

# Sistem Peringatan Dini untuk Deteksi Kebakaran pada Kebocoran Gas Menggunakan *Fuzzy Logic Control*

Wahyu Dirgantara, Hadi Suyono, dan Onny Setyawati

**Abstract**—Fire accidents, due to the leakage of LPG gasses, should be avoided; therefore a system that can anticipate the accident is necessary. A system consisting of two sensors and three actuators is designed. MQ5 sensor served as a gas sensor to detect gas concentration of 200 – 10000 ppm. LM35 sensor served as a temperature sensor in range of -55–140°C. Output system consisted of a buzzer and two fans. System measurement is performed by modeling a cube for three conditions. The results show that the system created using fuzzy logic control can work on three conditions: 45 ppm is detected at 30.49°C (no leakage gas), 70 ppm is detected by increasing temperature up to 31.49°C (no leakage gas), leakage gas of 1200 ppm caused the decreased of the temperature to 28.13°C.

**Index Terms**—Fire, LPG, Sensor, Buzzer, Fan, Fuzzy logic Control.

**Abstrak**—Kebakaran yang disebabkan karena kebocoran gas LPG perlu untuk dihindari, maka dibuatlah sistem untuk mengantisipasi kejadian tersebut. Sistem ini terdiri dari dua sensor dan tiga aktuator, antara lain sensor MQ5 sebagai sensor gas LPG dengan *range* untuk konsentrasi gas LPG 200–10000 ppm. sensor LM35 sebagai sensor suhu dengan *range* -55°C–150°C. *Output* dari sistem terdiri dari tiga, antara lain *buzzer* sebagai pemberi informasi berupa suara, *fan 1* berfungsi sebagai *blower* dan *fan 2* berfungsi sebagai alat untuk menjaga suhu ruangan sekaligus *blower* ke 2. Pengujian sistem dilakukan dengan memodelkan sebuah kubus dan mensimulasikan pada 3 kondisi yang berbeda. Hasil penelitian didapatkan bahwa sistem yang dibuat dengan menggunakan *fuzzy logic control* dapat bekerja pada 3 kondisi, antara lain tanpa gas 45 ppm dengan suhu tetap 30,49°C, tanpa gas 70 ppm dengan kondisi suhu naik 31,49°C, dan kebocoran gas 1200 ppm dengan kondisi suhu turun 28,13.

**Kata Kunci**— Kebakaran, LPG, Sensor, Buzzer, Fan, Fuzzy Logic Control, Aktuator.

## I. PENDAHULUAN

**S**MART Home adalah sistem yang dirancang untuk meringankan aktifitas penghuni rumah dalam mengamankan rumah dari bahaya kebocoran gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). LPG merupakan bahan bakar yang terdiri dari senyawa hidrokarbon atau dikenal sebagai *butana* ( $C_4H_{10}$ ), *propane* ( $C_3H_8$ ) dan *isobutana* (campuran *butana* dan *propane*) yang digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah. Sifat dari *LPG* adalah mudah menguap di atas suhu

24°C, mudah terbakar dan mempunyai bau yang tidak sedap [1].

Peringatan dini diperlukan untuk menanggulangi masalah kebocoran gas LPG yang dapat menyebabkan kebakaran. Untuk itu perlu dikembangkan suatu sistem kendali yang mampu mengatur sistem secara otomatis untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas LPG. Penggunaan logika *fuzzy* dalam sistem kendali sudah bukan merupakan hal yang baru, sudah banyak aplikasi sistem kendali yang menggunakan teori logika *fuzzy*[2][3][4]. Kemajuan penggunaan logika *fuzzy* dalam sistem kendali ini diiringi dengan perkembangan teknik sistem kendali logika *fuzzy*, salah satunya adalah logika *fuzzy* adaptif. Dalam pembuatan kendali logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan antara fuzzifikasi adalah proses memetakan nilai *crisp* ke dalam himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaan, inferensi adalah strategi pengambilan kesimpulan dan defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari himpunan *fuzzy* hasil inferensi ke dalam aksi kendali non *fuzzy*[2].

