

Implementasi dan Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Sugeno Deteksi Kebocoran Gas LPG Sensor MQ-2 dan MQ-6

Melany Yulistia, Ayu Wandira

Prodi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

ABSTRAK

Rumah sebagai tempat berlindung dapat menjadi berbahaya akibat kebocoran gas LPG, yang mengakibatkan kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-6, serta membandingkan efektivitas metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno. Metode penelitian melibatkan pengujian kedua sensor dan penerapan kedua metode fuzzy untuk menentukan kinerja deteksi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang berhasil mendeteksi kebocoran dengan mengaktifkan buzzer dan LED sebagai sinyal peringatan. Sensor MQ-6 terbukti lebih responsif dibandingkan MQ-2 dalam mendeteksi kadar gas. Selain itu, metode Fuzzy Sugeno diidentifikasi sebagai yang lebih optimal, dengan grafik deteksi yang stabil dan responsif dibandingkan Fuzzy Mamdani, yang menunjukkan fluktuasi lebih signifikan. Penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi sensor yang berbeda dan metode Fuzzy Sugeno dapat meningkatkan akurasi dan keandalan dalam mendeteksi kebocoran gas LPG.

Kata Kunci: Kebocoran Gas LPG, Sensor MQ-2, Sensor MQ-6, Logika Fuzzy

ABSTRACT

Home as a shelter can become dangerous due to LPG gas leaks, which result in fires. This research aims to develop an LPG gas leak detection system using MQ-2 and MQ-6 sensors and compare the effectiveness of Mamdani and Sugeno fuzzy methods. The research method involves testing both sensors and applying both fuzzy methods to determine the gas detection performance. The results show that the designed system successfully detects leaks by activating buzzers and LEDs as warning signals. The MQ-6 sensor proved to be more responsive than the MQ-2 in detecting gas levels. In addition, the Fuzzy Sugeno method was identified as more optimal, with stable and responsive detection graphs compared to Fuzzy Mamdani, which showed more significant fluctuations. This research confirms that the combination of different sensors and the Fuzzy Sugeno method can improve accuracy and reliability in detecting LPG gas leaks.

Keywords: LPG Gas Leakage, MQ-2 Sensor, MQ-6 Sensor, Fuzzy Logic

Histori Artikel:

Diisi oleh tim MID Publisher

*Penulis Korespondensi:

yulistiamelany@gmail.com

ayuw2829@gmail.com

DOI:

Diisi oleh tim MID Publisher

Panduan penulisan:

Font menggunakan Candara, 12pt, 1 spasi. Setiap subjudul di **bold**, tabel jangan menggunakan **hasil screenshot**. Silahkan menggunakan aplikasi sitasi seperti Mendeley, EndNote, dsb. Urutan penulisan artikel adalah sebagai berikut:

PENDAHULUAN

Rumah merupakan tempat untuk bersinggah, beristirahat, berteduh, dan merasa aman dan nyaman dari segala aktivitas yang sudah di laksanakan setiap hari. Tapi terkadang rumah juga bisa menjadi tempat yang sangat berbahaya. Salah satu hal berbahaya di rumah adalah gas LPG (Fachrureza, Saragih, & Hidayat, 2021). Banyak berita yang menginformasikan tidak sedikit kebakaran rumah yang disebabkan karena kebocoran gas. Penggunaan gas LPG ini tidak dapat di hindari dikarenakan kebutuhan Masyarakat dan juga merupakan salah satu penerapan program pemerintah mengenai konversi minyak tanah ke gas LPG (Andriana, Zulkarnain, & Herpuji, 2018).

Liqueified Petroleum Gas (LPG) mempunyai karakteristik berupa bau yang tidak sedap bila terjadi kebocoran, cepat menguap di udara pada suhu diatas 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 menjadi gas (Dirgantara, Suyono, & Setyawati, 2017).

Sistem pendeteksi gas LPG dengan sensor gas menjadi solusi untuk memberikan peringatan dini dan membantu penanggulangan kebocoran gas. Sistem pendeteksi gas LPG dengan sensor gas menjadi solusi untuk memberikan peringatan dini dan membantu penanggulangan kebocoran gas. Penelitian (Nurnasingsih, 2018) menggunakan sensor MQ-2 untuk mendeteksi kebocoran gas dimana Sensor MQ2 digunakan untuk mendeteksi gas LPG, sensor ini sangat mudah. Penggunaannya dan hemat dalam penggunaan pin digital mikrokontroler. Penggunaannya dan hemat dalam penggunaan pin digital mikrokontroler. Sensor ini menggunakan alat pemanas kecil dengan sensor elektro kimiawi yang bereaksi dengan beberapa jenis gas, yang kemudian mengeluarkan output berupa tingkat densitas gas yang dideteksi. Dari perbandingan sensor yang digunakan, sensor MQ-6 lebih responsif untuk pendeteksian kebocoran gas sehingga dari penelitian yang kami buat menggunakan sensor MQ-6 sebagai alat pendeteksinya (Pandega & Marcos, 2023).

Pengembangan sistem pendeteksi dengan logika Fuzzy menjadi salah satu sistem yang mampu mengatur untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas LPG. Didalam perhitungan logika Fuzzy terdapat beberapa metode, yaitu Metode Tsukamoto, Metode Mamdani, dan Metode Sugeno. Setiap metode tersebut memiliki cara dan hasil perhitungan yang berbeda (Kartika, Sovia, & Sandawa, 2018).

