar 2 Rancangan Membership Function Partikel Debu



Gambar 3 Rancangan Membership Function Partikel CO



Gambar 4 Rancangan *Membership Function* Kualitas Udara

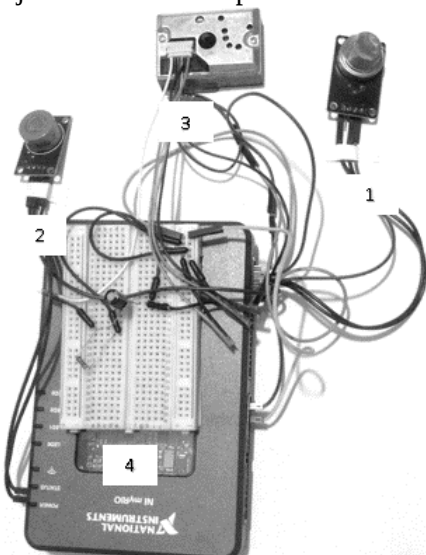
#### b) *Rule based* dan inferensi fuzzy

Pada tahap rule based dan inferensi fuzzy ditentukan beberapa aturan yang menjadi penghubung antara masukan dan keluaran dari logika fuzzy. Sistem ini memiliki membership 7x7 sehingga jumlah *rule* yang dimiliki adalah sebanyak 49 *rule*.

#### c) *Defuzzification*

Tahap defuzzification merupakan tahap pemetaan yang dilakukan terhadap himpunan fuzzy ke himpunan tegas (crisp). metode defuzzifikasi yang dipilih adalah *Center-of-Gravity (COA)* atau *Center-of-Area (CoA)*.

Setelah tahap perancangan logika fuzzy, selanjutnya adalah tahap implementasi. Implementasi dilakukan sesuai dengan perancangan yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada implementasi hardware, semua komponen sistem dihubungkan pada mikrokontroler NI Myrio. Gambar 2 menunjukkan hasil dari implementasi hardware.

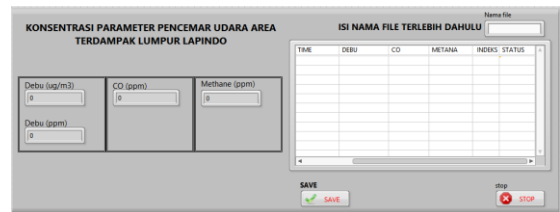


Gambar 5 Implementasi Hardware

Keterangan:

- (1) Sensor mq-4
- (2) Sensor mq-7
- (3) Sensor Sharp GP2Y1010AU0F
- (4) NI Myrio

Pada implementasi software, pengkodean dalam merancang *interface* dan penyimpanan data dilakukan dengan menggunakan Software NI Labview. Gambar 3 menunjukkan *interface* sistem, data dari sensor ditampilkan pada masing-masing indikator yang telah dibuat.

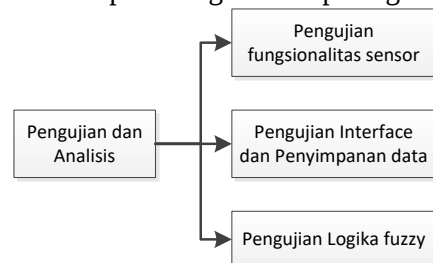


Gambar 6 Interface Sistem

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.

## 4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

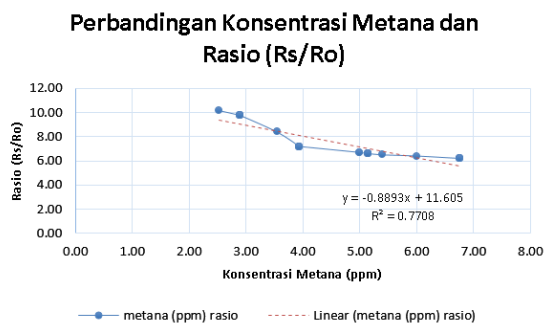
Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa bagian sebagaimana digambarkan pada diagram alir pada gambar 7.



Gambar 7 Alur Pengujian dan Analisis

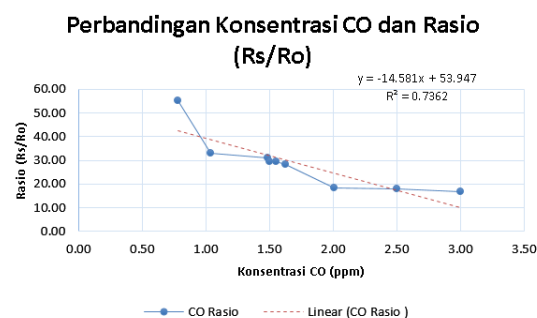
Pada pengujian pertama, dilakukan pengujian terhadap fungsionalitas sensor MQ-4, sensor MQ-7 dan sensor SHARP GP2Y1010AU0F.