Sistem ini dirancang dengan menggunakan sensor MQ5 untuk mengidentifikasi adanya gas LPG, sensor LM35 untuk mengidentifikasi suhu dan Arduino sebagai mikrokontroler. Sensor gas MQ5 dan sensor suhu LM35 dihubungkan ke ADC internal mikrokontroler kemudian keluaran dari kedua sensor tersebut di-*fuzzy*-kan untuk menjalankan *buzzer* dan *fan*.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Gas LPG

LPG mempunyai karakteristik berupa bau yang tidak sedap bila terjadi kebocoran, cepat menguap di udara pada suhu di atas 24°C dan mudah terbakar, sehingga sangat berbahaya apabila terjadi kebocoran di dalam ruang tertutup dengan suhu 30 °C dan berpotensi menyebabkan kebakaran apabila terdapat percikan api. LPG yang ada di dalam tabung berwujudnya cair dan sebagian berwujud uap. Namun apabila gas tersebut dikeluarkan dari tabung, wujudnya berubah gas.

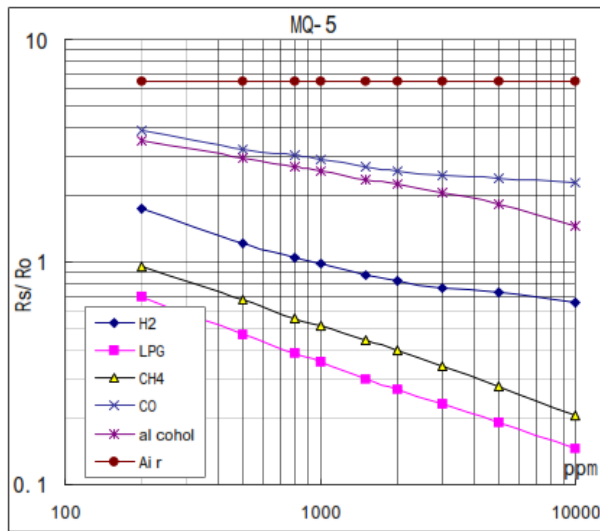
Temperatur nyala dari bahan bakar gas pada umumnya antara 450 °C sampai dengan 650 °C . Temperatur nyala untuk *propane* adalah 510 °C , sedangkan *butane* adalah 460°C. Apabila ada LPG yang terlepas atau bocor dari tabung gas ke udara bebas, gas tersebut tidak akan terbakar dengan sendirinya. Karena temperatur udara bebas biasanya sekitar 27°C. Untuk menimbulkan nyala pada peralatan yang menggunakan bahan bakar gas, misalnya kompor gas harus dengan

Wahyu Dirgantara, Hadi Suyono, and Onny Setyawati are with the Electrical Engineering Department of Brawijaya University, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0341-554166; email [wahyudirgantara776@yahoo.co.id](mailto:wahyudirgantara776@yahoo.co.id)).

menggunakan alat penyalta atau pematik api. [5].

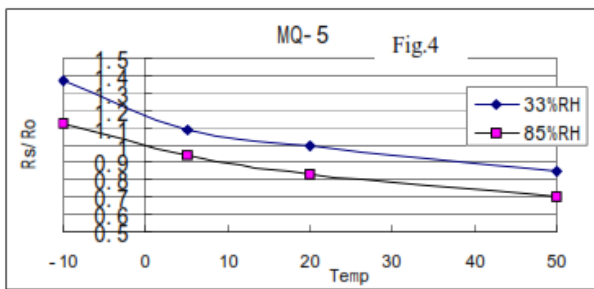
**B. Sensor MQ5**

Sensor MQ5 merupakan sensor dengan lapisan semikonduktor logam oksida yang terbentuk di atas sebuah substrat alumina pada sebuah sensing chip bersama dengan sebuah pemanas yang terintegrasi. Sensor ini bekerja dengan diberikan tegangan 5V dan perubahan outputnya berdasarkan perubahan resistansinya terhadap gas LPG pada konsentrasi di udara antara 200 – 10000 ppm. Resistansi sensor dapat dilihat pada Gambar 1a. Sedangkan pengaruh suhu dan humiditas lingkungan terhadap resistansi sensor MQ5 dapat dilihat pada Gambar 1b [6].



Gambar 1a Resistansi MQ5 terhadap Konsentrasi Gas LPG [6]

Pada Gambar 1a. hubungan antara resistansi sensor (Rs) dengan resistansi sensor pada saat mengukur LPG 1000 ppm pada suhu 20 °C, dimana Rs merupakan resistansi sensor pada konsentrasi tertentu dan Ro merupakan resistansi sensor pada 1000 ppm H2 di udara terbuka.