Berdasarkan penelitian yang ada, banyak pengembangan sistem yang masih menggunakan satu jenis sensor gas yang sama. Pada penelitian ini sistem yang akan kami rancang adalah menggunakan dua jenis sensor gas yang berbeda yaitu MQ-2 dan MQ-6. Penggunaan dua jenis sensor gas, seperti MQ-2 dan MQ-6, sering kali diperlukan karena masing-masing sensor memiliki sensitivitas terhadap jenis gas yang berbeda. Sensor MQ-2 dirancang untuk mendeteksi gas seperti LPG, metana, propana, dan asap secara umum, sedangkan sensor MQ-6 lebih spesifik terhadap LPG, tetapi memiliki sensitivitas lebih tinggi dalam mendeteksi gas ini dibandingkan dengan MQ-2. Dengan menggabungkan kedua sensor ini, diharapkan sistem dapat mendeteksi gas dengan cakupan dan akurasi yang lebih baik. Selain itu, penggunaan kedua sensor ini memberikan kemampuan untuk saling memverifikasi pembacaan satu sama lain, sehingga meningkatkan keandalan sistem. Jika salah satu sensor mengalami gangguan atau kesalahan pembacaan, sensor lainnya tetap dapat memberikan data yang valid. Penelitian ini

juga akan membandingkan dua metode Fuzzy, Mamdani dan Sugeno untuk menentukan metode terbaik dalam menginterpretasi data sensor dan pengambilan keputusan.

LANDASAN TEORI

A. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*)

LPG merupakan gas yang terbentuk dari hasil produksi kilang minyak dan kilang gas. LPG terdiri dari unsur karbon dan hidrogen yang merupakan senyawa hidrokarbon Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}) dengan komposisi 30% Propana dan 70% Butana. LPG sebagai bahan bakar memiliki sifat yang mudah terbakar jika terjadi persenyawaan di udara. Untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan maka perlu diketahui karakteristik LPG diantaranya memiliki tekanan yang cukup besar, dapat menghambur secara perlahan di udara, memiliki berat jenis lebih besar dibandingkan dengan udara, tidak mengandung racun dan daya pemanasnya cukup tinggi (INDONESIA, 2007). Konsentrasi gas LPG di udara biasanya diukur dalam satuan parts per million (ppm) untuk menentukan tingkat keberadaannya di lingkungan dan mengidentifikasi apakah konsentrasinya sudah mencapai batas aman atau berbahaya.

B. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*)

1. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah perangkat yang sangat sensitif terhadap asap rokok. Bahan utama dari sensor ini adalah SnO_2 , yang memiliki konduktivitas rendah dalam udara bersih. Ketika terjadi kebocoran gas, konduktivitas sensor akan meningkat, dan setiap kenaikan konsentrasi gas akan menyebabkan peningkatan konduktivitas sensor. MQ-2 peka terhadap berbagai jenis gas, termasuk LPG, propana, hidrogen, karbon monoksida, metana, alkohol, dan gas mudah terbakar lainnya di udara.

Sensor ini dilengkapi dengan alat pemanas kecil dan menggunakan teknologi elektro kimiawi yang bereaksi dengan beberapa jenis gas, menghasilkan output berupa tingkat densitas gas yang terdeteksi. Oleh karena itu, sensor ini sangat cocok untuk berbagai aplikasi yang memerlukan pendeteksian kadar gas. berikut gambar dari sensor MQ-2 (Z.A, 2019).



Gambar 1 Sensor MQ-2

Berdasarkan data yang diperoleh dari datasheet, karakteristik dan spesifikasi dari sensor MQ-2 pada Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Sensor MQ-2

Parameter	Keterangan
Tegangan Sirkuit (V_c)	$5V \pm 0.1$
Tegangan Pemanas (V_H)	$5V \pm 0.1$
Resistansi Beban (R_L)	Dapat disesuaikan
Resistansi Pemanas (R_H)	$33\Omega \pm 5\%$

Konsumsi Pemanas	< 800 mW
Resistansi Sensing (Rs)	3K Ω - 30K Ω (1000ppm isobutane)
Rentang Deteksi	LPG: 200ppm - 5000 ppm Butana : 300ppm - 5000ppm Metana : 5000 ppm – 20000 ppm H ₂ : 300 ppm – 5000 ppm Alkohol : 100 ppm – 2000 ppm
Suhu Operasional	-20°C - 50°C
Suhu Penyimpanan	-20°C - 70°C
Kelembaban	< 95% RH
Konsentrasi Oksigen	21% (standar)

2. Sensor MQ-6

Sensor MQ-6 merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas LPG, melalui kandungan senyawa butana dan propana yang terdapat dalam gas elpiji. Output dari sensor ini berupa sinyal digital dan analog. Sensitivitas sensor ini cukup tinggi dengan waktu respon yang cepat dalam mendeteksi gas elpiji dan tegangan Direct Current (DC) sebesar 5 Volt (Mifza Ferdian Putra, 2017).



