

Pengembangan Sistem Prediksi Tingkat Bahaya Gas di Lingkungan Rumah Tangga Berbasis Fuzzy-KNN dan Sensor MQ-2 pada Mikrokontroler

Sumantri K Risandriya¹, Fardiwans Marbun²

^{1,2} Politeknik Negeri Batam; Jl. Ahmad Yani, Tlk. Kering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau, 29461; (0778) 463620

Keywords:

Sensor MQ-2; Fuzzy-KNN; Prediksi Kebocoran Gas, Mikrokontroler, Sistem Keamanan Rumah Tangga

Correspondent Email:

Fardiwansmarbun11@gmail.com



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstrak. Penelitian ini mengembangkan sistem prediksi bahaya gas menggunakan metode Fuzzy K-Nearest Neighbor (Fuzzy-KNN) dan sensor MQ-2 pada Arduino Uno. Sistem ini dibuat untuk mengatasi meningkatnya risiko kebocoran LPG, asap, dan gas metana di lingkungan rumah. Sensor MQ-2 dipilih karena sensitivitasnya yang tinggi, sementara Fuzzy-KNN digunakan untuk mengurangi ketidakpastian data saat menentukan tingkat bahaya. Proses sistem meliputi pengambilan data sensor, perhitungan jarak Euclidean dengan $K = 3$, penentuan bobot keanggotaan fuzzy, dan klasifikasi ke dalam tiga kategori: aman, waspada, dan bahaya. Hasil ditampilkan melalui LCD serta peringatan dini dengan buzzer dan LED. Pengujian menggunakan 46 data menunjukkan akurasi 87% dengan respon <1 detik, membuktikan bahwa sistem mampu mendeteksi kebocoran gas secara real-time dan berpotensi meningkatkan keselamatan rumah.

Abstract. This study developed a gas hazard prediction system using the Fuzzy K-Nearest Neighbor (Fuzzy-KNN) method and an MQ-2 sensor on an Arduino Uno. The system addresses the growing risks of LPG, smoke, and methane leaks in household environments. The MQ-2 sensor was selected for its high sensitivity, while Fuzzy-KNN helps reduce data uncertainty in classifying hazard levels. The system process includes sensor data collection, Euclidean distance calculation with $K = 3$, fuzzy membership weighting, and classification into safe, alert, and danger categories. Outputs are provided through an LCD display and early warnings using a buzzer and LED. Testing with 46 samples achieved 87% accuracy and a response time of less than one second, demonstrating that the system can detect gas leaks in real time and has strong potential to improve home safety.

1. PENDAHULUAN

Sering kali keselamatan di lingkungan rumah tangga diabaikan, terutama terkait potensi kebocoran gas LPG (Liquefied Petroleum Gas) yang digunakan sebagai sumber energi domestik. Dengan sifatnya mudah terbakar dan tidak berbau secara alami, kebocoran LPG yang kecil dapat menyebabkan ledakan atau keracunan. Deteksi kebocoran gas di rumah umumnya masih bersifat pasif dan bergantung pada indra penciuman manusia

yang sering kali terlambat untuk menyampaikan informasi atau peringatan. Kondisi ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan keselamatan rumah tangga, sistem cerdas harus ada yang dapat mendeteksi dan memprediksi kebocoran gas secara real-time. Sistem deteksi gas yang menggunakan sensor dan algoritma cerdas telah dikembangkan dalam bidang penelitian sebelumnya. [1] mengembangkan sistem pendeteksi asap yang menggunakan logika fuzzy. Sistem ini akan mengaktifkan kipas dan

buzzer secara otomatis ketika tingkat gas mencapai ambang batas bahaya. Nilai ambang batas sensor dapat diatur dengan bebas dengan metode fuzzy logic, dengan selisih pembacaan rata-rata 6,33 ppm. Namun, karena sistem tidak dapat memprediksi secara dini dan hanya bekerja setelah ambang batas bahaya terlampaui dan sensor tetap reaktif. Oleh karena itu, sistem keamanan rumah tangga yang ideal harus menggunakan metode yang dapat mendeteksi dan memprediksi tingkat gas yang meningkat dengan menggunakan pola pembacaan sensor yang tercatat sepanjang waktu.

Menurut [2], kombinasi algoritma Fuzzy logic dan K-Nearest Neighbor (KNN) memiliki potensi besar untuk sistem klasifikasi berbasis sensor. Fuzzy Logic menangani ketidakpastian nilai sensor melalui representasi linguistik, sedangkan KNN mampu mengelompokkan data baru berdasarkan kesamaan dengan data latih. Dengan menggabungkan kedua teknik ini, teknik Fuzzy-KNN dapat menghasilkan sistem prediksi yang akurat dan adaptif untuk menentukan tingkat bahaya gas dalam kondisi dinamis.