Gambar 1b Resistansi MQ5 terhadap Suhu dan Humiditas [6]

Pada gambar 1.b. diperlihatkan bahwa linierisasi dapat dilakukan dari rentang 10°C sampai dengan 50°C

Untuk menentukan nilai dari resistansi sensor pada konsentrasi digunakan Persamaan 1 [6].

$$R_s = \frac{V_c - V_{R_L}}{V_{R_L}} \times R_L \tag{1}$$

dimana:

$$R_s = \text{Tahanan Sensor } (\Omega)$$

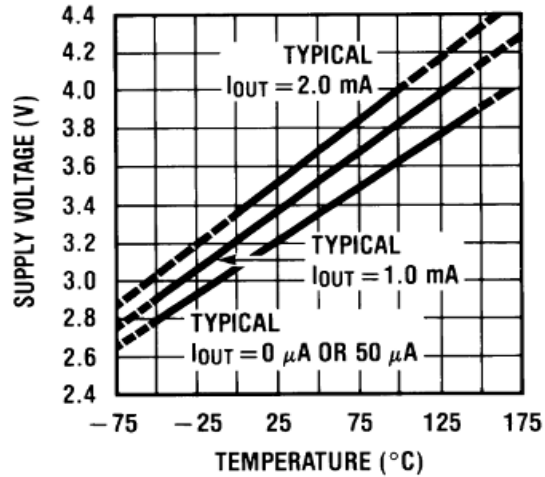
$$v_c = \text{Tahanan Sumber (V)}$$

$$v_{R_L} = \text{Tegangan Beban (V)}$$

$$R_L = \text{Tahanan Beban } (\Omega)$$

**C. Sensor LM35**

Sensor suhu LM35 merupakan komponen elektronik berbentuk chip IC dengan 3pin yang berguna untuk mengubah besaran fisis dari suhu menjadi tegangan. Sensor ini memiliki parameter setiap kenaikan 1°C tegangan keluarannya naik sebesar 10 mV dengan batas maksimal keluaran sensor adalah 1,5 V. Resistansi sensor LM35 dapat dilihat pada Gambar 2 [7][8].



Gambar 2 Resistansi Tegangan terhadap Temperatur [7]

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

- Akurasi kalibrasi 0,5°C pada suhu 25°C.
- Jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai dengan +150°C.
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 Volt.
- Low-heating kurang dari 0,1°C pada udara diam.
- Ketidak linieran hanya sekitar ±1/4°C

Persamaan yang digunakan untuk menentukan tegangan output hasil pengukuran menggunakan persamaan 2 [7].

$$V_{Out} = 10mV \times T \tag{2}$$

dimana:

$$V_{Out} = \text{Output LM35 (V)}$$

$$T = \text{Temperature } (^\circ\text{C})$$

**D. Mikrokontroler**

Dalam penelitian ini mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler tipe Arduino. Arduino adalah papan rangkaian elektronik (*electronic board*) *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu, sebuah *chip* mikrokontroler.

Mikrokontroler itu sendiri adalah sebuah *chip* atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Program yang direkam bertujuan agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses, dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. *Output* bisa berupa sinyal, besaran tegangan, lampu, suara, getaran, gerakan, dan sebagainya [9].

TABEL I  
SPESIFIKASI *HARDWARE* ARDUINO [9]

Mikrokontroler	Atmega328
Opening Voltage (logic level)	5 Volt
Input Voltage (recommended)	7-12 Volt
Input Voltage (limits)	6-20 Volt
Digital I/O Pins	14
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current per 3,3 V pin	50 mA
Flash Memory	32 kb
SRAM	2 kb
EEPROM	1 kb
Clock Speed	16 MHz

### E. Fuzzy Logic

*Fuzzy logic* atau logika *fuzzy* merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output* [3][4].