Gambar 2 Sensor MQ-6

Berdasarkan data yang diperoleh dari datasheet, karakteristik dan spesifikasi dari sensor MQ-6 dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik Sensor MQ-2

Parameter	Keterangan
Tegangan Sirkuit (Vc)	5V \pm 0.1
Tegangan Pemanas (VH)	5V \pm 0.1
Resistansi Beban (RL)	20K Ω
Resistansi Pemanas (RH)	33 Ω \pm 5%
Konsumsi Pemanas	< 750 mW
Resistansi Sensing (Rs)	10K Ω - 60K Ω (1000ppm LPG)
Konsentrasi Kemiringan	\leq 0.6
Suhu Operasional	-10°C - 50°C
Suhu Penyimpanan	-20°C - 70°C
Kelembaban	< 95% RH
Konsentrasi Oksigen	21% (standar)
Rentang Deteksi	200 - 10000ppm (LPG, iso-butane, propane, LNG)

C. Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno

Teori tentang himpunan Fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Lothfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dengan memperkenalkan gagasan derajat ke dalam pengujian kondisi, memungkinkan suatu kondisi berada dalam keadaan selain benar atau salah seperti lambat, cukup cepat, cepat, dan sangat cepat. Dasar dari logika Fuzzy adalah teori himpunan Fuzzy. Pada teori himpunan Fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika Fuzzy tersebut (Sidik & Rahmad, 2021). Logika Fuzzy mudah dipelajari karena menggunakan dasar teori himpunan, sehingga konsep matematika yang mendasari penalaran Fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti. Menurut Maibang & Husein (2019), ada beberapa metode dalam perhitungan logika Fuzzy, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno. Masing-masing metode memiliki cara dan hasil perhitungan yang berbeda. Pada penelitian ini, akan menggunakan metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno dalam mendeteksi kebocoran gas dengan judul “Implementasi dan Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno Untuk Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 dan MQ-6”.

1. Fuzzy Mamdani

Metode Max-Min atau biasa dikenal sebagai metode mamdani, diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Rindengan & Langi, 2019). Metode Mamdani menentukan inferensi fuzzy dengan aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF-THEN* dengan output konsekuen berupa himpunan fuzzy. Penerapan logika fuzzy metode Mamdani mempunyai empat tahapan yaitu fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi, dari hasil defuzzifikasi inilah kita bisa menentukan keputusan yang akan diambil. Untuk mendapatkan output, diperlukan empat langkah yaitu (Kusumadewi & Purnomo, 2010):

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses inferensi mengubah input yang bersifat numerik (*crisp*) menjadi nilai fuzzy yang sesuai dengan konsep linguistik tertentu. Fuzzifikasi yaitu menentukan himpunan fuzzy dari setiap variabel input dan output menggunakan fungsi keanggotaan. Himpunan fuzzy merupakan rentang nilai yang mempunyai derajat keanggotaan (*membership function*) antara 0 sampai dengan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki suatu aturan untuk membentuk sebuah Rule fuzzy dengan ucapan menggunakan statement *IF . . THEN* yang akan membentuk Rule sebanyak 9 dalam fungsi keanggotaan. Dalam *membership function* akan didapat persamaan dari fungsi trapesium dan fungsi segitiga yang sering digunakan.

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap di mana aturan-aturan fuzzy digunakan untuk menentukan keluaran fuzzy berdasarkan input yang telah difuzzifikasi. Setelah input diubah menjadi nilai-nilai fuzzy, aturan-aturan "*IF-THEN*" yang telah didefinisikan sebelumnya diterapkan.

c. Komposisi Aturan (Interferensi)

Pada metode Fuzzy Mamdani yang digunakan dalam inferensi yaitu metode *max* (maksimum). Setelah komposisi aturan dilakukan, akan diperoleh output berupa himpunan fuzzy.

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses yang berkebalikan dengan proses pada fuzzyfikasi. Pada metode Fuzzy Mamdani DeFuzzifikasi yang digunakan adalah metode Centroid. Pada tahap terakhir akan dihasilkan output.

2. Fuzzy Mamdani

Fuzzy Sugeno, atau yang dikenal juga sebagai Sugeno Fuzzy Model, adalah salah satu metode inferensi dalam sistem logika fuzzy yang dikembangkan oleh Takagi, Sugeno, dan Kang pada tahun 1985. Metode ini bertujuan untuk memodelkan sistem non-linear melalui pendekatan aturan berbasis *IF-THEN* dalam upaya untuk membangun pendekatan sistematis untuk membangkitkan aturan-aturan Fuzzy dari himpunan data input-output yang diberikan (Sitio, 2018).

Perancangan sistem dengan menggunakan metode fuzzy sugeno melibatkan beberapa tahapan penting yang harus dilalui untuk menghasilkan output keputusan yang sesuai dengan perhitungan fuzzy. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Fuzzifikasi

Adalah langkah pertama di mana data input yang bersifat crisp (nilai pasti) diubah menjadi nilai fuzzy. Proses ini melibatkan pemetaan nilai input ke dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini menentukan seberapa besar derajat keanggotaan suatu nilai input dalam himpunan fuzzy tertentu.

b. Inferensi

Setelah proses Fuzzifikasi selesai dilanjutkan dengan proses inferensi. Inferensi adalah proses penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang tersedia. Pada aturan fuzzy ini akan memberikan aturan-aturan dalam fuzzy sistem yang akan dibuat dengan menggunakan perintah “*IF*” dan “*AND*” dan menghasilkan perintah “*THEN*”.