Berdasarkan latar belakang ini, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang dapat memprediksi tingkat bahaya gas di lingkungan rumah tangga menggunakan metode Fuzzy-KNN yang diintegrasikan dengan sensor MQ-2 dan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini diharapkan mengklasifikasikan kondisi gas menjadi tiga kategori: Aman, Siaga dan Bahaya, serta memberikan peringatan dini melalui LED dan buzzer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Gas MQ-2

Sensor MQ-2 merupakan sensor gas berbasis semikonduktor SnO_2 yang sangat sensitif terhadap gas yang mudah terbakar seperti LPG, metana, hidrogen, asap rokok dan karbon monoksida. Sensor ini memiliki waktu respon yang cepat, sensitivitas tinggi, dan hemat biaya, sehingga banyak digunakan dalam sistem deteksi kebocoran gas rumah tangga maupun industri [3]; [4].

Dalam studi oleh [5], sensor MQ-2 diuji dalam berbagai jarak dan waktu eksposur

terhadap kebocoran gas. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin dekat sensor dengan sumber gas dan semakin lama waktu paparan, semakin tinggi nilai output sensor. Ini membuktikan efektivitas MQ-2 dalam mendeteksi perubahan konsentrasi gas secara cepat. Selain fitur sensitivitasnya, sensor MQ-2 memiliki model matematis yang menjelaskan hubungan antara resistansi sensor dan konsentrasi gas. Hubungan empiris ini diwakili sebagai berikut:

$$\frac{R_s}{R_o} = A \cdot (PPM)^B$$

Di mana R_o adalah resistansi dalam udara bersih dan A, B adalah konstanta kalibrasi. Semakin tinggi konsentrasi gas, semakin rendah resistansi R_s . Sensor MQ-2 beroperasi dalam sirkuit pembagi tegangan dengan resistor beban (R_L), menghasilkan tegangan keluaran:

$$V_{out} = V_{cc} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_s}$$

dan nilai R_s dapat dihitung dari:

$$R_s = R_L \cdot \left(\frac{V_{cc}}{V_{out}} - 1 \right)$$

Pada langkah ini, nilai tegangan analog yang dihasilkan sensor dapat diubah menjadi resistansi. Nilai R_o kemudian dibandingkan dengan nilai R_o untuk mengetahui konsentrasi gas dalam satuan ppm. Prosedur ini dilakukan dengan menggunakan kurva empiris yang ditentukan pada datasheet.



Gambar 1 Sensor MQ-2

2.2 Mikrokontroler Arduino

Arduino merupakan platform mikrokontroler open-source yang mudah diprogram dan umum digunakan dalam sistem otomasi. Arduino Uno dan Mega 2560 menjadi pilihan populer karena integrasi yang mudah dengan sensor gas, modul komunikasi seperti SIM800L, serta aktuator seperti buzzer dan LCD [4]; [6]; [5].

[5] menunjukkan bahwa arduino dapat mengolah data dari sensor MQ-2 dan secara

otomatis mengirimkan peringatan via SMS menggunakan modul SIM800L, ini mendukung aplikasi real-time monitoring kebocoran gas.

2.3 Sistem Deteksi Kebocoran Gas

Sistem deteksi kebocoran gas berbasis sensor MQ dan Arduino telah banyak dikembangkan. Beberapa penelitian mengintegrasikan sistem ini dengan IoT dan platfor komunikasi seperti telegram untuk memberikan peringatan dini kepada pengguna [7]; [3]. Dalam beberapa studi lainnya, sistem dilengkapi dengan LCD, buzzer, relay, serta purifier seperti exhaust fan dan filter karbon aktif untuk mengurangi konsentrasi gas berbahaya [3]; [8].

2.4 Studi Terdahulu

Berbagai Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem deteksi kebocoran gas menggunakan sensor MQ dengan logika fuzzy, KNN, atau ANN. [7] menerapkan fuzzy Mamdani berbasis IoT untuk LPG, tetapi hanya mengklasifikasikan dua kondisi. Sistem berbasis MQ dan mikrokontroler [3]; [9]; [5] bersifat ambang tetap tanpa klasifikasi bertingkat. [4] menunjukkan akurasi tinggi (97,97%), namun hanya mendeteksi keberadaan gas. Pendekatan KNN dan metode hybrid [10]; [6]; [11] meningkatkan akurasi, dan kombinasi fuzzy-KNN efektif menangani ambiguitas data [2]. ANN akurat tetapi kompleks [8]. Belum ada sistem yang mengintegrasikan Fuzzy-KNN untuk klasifikasi bertingkat (aman, siaga, bahaya) berbasis MQ-2 secara real-time. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem prediksi bahaya gas adaptif dan efisien untuk rumah tangga.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Fuzzy Logic - KNN