Hasil pengujian data sensor MQ-4 dapat dilihat pada gambar 5 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari perbandingan Rasio ( $R_s/R_o$ ) dan konsentrasi metana. 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 8 Hasil Pengujian Sensor Mq-4

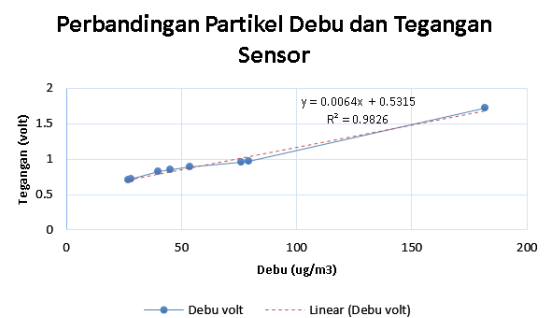
Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sensor MQ-7 didapatkan data sampel di Desa Jatirejo, Desa Mindi, dan Desa Siring Barat. Dari grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-7 diketahui bahwa semakin tinggi nilai Rasio (Rs/Ro) yang didapatkan maka semakin kecil nilai konsentrasi CO. Dari data hasil pengujian menunjukkan karakteristik yang sama, Pada gambar 6 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari hasil pengujian berupa 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  $R^2 = 0.7362$ . R2 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 9 Hasil Pengujian Sensor MQ-7

Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sensor Sharp GP2Y1010AU0F didapatkan data sampel di Desa Jatirejo, Desa Mindi, dan Desa Siring Barat. Dari grafik karakteristik sensitivitas sensor Sharp GP2Y1010AU0F 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 7 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  $R^2 = 0.9826$ . R2 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 10 Hasil Pengujian Sensor SHARP GP2Y1010AU0F

Kemudian dilanjutkan dengan pengujian *interface* dan penyimpanan data. Hasil pengujian direpresentasikan kedalam tabel 2. Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa sistem *interface* dan penyimpanan data dapat memenuhi kebutuhan pengguna sebagaimana mestinya.

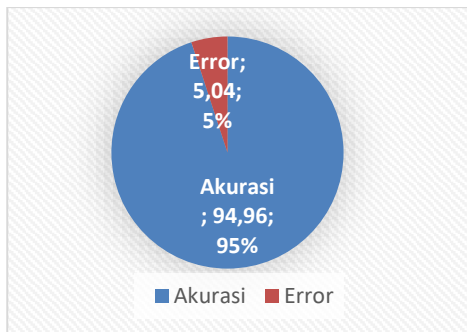
Tabel 2 Hasil Pengujian *interface* dan Penyimpanan Data

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

Pada pengujian logika *fuzzy* dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan lokasi pengujian yaitu Desa Siring Barat, Mindi, dan Jatirejo. Pada pengujian ini, diuji tingkat akurasi indeks kualitas udara dari sistem *fuzzy* terhadap perhitungan manual linear interpolasi dengan menggunakan rumus (1). Dari hasil pengujian didapatkan persentase akurasi sebagai berikut:

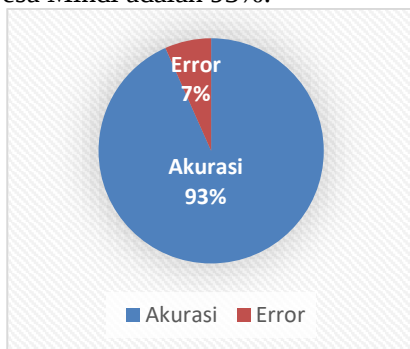
- 1) Gambar 8 merupakan persentase akurasi logika *fuzzy* di Desa Siring Barat, didapatkan persentase error 5.04%,

sehingga persentase tingkat akurasi logika fuzzy di Desa Siring Barat adalah 94.96%.



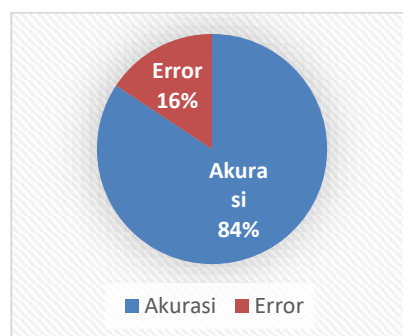
Gambar 11 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Siring Barat

- 2) Gambar 9 merupakan persentase akurasi logika fuzzy di Desa Mindi, didapatkan persentase error 6.66%, sehingga persentase tingkat akurasi logika fuzzy di Desa Mindi adalah 93%.



Gambar 12 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Mindi

- 3) Gambar 10 merupakan persentase akurasi logika fuzzy di Desa Jatirejo, didapatkan persentase error 15.71%, sehingga persentase tingkat akurasi logika fuzzy di Desa Jatirejo adalah 84%.



Gambar 13 Tingkat Akurasi Logika Fuzzy Terhadap Data Penelitian di Desa Jatirejo

## 5. 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%.

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.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- BNPB, 2010. *Draft Penyusunan Rencana Kontinjensi Bencana Lumpur Sidoarjo*, s.l.: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Diyannah, K. 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 ), pp. 90-97.
- Gopal Upadhyaya, N. D., 2011. Fuzzy logic based model for monitoring air quality index. *Indian Journal of Science and Technology*, pp. 215-218.
- Hamdi, A. S., 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif Aplikasi dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sulistyarso, H., 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), pp. 2-3.