c. Defuzzifikasi

Proses mengubah *output* fuzzy yang dihasilkan dari tahap inferensi menjadi nilai crisp atau nilai pasti. Pada metode Sugeno, output dari setiap aturan fuzzy biasanya bukan himpunan fuzzy melainkan fungsi linier atau konstanta. Dalam metode Sugeno, hasil akhir defuzzifikasi diperoleh dengan menghitung rata-rata tertimbang dari output setiap aturan. Pada metode Sugeno defuzzifikasi dilakukan dengan perhitungan *Weight Average (WA)*:

$$WA = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \alpha_3 Z_3 + \dots + \alpha_n Z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}$$

Keterangan:

WA = Nilai rata-rata,

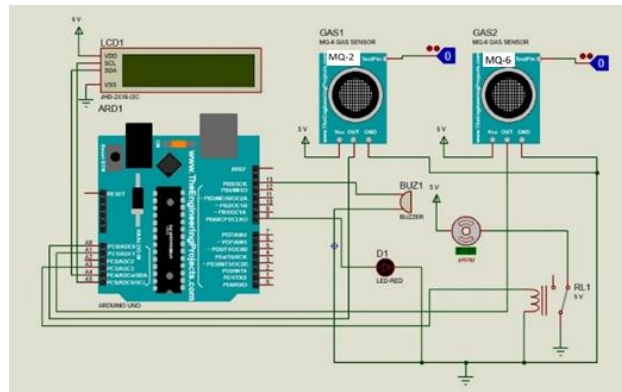
α_n = nilai predikat aturan ke-n,

Z_n = indeks nilai output (konstanta) ke-n (Rahakbauw, 2015).

METODE

A. Perancangan Elektrikal

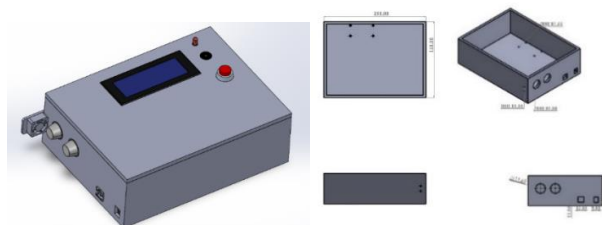
Perancangan elektrikal bertujuan untuk mempermudah dalam proses perakitan komponen, dimana fungsi dan kegunaan dari setiap komponen berbeda. Pada proses pembuatan skema rangkaian sistem ini di buat dengan aplikasi fritzing. Aplikasi fritzing adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk pembuatan skema rangkaian sistem. Tampilan perancangan elektrikal dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 3. Rancangan Elektrikal

Pada Gambar di atas terdapat rancangan elektrikal yang digunakan pada penelitian ini. Komponen yang digunakan pada gambar tersebut yaitu Arduino Uno, Sensor MQ-2 & MQ-6, Buzzer, LED, LCD I2C, Driver motor L298N, Stepdown LM2596 dan Kipas. Sensor MQ-2 dan MQ-6, yang mendeteksi konsentrasi gas LPG di udara akan mengirimkan data yang diperoleh ke Arduino Uno, kemudian memproses data tersebut lalu memberikan tindakan penting jika keberadaan gas terdeteksi. Pada saat konsentrasi gas terdeteksi oleh sensor, Arduino akan mengaktifkan beberapa komponen penting dalam sistem. Buzzer akan mengeluarkan alarm suara sebagai peringatan awal. Sementara itu, LED akan menyala sebagai indikasi visual bahwa kebocoran gas telah terdeteksi. Selain itu, kipas yang dikendalikan oleh driver L298N akan diaktifkan untuk membantu mengurangi konsentrasi gas berbahaya di lingkungan sekitar. Semua komponen dalam rangkaian ini didukung oleh suplai daya yang distabilkan oleh modul LM2596, yang memastikan bahwa sistem tetap bekerja dengan baik dan aman. Informasi status dan data real-time dari sensor ditampilkan pada layar LCD.

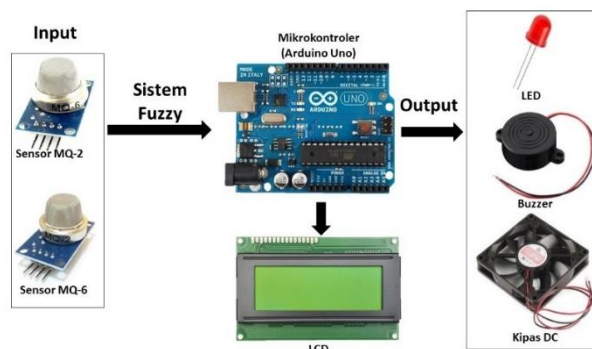
B. Perancangan Mekanikal



Gambar 4. Desain Box dan Tutup Alat

Pada Gambar diatas menunjukkan rancangan mekanikal dan tata letak komponen yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini sistem menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-6 yang dietakkan diluar box untuk mendeteksi adanya gas LPG. Ketika sensor mendeteksi adanya gas LPG maka kipas akan aktif untuk membuang gas agar tidak terjadi penumpukan.

C. Diagram Blok Sistem



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Gambar diatas menampilkan dua sensor gas, yaitu sensor MQ-2 dan MQ-6, yang berfungsi sebagai input utama dalam sistem. Kedua sensor mengirimkan data yang penting untuk menentukan status kebocoran gas dengan menggunakan metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno. Data yang dikirim oleh sensor dapat dipantau secara langsung pada layar LCD. Setelah data tersebut diproses oleh metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno, jika terdeteksi adanya kebocoran gas, sistem akan secara otomatis memberikan respon penanggulangan. Pertama, buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan awal. Selain itu, pemilik rumah akan menerima sinyal peringatan, melalui tampilan visual pada LCD. Terakhir, kipas akan otomatis aktif untuk membantu mengurangi konsentrasi gas berbahaya di lingkungan sekitar.