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinier* yang sangat kompleks.
5. Dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses latihan.
6. Dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Metode SUGENO hampir sama dengan penalaran MAMDANI, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier [3][4].

a. Persamaan Orde-Nol  
IF ( $x_1$  is  $A_1$ ) • ( $x_2$  is  $A_2$ ) • ( $x_3$  is  $A_3$ ) • ..... • ( $x_N$  is  $A_N$ ) THEN  $z=k$  (3)

b. Persamaan Orde-Satu  
IF ( $x_1$  is  $A_1$ ) • ..... • ( $x_N$  is  $A_N$ ) THEN  $z = P_1*x_1 + \dots + P_N*x_N + q$  (4)

Proses agresi dan defuzzy untuk mendapatkan nilai tegas sebagai *output* untuk  $M$  aturan *fuzzy* juga dilakukan dengan melakukan rata-rata terbobot, yaitu [3][4]:

$$z = \frac{\sum_{k=1}^M \alpha_k z_k}{\sum_{k=1}^M \alpha_k} \quad (5)$$

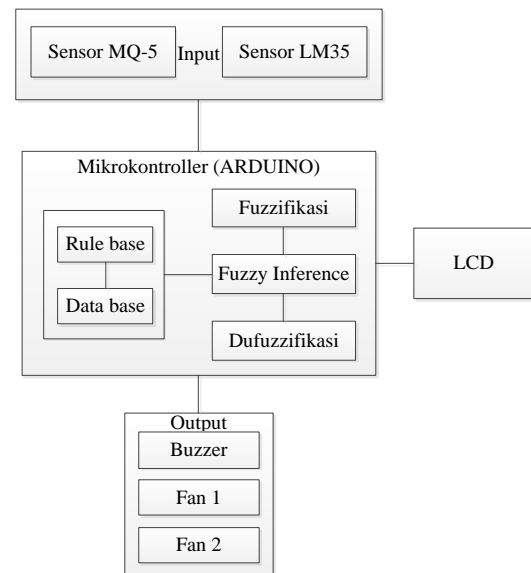
## III. METODE DAN ANALISA HASIL

### A. Blok Diagram Sistem

Perancangan pada penelitian ini terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perangkat keras dipergunakan untuk mengubah nilai *output* dari sensor (mengubah data *analog* menjadi data *digital*) untuk menjalankan *output* (*buzzer*, *fan 1* dan *fan 2*). Perangkat lunak dipergunakan

untuk mengendalikan sistem kendali *fuzzy logic control* yang akan mengatur *output* alat. Metode yang digunakan adalah *fuzzy logic* Sugeno dengan menggunakan persamaan orde nol, sehingga akan membuat kerja dari *output* akan maksimal.

Secara umum blok diagram sistem peringatan dini pada yang dibuat adalah sebagai dapat dilihat pada Gambar 3.

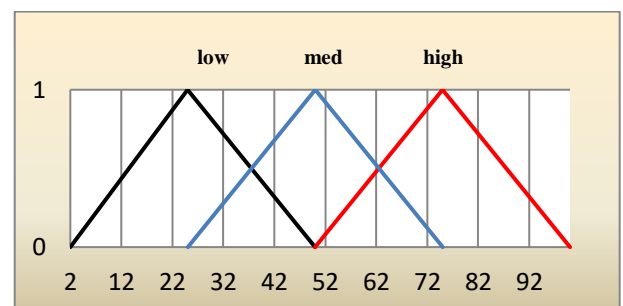


Gambar 3 Blok Diagram Sistem Peringatan Dini

### B. Variabel Fuzzy

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua *input* (konsentrasi gas LPG dan suhu) dan satu *output* (*buzzer*, *fan 1* dan *fan 2*). Nilai yang digunakan untuk variabel *input* merupakan nilai dari *datasheet* sensor yang dianggap mewakili keadaan yang sebenarnya.

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* input *low*, *medium* dan *high* dari variabel konsentrasi gas LPG direpresentasikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Variabel Input Konsentrasi Gas LPG

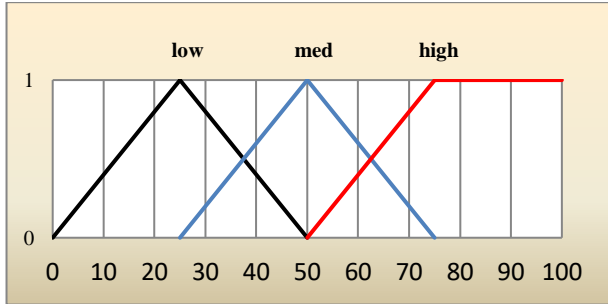
Nilai pada variabel konsentrasi gas LPG merupakan nilai batas maksimal sensor MQ-5 yang diskalakan ( $\times 100$ ).

$$\mu_L[x] = \begin{cases} 0; & x = 2 \text{ atau } x > 50 \\ \frac{x}{25}; & 2 \leq x \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25}; & 25 < x \leq 50 \\ 0; & x < 25 \text{ atau } x > 75 \end{cases}$$

$$\mu_M[x] = \begin{cases} \frac{x-50}{50-25}; & 25 \leq x \leq 50 \\ \frac{75-x}{75-50}; & 50 < x \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_H [x] = \begin{cases} 0; & x < 50 \\ \frac{x-50}{75-50}; & 50 \leq x \leq 75 \\ \frac{100-x}{100-75}; & 75 < x \leq 100 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy input low, medium dan high* direpresentasikan pada Gambar 5.