Metode Fuzzy-KNN menggabungkan logika fuzzy dan K-Nearest Neighbor (K-NN) untuk menangani data tidak pasti dan fluktuatif, seperti sensor gas. Logika fuzzy memodelkan ketidakpastian dengan representasi linguistik (rendah, sedang, tinggi) dan fuzzy Mamdani umum digunakan karena sederhana dan akurat [7]; [6]. K-NN menentukan kelas berdasarkan mayoritas K

tetangga terdekat [10] dan hybrid K-NN dapat meningkatkan akurasi pada data kompleks [11]. Fuzzy-KNN memadukan jarak tetangga dan bobot keanggotaan fuzzy, sehingga klasifikasi lebih adaptif terhadap ketidakpastian data sensor. Pendekatan ini efektif untuk prediksi tingkat bahaya gas real-time berbasis MQ-2 [6], dengan perhitungan derajat keanggotaan mengikuti [12] dan [13].

$$u_i = \frac{\sum_{j=1}^k u_i(x_j) \left(\frac{1}{\|x_- - x_j\|^{2/(m-1)}} \right)}{\sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{\|x - x_j\|^{2/(m-1)}} \right)}$$

Dengan $u_i(x)$ adalah derajat keanggotaan data uji terhadap kelas- i , x_j merupakan data latih ke- j dan m adalah parameter fuzzifer (umumnya antara 1,5 dan 3). Nilai keanggotaan yang lebih tinggi menunjukkan kedekatan yang lebih akurat antara data uji dan kelas tertentu.

Rumus umum perhitungan jarak Euclidean yang digunakan dalam K-NN adalah sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Nilai x dan y merepresentasikan pembacaan sensor CO dan LPG. Data baru dibandingkan dengan seluruh data latih untuk menentukan tiga tetangga terdekat ($K=3$). Jika tidak ada kelas mayoritas, logika fuzzy digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan tiap kelas. Integrasi K-NN dan fuzzy meningkatkan akurasi pada data tidak pasti [2], sedangkan Minkowski Distance diusulkan sebagai pengembangan dari Euclidean Distance dalam perhitungan jarak [14] dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$d_i = \left(\sum_{j=1}^n |x_{qj} - x_{ij}|^p \right)^{1/p}$$

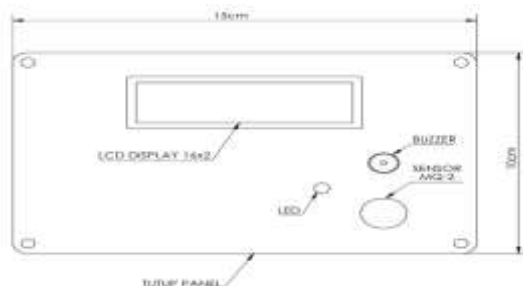
Parameter p pada jarak Minkowski (Manhattan $p=1$, Euclidean $p=2$) meningkatkan akurasi pada data berdistribusi berbeda. LMGL-FkNN [15] menambah stabilitas terhadap outlier dan class imbalance. Fuzzy-KNN cocok untuk data MQ-2 yang fluktuatif, disederhanakan agar efisien di Arduino Uno tetap akurat dan real-time.

3.2 Design Penelitian

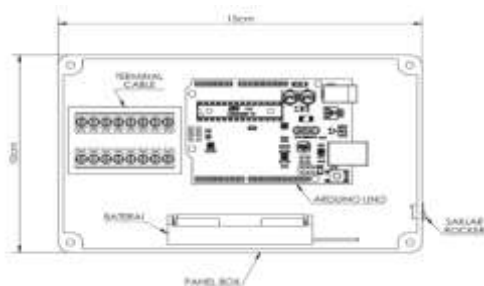
Penelitian ini bersifat eksperimen untuk mengembangkan sistem prediksi bahaya gas berbasis Fuzzy-KNN menggunakan data dari sensor MQ-2 di rumah tangga. Pendekatan ini menangani ketidakpastian sensor dan mengklasifikasikan tingkat bahaya (aman, siaga, bahaya) secara real-time, dengan keluaran LCD, buzzer, dan LED sebagai indikator.

3.3 Gambar Mekanikal

Perangkat menggunakan casing plastik minimalis dengan LCD 16x2, LED merah, buzzer, dan sensor MQ-2 di bagian depan. Arduino Uno dan modul pendukung disusun rapi di dalam casing. Desain ini menekankan keamanan, portabilitas, dan kemudahan penggunaan di rumah tangga.