D. Pengujian Sistem dan Alat

Pada tahap pengujian, penelitian ini menguji kinerja dua jenis sensor gas, yakni sensor MQ-2 dan sensor MQ-6. Kedua sensor ini diujicoba untuk menentukan kemampuan dalam mendeteksi kebocoran gas dengan akurasi tinggi. Selain itu, penelitian ini juga menguji penerapan dua metode logika fuzzy, yaitu Mamdani dan Sugeno, dalam sistem kontrol. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa aturan yang ditentukan dapat diimplementasikan dengan baik dan menghasilkan kinerja yang optimal.

1. Pengujian Sensor Gas

Pengujian sensor gas bertujuan untuk melihat responsif dari MQ-2 dan MQ-6. Pada tahap pengujian sensor MQ-2 dan MQ-6 dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk memastikan responsif dan konsistensi hasil pengukuran. Pengujian dilakukan dengan jarak yang berbeda-beda. Setiap percobaan dilakukan dengan cara pemberian gas pada sensor selama 3 detik dan dengan jarak yang berbeda-beda.

2. Pengujian Sistem Fuzzy Mamdani dan Sugeno

Pengujian ini sistem fuzzy mamdani dan sugeno dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mengontrol kecepatan motor berdasarkan input konsentrasi gas yang terdeteksi oleh sensor. Proses pengujian ini melibatkan pemberian gas pada sensor selama 10 detik, dengan pengumpulan data yang dimulai dari kondisi awal pemberian gas hingga gas terbuang habis oleh kipas. Data yang dikumpulkan meliputi konsentrasi gas yang terdeteksi oleh sensor serta kecepatan motor yang diukur menggunakan sensor infrared speed motor. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat kesesuaian aturan-aturan fuzzy yang telah dirancang dengan sistem yang diimplementasikan.

3. Validasi Kecepatan Motor



Gambar 6. Pengujian Kecepatan Motor

Pengujian kecepatan motor merupakan langkah penting dalam validasi kinerja sistem kontrol yang menggunakan logika fuzzy. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan untuk memvalidasi hasil pergerakan atau kecepatan kipas yang dihasilkan oleh dua metode fuzzy, yaitu Mamdani dan Sugeno. Proses pengujian ini menggunakan sensor inframerah (*infrared speed sensor*) yang ditempatkan secara tegak lurus terhadap sebuah stick yang dipasang pada kipas. Stick ini berfungsi sebagai penanda yang akan memotong sinar sensor setiap kali kipas berputar. Setiap kali sinar sensor terputus, sensor akan mencatat satu putaran kipas. Dengan

demikian, kecepatan putaran kipas dapat dihitung berdasarkan jumlah putaran yang terdeteksi dalam satuan rotasi per menit (rpm).

E. Membership Function Fuzzy

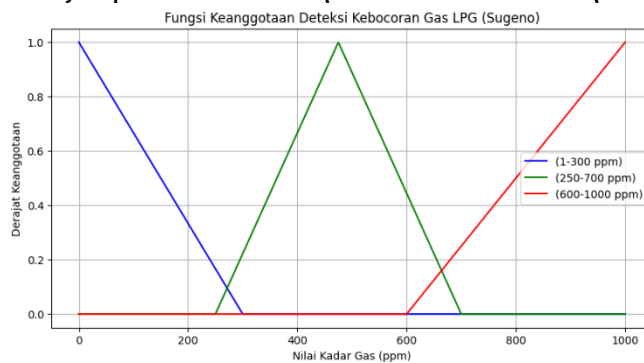
Adapun membership function dari fuzzy mamdani dan fuzzy sugeno adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Himpunan Fuzzy Mamdani & Sugeno

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
Input	MQ-2	Sedikit	1-250 ppm
		Sedang	150-350 ppm
		Banyak	250-500 ppm
	MQ-6	Sedikit	1-250 ppm
		Sedang	150-350 ppm
		Banyak	250-500 ppm
Output	Kecepatan Kipas	Lambat	100 pwm
		Sedang	150 pwm
		Cepat	250 pwm

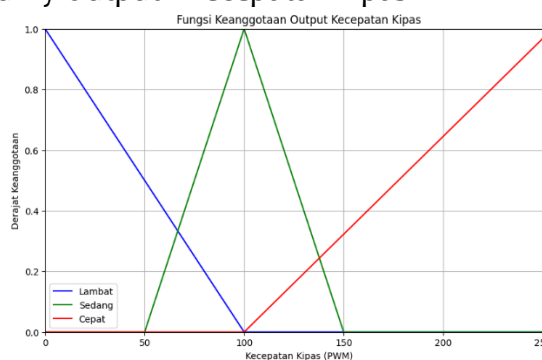
Pada sistem fuzzy, inputan yang digunakan ada dua yaitu nilai kadar gas yang dihasilkan dari sensor Sensor MQ-2 dan MQ-6. Kedua nilai tersebut yang akan dihitung berdasarkan sistem fuzzy pada alat untuk dapat menghasilkan output fuzzy yang berupa kecepatan kipas melalui kipas yang bergerak dengan tiga kecepatan sesuai himpunan yang telah dikelompokan.