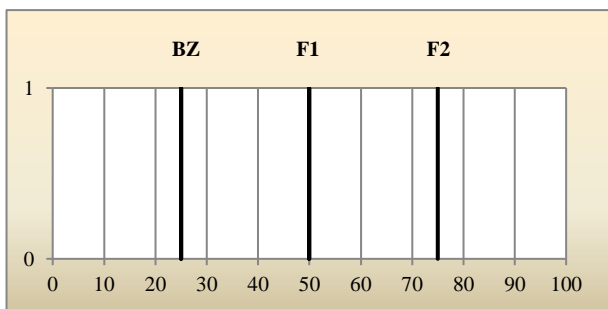
Gambar 5 Fungsi Keanggotaan Variabel Input Suhu

$$\mu_L [x] = \begin{cases} 0; & x = 0 \text{ atau } x > 50 \\ \frac{x}{25}; & 0 \leq x \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25}; & 25 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_M [x] = \begin{cases} 0; & x < 25 \text{ atau } x > 75 \\ \frac{x-25}{50-25}; & 25 \leq x \leq 50 \\ \frac{75-x}{75-50}; & 50 < x \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_H [x] = \begin{cases} 0; & x < 50 \\ \frac{x-50}{75-50}; & 50 \leq x \leq 75 \\ 1; & 75 < x \end{cases}$$

Fungsi himpunan keanggotaan *fuzzy output buzzer, fan 1 dan fan 2* direpresentasikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Fungsi Keanggotaan Variabel Output

$$\mu_{BZ} [x] = \begin{cases} 1; & x = 1 - 25 \\ 0; & x < 1 \text{ atau } x > 25 \end{cases}$$

$$\mu_{F1} [x] = \begin{cases} 1; & x = 26 - 50 \\ 0; & x < 26 \text{ atau } x > 50 \end{cases}$$

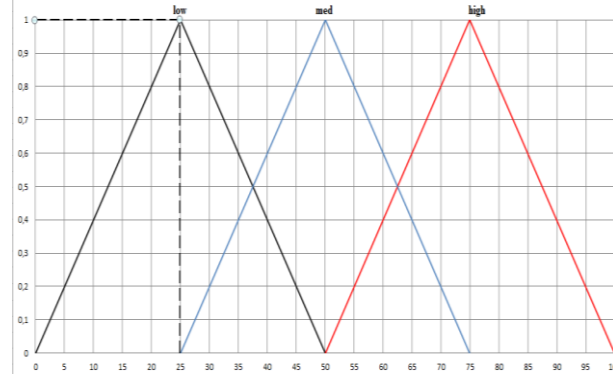
$$\mu_{F2} [x] = \begin{cases} 1; & x = 51 - 75 \\ 0; & x < 51 \text{ atau } x > 75 \end{cases}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan nilai secara acak pada *input* konsentrasi gas dan suhu:

a. Proses Fuzzifikasi

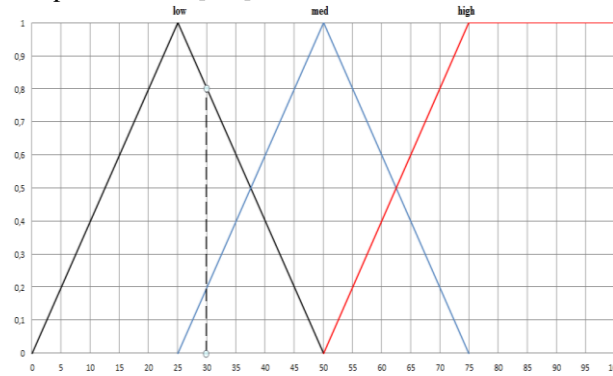
Fuzzifikasi merupakan proses memetakan nilai *crisp* (numerik) ke dalam himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaannya di dalam himpunan *fuzzy*.

Variabel *input* konsentrasi gas LPG bernilai 25 ppm dan variabel suhu bernilai 30°C.



Gambar 7 Fungsi Keanggotaan Variabel Konsentrasi Gas LPG 25ppm

Gambar 7 menunjukkan fungsi keanggotaan variabel konsentrasi gas LPG dengan nilai keanggotaan himpunan *low*, x [*low*]=1.



Gambar 8 Fungsi Keanggotaan dari Variabel Suhu 30 °C

Gambar 8 menunjukkan fungsi keanggotaan variabel suhu dengan nilai keanggotaan himpunan *medium* x [*low*]=0,8 dan x [*med*]=0,2.

b. Inferensi

Inferensi merupakan proses mendapatkan keluaran dari *IF THEN rule*. Dalam analisis penelitian ini sistem inferensi menggunakan orde nol (0).

**IF** konsentrasi gas LPG low **AND** suhu med

**THEN** ..... Peringatan Dini = F1

Nilai  $\alpha$ -predikat adalah

$$A = \min (1 ; 0,2) = 0,2$$

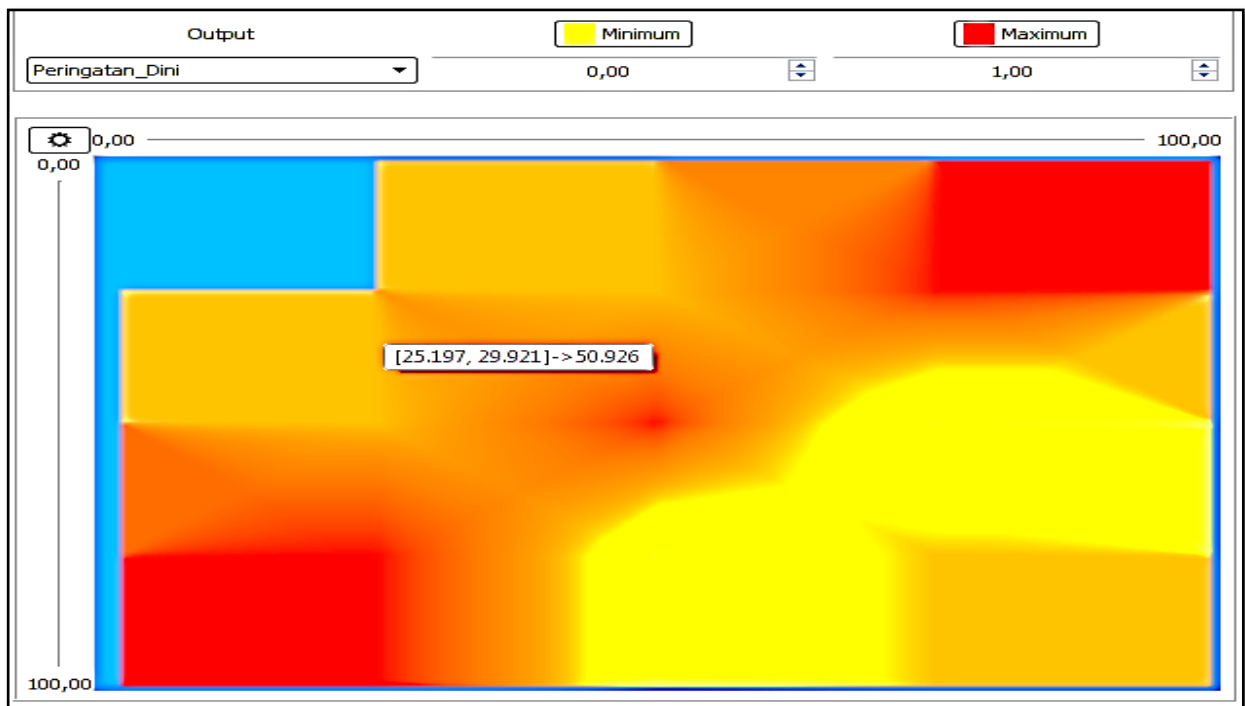
Nilai **z** = 50

c. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses memetakan besaran dari himpunan *fuzzy* ke dalam bentuk nilai *crisp*.

**z** = 50

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa metode *fuzzy sugeno* mempunyai nilai 50 yang artinya *output* yang bekerja adalah *fan 1*.