1. Membership Function Fuzzy Input “Sensor MQ-2” dan “Sensor MQ-6”



Gambar 7. Membership Function Input Sensor MQ-2 dan MQ-6

2. Membership Function Fuzzy Output “Kecepatan Kipas”.



Gambar 8. Membership function Output Mamdani dan Sugeno

Fungsi keanggotaan output Kecepatan Kipas menggunakan kurva segitiga dimana kurva tersebut yang akan digunakan untuk menentukan hasil dari pembacaan dua inputan sensor untuk dapat memberikan aksi pada Kipas. Dimana kipas bergerak dengan 3 kecepatan yang menandakan adanya kebocoran gas sesuai hasil klasifikasi kebocoran gas.

F. Rules fuzzy

Berdasarkan pengelompokan variabel yang telah ditetapkan, sistem ini menghasilkan sembilan aturan (*rule*) Fuzzy Mamdani dan Sugeno yang dapat digunakan untuk menentukan kecepatan kipas.

Tabel 4. Rules Fuzzy

Aturan	Sensor MQ-2	Sensor MQ-6	Kipas
1	Sedikit	Sedikit	Lambat
2	Sedikit	Sedang	Lambat
3	Sedikit	Banyak	Sedang
4	Sedang	Sedikit	Lambat
5	Sedang	Sedang	Sedang
6	Sedang	Banyak	Cepat
7	Banyak	Sedikit	Sedang
8	Banyak	Sedang	Cepat
9	Banyak	Banyak	Cepat

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUJIAN SENSOR GAS

Pengujian dilakukan untuk memastikan keakuratan dan konsistensi hasil pengukuran yang dilakukan dengan percobaan sebanyak 10 kali dalam jarak pembacaan yang berbeda-beda, yaitu 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Setiap percobaan dilakukan dengan memberikan gas pada sensor selama 3 detik.



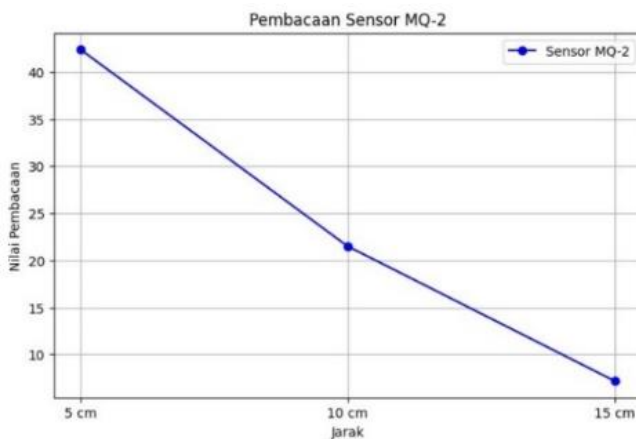
Gambar 9. Pengujian Sensor Gas

1. Sensor MQ-2

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor MQ-2

Pembacaan Sensor MQ-2	Jarak (cm)		
	5	10	15
Percobaan 1	35,34	20,75	6,34
Percobaan 2	39,42	20,93	6,54
Percobaan 3	41,91	21,2	6,74
Percobaan 4	43,1	20,48	6,92
Percobaan 5	42,62	21,57	7,11
Percobaan 6	43,1	21,76	7,29
Percobaan 7	44,09	21,95	7,49
Percobaan 8	45,1	22,05	7,65
Percobaan 9	43,36	22,05	7,86
Percobaan 10	45,62	22,24	8,07
Rata-rata	42,366	21,498	7,201

Dari Tabel 10. hasil pengujian Sensor MQ-2 dapat digambarkan dengan grafik pada Gambar 19. sebagai berikut.



Gambar 10. Pembacaan Sensor MQ-2

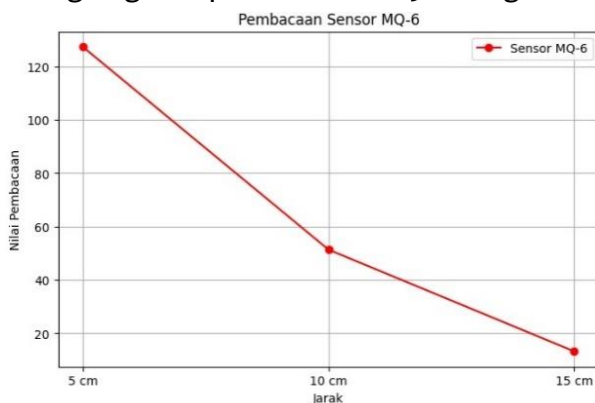
Hasil rata-rata menunjukkan bahwa semakin dekat jarak antara sensor dengan sumber gas, semakin tinggi nilai konsentrasi gas yang terdeteksi (ppm). Hal ini menunjukkan bahwa sensor MQ-2 memiliki respons yang lebih tinggi pada jarak yang lebih dekat, karena konsentrasi gas yang terdeteksi lebih tinggi.

2. Sensor MQ-6

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor MQ-6

Pembacaan Sensor MQ-6	Jarak (cm)		
	5	10	15
Percobaan 1	21,27	14,76	11,92
Percobaan 2	23,83	17,29	12,23
Percobaan 3	28,1	21,39	12,6
Percobaan 4	34,96	28,04	12,92
Percobaan 5	48,5	36,47	13,18
Percobaan 6	76,84	46,96	13,44
Percobaan 7	113,17	63,07	13,71
Percobaan 8	165,17	79,56	13,91
Percobaan 9	322,39	94,66	14,05
Percobaan 10	439,23	111,26	14,19
Rata-rata	127,346	51,346	13,215

Dari Tabel 11. hasil pengujian Sensor MQ-6 dapat digambarkan dengan grafik pada Gambar 19. sebagai berikut.