Gambar 9 Hasil Simulasi Software *qtfuzzylite* dengan Tampilan 2D

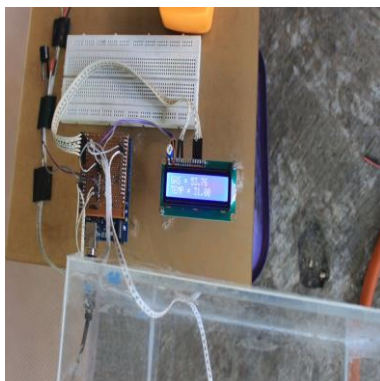
### C. Analisis Software *Qtfuzzylite*

Software *qtfuzzylite* merupakan aplikasi *open source* untuk melakukan analisis *fuzzy*. Berikut adalah Grafik hasil analisis yang ditampilkan berupa grafik 2D. Seperti terlihat pada Gambar 9. Terdapat tiga nilai dan dua warna yang berbeda. Pada gambar diatas yang ditunjukkan arah panah menandakan bahwa pada titik tersebut terdapat konsentrasi gas LPG 25,197 ppm, suhu 29,921°C, nilai defuzzifikasi 50,926 dan *output* peringatan dini yang bekerja adalah *fan 1*. Sedangkan untuk warna kuning adalah *output* minimum dan merah adalah *output* maximum.

Nilai dari hasil simulasi yang diperlihatkan pada Gambar 9 merupakan nilai dari contoh hasil *output* peringatan dini.

### D. Pengujian Alat

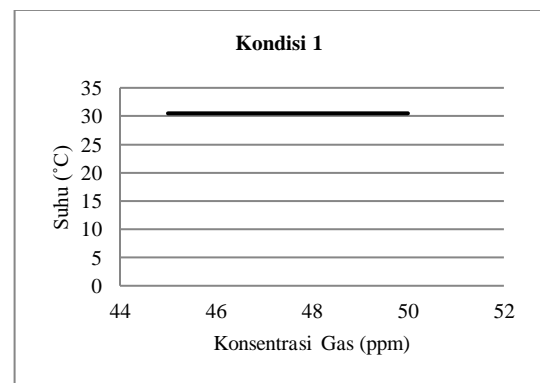
Pengujian kebocoran gas LPG dimodelkan pada kubus berukuran 30 cm yang dilakukan pada tiga kondisi berbeda. Waktu secara keseluruhan yang digunakan adalah 15 menit dengan setiap 5 menit perubahan kondisi.



Gambar 10 Pengujian Pada Kondisi Dua

Grafik pengujian alat dari masing-masing kondisi diperlihatkan pada gambar berikut:

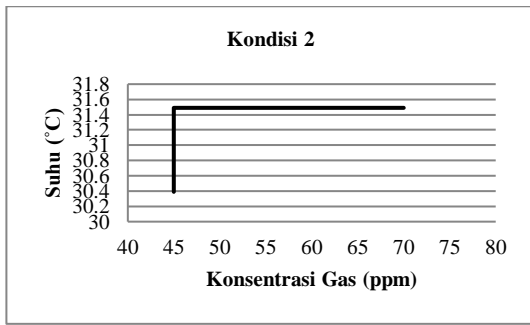
- Kondisi 1 (5 menit pertama) merupakan kondisi dimana kubus tidak diberi konsentrasi gas LPG dan suhu kubus tetap (tidak mengalami kenaikan). *Output* (*buzzer*, *fan 1* dan *fan 2*) pada peringatan dini tidak ada yang bekerja sama sekali. Grafik hasil pengujian pada kondisi 1 direpresentasikan pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Kondisi 1

Pada Gambar 11, menunjukkan nilai suhu pada kondisi 1 diawali dengan 30°C, konsentrasi gas LPG 45 ppm sampai dengan 50 ppm. Didapatkan hasil bahwa perubahan hanya terjadi pada konsentrasi gas LPG.