Gambar 11. Pembacaan Sensor MQ-6

Hasil rata-rata menunjukkan bahwa sensor MQ-6 juga memiliki pola yang sama dengan sensor MQ-2, yaitu semakin dekat jarak antara sensor dan sumber gas, semakin tinggi nilai konsentrasi gas yang terdeteksi.

B. VALIDASI KECEPATAN MOTOR

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada Pengujian Sistem Fuzzy didapatkan output tertinggi yaitu 254.9 PWM dengan kecepatan motor 3043. Sehingga di dapatkan setiap per-menit yang dihasilkan dalam 1 PWM adalah 11.9 putaran. Dari 11.9 putaran dapat dibagi 3 Range Kecepatan Kipas berdasarkan RPM sebagai berikut:

Tabel 7. Range berdasarkan PPM

No	Himpunan	Range	
		PWM	RPM
1	Lambat	0-100	0-1193
2	Sedang	100-150	1193-1785
3	Cepat	150-255	1785-3043

C. PENGUJIAN SISTEM FUZZY MAMDANI DAN SUGENO

Pengujian Sistem Fuzzy Mamdani dan Sugeno dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi kesesuaian aturan atau rule yang telah dirancang dalam Sistem dan memvalidasi kecepatan motor yang dihasilkan oleh output dari sistem tersebut. Proses pengujian ini melibatkan analisis terhadap kinerja sistem fuzzy dalam mengontrol kecepatan motor berdasarkan input yang diberikan. Validasi kecepatan motor dilakukan dengan mengukur kecepatan RPM (Revolutions Per Minute) yang dihasilkan oleh output, yang kemudian dibandingkan dengan nilai PWM (Pulse Width Modulation) yang diberikan.

Tabel 8. Aturan Fuzzy Mamdani

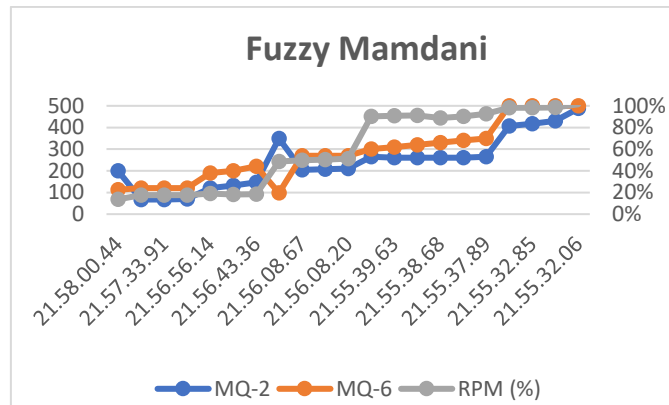
MQ-2	MQ-6	KIPAS (PWM)	RPM	KETERANGAN
67.5	120	44.61	525.96	LAMBAT
120	190	47.33	569.01	LAMBAT
147.5	500	144.89	1682.72	SEDANG
200	113	35.54	408.79	LAMBAT
205	270	127.59	1492.31	SEDANG
265	300	192.92	2703.98	CEPAT
349	98	124.21	1453.91	SEDANG
260	320	209.96	2730.55	CEPAT
487.5	500	254.9	3043.30	CEPAT

Tabel 9. Aturan Fuzzy Sugeno

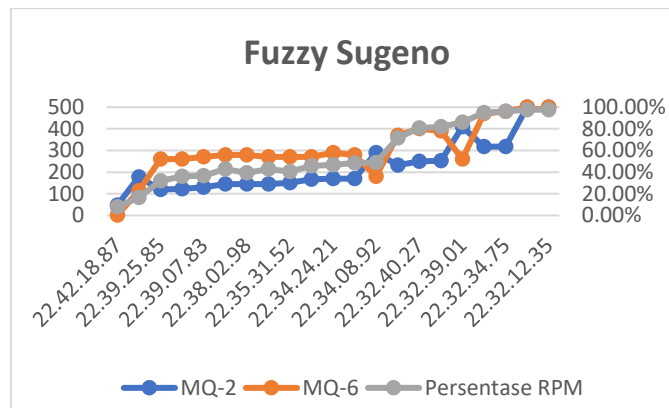
MQ-2	MQ-6	KIPAS (PWM)	RPM	KETERANGAN
178	113	42.3	497	LAMBAT
120	260	82.77	961	LAMBAT
145	280	109.15	1284	SEDANG
178	113	42.3	497	LAMBAT
170	290	121.3	1397	SEDANG
232.5	370	186.92	2142	CEPAT
290	180	124.94	1462	SEDANG
410	260	220.64	2581	CEPAT

317.5	480	251.11	2883	CEPAT
-------	-----	--------	------	-------

D. PERBANDINGAN METODE



Gambar 12. Grafik Data Fuzzy Mamdani



Gambar 13. Grafik Data Fuzzy Sugeno

Dari analisis grafik diatas, metode fuzzy sugeno lebih efektif dibandingkan metode fuzzy mamdani karena menunjukkan pola yang lebih konsisten dan stabil. Pada grafik sugeno lebih cepat kembali ke tren kenaikan stabil meskipun terdapat fluktuasi kecil, menunjukkan reliabilitas yang lebih baik dalam mendeteksi perubahan. Sebaliknya, grafik mamdani memiliki fluktuasi yang lebih signifikan dan kenaikan yang lebih lambat, menunjukkan responsivitas yang lebih rendah. Secara keseluruhan, metode Fuzzy Sugeno lebih stabil, responsif, dan konsisten, sehingga lebih andal untuk analisis dan pengambilan keputusan.

KESIMPULAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis sistem yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pendeteksi kebocoran gas LPG yang dirancang menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-6 dengan metode Fuzzy mamdani dan sugeno telah berhasil diimplementasikan. Jika sistem mendeteksi adanya kebocoran gas, maka buzzer dan LED akan aktif sebagai pemberitahuan sinyal bahwa adanya kebocoran gas, dan kipas sebagai penanggulangan pertama agar tidak ada penumpukan gas yang menyebabkan ledakan.
2. Dari hasil pengujian sensor MQ-2 dan sensor MQ-6, kedua sensor mampu memberikan respon deteksi kadar gas yang baik, hal ini ditunjukkan dengan semakin dekat jarak pembacaan kedua sensor maka responsif semakin tinggi dan semakin jauh jarak pembacaan kedua sensor maka responsif pembacaan sensor semakin rendah. Hasil pengujian kedua sensor menunjukkan bahwa sensor MQ-6 memiliki sensitivitas yang lebih baik untuk mendeteksi kadar gas dibandingkan sensor MQ-2.

3. Berdasarkan perbandingan metode, metode Fuzzy Sugeno menunjukkan kinerja dan efektivitas yang lebih optimal dibandingkan dengan metode Fuzzy Mamdani dalam mendeteksi kebocoran gas LPG. Hal ini ditunjukkan oleh pola grafik Sugeno yang lebih stabil, konsisten, dan cepat kembali ke tren kenaikan stabil meskipun terdapat fluktuasi kecil. Sebaliknya, grafik Mamdani menunjukkan fluktuasi yang lebih signifikan dan responsivitas yang lebih rendah. Konsistensi MQ-6 dan persentase RPM dalam grafik Sugeno juga menegaskan keandalan metode ini dibandingkan Mamdani. Dengan demikian, metode Fuzzy Sugeno lebih andal untuk digunakan dalam mendeteksi perubahan dan pengambilan keputusan terkait kebocoran gas LPG.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriana, Zulkarnain, & Herpuji, S. B. (2018). Monitoring dan Kendali Jarak Jauh Kebocoran Gas LPG Berbasis Android. *Jurnal Tiarsie*, 15, 1-5.
- Dirgantara, W., Suyono, H., & Setyawati, O. (2017). Sistem Peringatan Dini untuk Deteksi Kebakaran pada Kebocoran Gas Menggunakan Fuzzy Logic Control. *Jurnal EECCIS*, 27-32.
- Fachrureza, A., Saragih, Y., & Hidayat, R. (2021). Pemanfaatan sensor MQ-6 pada sistem pendeteksi gas LPG. *JTET(Jurnal Teknik Elektro Terapan)*, 10, 45-50.
- INDONESIA, P. A. (2007). *Mengenal Gas LPG*. Retrieved September 6, 2024, from <https://aptogaz.wordpress.com/wp-content/uploads/2007/07/mengenal-gas-lpg.pdf>
- Kartika, D., Sovia, R., & Sandawa, H. M. (2018). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Memprediksi Angka Penjualan Token Berdasarkan Persediaan dan Jumlah Permintaan pada PT.PLN (Persero) Padang Berbasis WEB. *UPI YPTK Jurnal KomTekInfo*, 81-95.
- Mifza Ferdian Putra, A. H. (2017). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor Mq-6 Berbasis Mikrokontroler Melalui Smartphone Android Sebagai Media Informasi. *Jurnal Mulawarman*, 12, 1-6.
- Nurnasingsih, D. (2018). Pendeteksi Kebocoran Tabung LPG Melalui SMS Gateway. *Jurnal Teknik Informatika*, 11, 121-126.
- Pandega, D. M., & Marcos, H. (2023). Perancangan Prototipe Deteksi Kebocoran Gas Menggunakan Sensor MQ-6 untuk Rumah Tangga. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, 1-9, 4.
- Rahakbauw, D. L. (2015). Penerapan Fuzzy Metode Sugeno untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan. *Barekeng Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 9 (2), 121-134.
- Rindengan, A. J., & Langi, Y. (2019). Sistem Fuzzy. *Sistem Fuzzy*.
- Sidik, M. F., & Rahmad, I. F. (2021). MONITORING KONDISI UDARA DI KOTA MEDAN DENGAN PENDEKATAN FUZZY LOGIC BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT). *IT (INFORMATIC TECHNIQUE) JOURNAL*, Vol 8, 73-80.
- Sitio, S. L. (2018). Penerapan Fuzzy Inference System Sugeno untuk Menentukan Jumlah Pembelian Obat (Studi Kasus: Garuda Sentra Medika). *Jurnal Informatika Universitas Pamulang* 3(2):104, 104-109.
- Z.A, A. K. (2019). RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN DAPUR BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA32 MENGGUNAKAN FLAME SENSOR, MQ-2, DAN MQ-6. *UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA. MEDAN*.