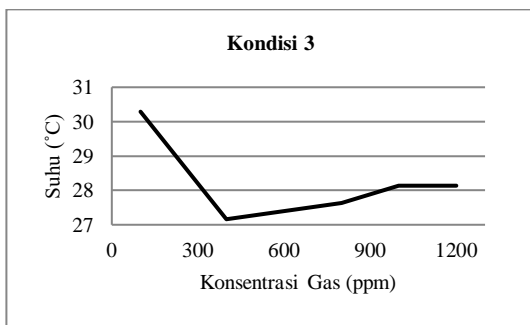
- Pada kondisi 2 (5 menit kedua) merupakan kondisi dimana kubus tidak diberi konsentrasi gas LPG namun suhu kubus mengalami perubahan. *Output* pada peringatan dini yang bekerja adalah *buzzer*. Grafik hasil pengujian pada kondisi 2 direpresentasikan pada Gambar 12.



Gambar 12 Grafik Kondisi 2

Pada Gambar 12, menunjukkan nilai suhu awal pada kondisi 2 adalah 30,4°C dengan konsentrasi gas LPG 45 ppm, nilai ppm suhu pada saat mengalami kenaikan dari 30,4°C–31,5°C adalah 45 ppm. Pada perubahan suhu 31,5°C konsentrasi gas LPG awal adalah 45 ppm sampai dengan 70 ppm.

- Pada kondisi 3 (5 menit ketiga) merupakan kondisi kubus diberi konsentrasi gas LPG sehingga suhu kubus pada kondisi 2 mengalami perubahan. *Output* peringatan dini adalah *fan* 1. Grafik hasil pengujian pada kondisi 3 direpresentasikan pada Gambar 13.



Gambar 13 Grafik Kondisi 3

Pada Gambar 13. Nilai suhu dan konsentrasi gas LPG akhir pada kondisi 2 merupakan nilai awal pada kondisi 3, dimana kondisi 3 terjadi perubahan sehingga nilai awal suhu menjadi 30,3 °C dan konsentrasi gas LPG 100 ppm. Pada konsentrasi gas LPG 400 ppm terjadi penurunan suhu hingga 27,2°C dan terjadi kenaikan konsentrasi gas LPG 800 ppm pada suhu 27,6°C. Konsentrasi gas LPG mengalami

kenaikan pada 1000 ppm sampai 1200 ppm terjadi pada suhu 28,1°C.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dari sistem peringatan dini yang telah dibuat dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Peringatan dini dengan menggunakan *fuzzy logic control* dapat mencegah terjadinya kebakaran karena sistem yang dibuat bersifat *real time* dan dapat bekerja pada tiga kondisi.
2. Pada pemodelan kubus dengan kondisi tanpa ada konsentrasi gas LPG dengan suhu ruang diperoleh nilai suhu sebesar 30°C. Tidak ada peringatan dini pada kondisi ini.
3. Pada pemodelan kubus dengan kondisi tanpa ada konsentrasi gas LPG dan suhu dibuat naik antara 30°C – 31,5°C didapatkan peringatan dini pada suhu 31,5°C dengan konsentrasi gas LPG 70 ppm yaitu *buzzer* aktif.
4. Peringatan dini yang terjadi pada kondisi 3 adalah *fan* 1 aktif, dengan adanya kebocoran gas LPG 400 ppm dengan diikuti perubahan suhu 27,16°C.

#### REFERENSI

- [1] Asep, *et.al.*, 2012, 'Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas LPG Menggunakan Mikrokontroler AT898S2051 Melalui Handphone Sebagai Media Informasi', Seminar Nasional Teknologi dan Komunikasi Terapan, Semarang 23 Juni 2012
- [2] Peter C, *et.al.*, 'Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Adaptive Fuzzy Logic Controller Metode Tuning Output', <http://eprints.undip.ac.id>
- [3] Kusumadewi. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya), Graha Ilmu, 2003.
- [4] Kusumadewi dan Hartati. Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf, Graha Ilmu, 2006.
- [5] Supono, 2014, 'Mengetahui Lebih Dekat LPG (Liquified Petroleum Gas) Sebagai Bahan Bakar Untuk Kompor Gas', [www.vedcmalang.com](http://www.vedcmalang.com), diakses tgl 03 April 2015
- [6] Futurlec. (n.d). MQ5 Sensor DataSheet. Maret, 2010. <http://www.futurlec.com/Datasheet/sensor/H2.pdf>
- [7] Texas Instruments. Januari, 2016 [www.ti.com](http://www.ti.com)
- [8] Wibowo dan Gamayel. 12 Proyek Mikrokontroler untuk Pemula, Alex Media Komputindo, 2007
- [9] Firmansyah. Proyek Robotik Keren dengan Arduino, Alex Media Komputindo, 2015.