Gambar 2 Mekanikal Tampak Depan

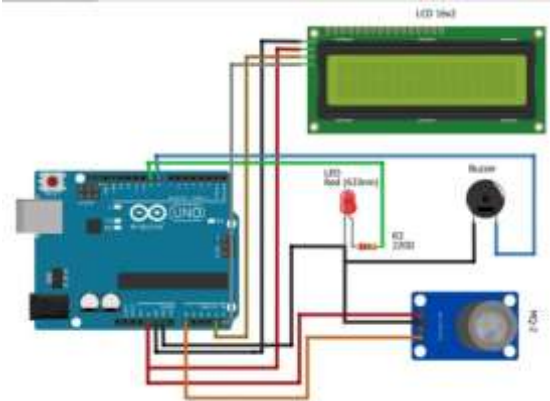


Gambar 3 Mekanikal Tampak Dalam

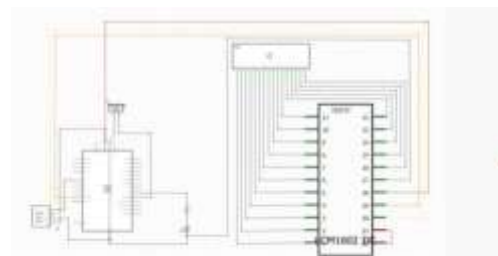
3.1.2 Gambar Elektrikal

Gambar elektrikal menunjukkan sistem deteksi gas berbasis Arduino Uno, dengan sensor MQ-2 terhubung ke pin A0 untuk membaca konsentrasi gas. LCD 16x2 (I2C) terhubung ke pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) untuk menampilkan hasil klasifikasi. LED merah pada pin D7 dan buzzer pada pin D8 berfungsi sebagai indikator bahaya. Seluruh rangkaian menggunakan catu daya 5V dari

Arduino, dan data sensor diproses dengan algoritma Fuzzy-KNN untuk mengaktifkan indikator sesuai tingkat bahaya.



Gambar 2 Elektrikal Design



Gambar 3 Elektrikal Skematik

3.3.3 Perancangan Sistem

Pada tahap ini, sistem prediksi gas berbasis Fuzzy-KNN dibangun untuk mengklasifikasikan tingkat bahaya gas (Aman, Siaga dan Bahaya) dengan menggunakan sensor MQ-2 sebagai komponen utama pendeteksi. Nilai pembacaan analog sensor diubah menjadi satuan ppm (part per million), dan metode Fuzzy-KNN digunakan dalam mikrokontroler Arduino Uno. Algoritma fuzzy-KNN diterapkan dalam tiga tahapan yaitu:

1. Tahap Perhitungan Jarak (Distance Calculation)

Setiap data uji dari sensor dibandingkan dengan seluruh data pelatihan untuk menentukan kedekatan antar data. Perhitungan jarak menggunakan metode Euclidean Distance sederhana, yang dirumuskan sebagai

$$d_i = |x_q - x_i|$$

dimana x_q merupakan nilai pembacaan sensor saat ini (data uji), sedangkan x_i adalah nilai pada pelatihan. Rumus ini digunakan dalam fungsi Euclidean Distance untuk menghitung selisih absolut antar nilai sensor.

2. Tahap Pembobotan Tetangga (Weighting)

Setelah diperoleh jarak tiap data, sistem memberikan bobot fuzzy berdasarkan kebalikan jarak dengan rumus:

$$w_i = \frac{1}{d_i}$$

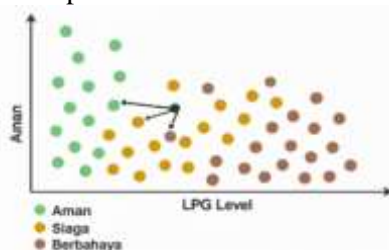
Semakin kecil jarak antara data uji data latih, semakin besar bobot keanggotaan fuzzy yang diberikan. Proses ini dilakukan dalam fungsi fuzzyKNN untuk menentukan kontribusi setiap tetangga terhadap hasil klasifikasi.

3. Tahapan Akumulasi dan Penentuan Kelas (Membership Aggregation)

Setiap kelas (Aman, Siaga dan Bahaya) memperoleh jumlah total bobot $K=3$ tetangga terdekat. Kelas dengan jumlah bobot tertinggi dipilih sebagai hasil akhir prediksi menggunakan prinsip maximum membership rule, sebagaimana ditulis pada persamaan berikut:

$$c_{Pred} = arg \max_i \sum_{j=1}^k w_{ij}$$

Hasil prediksi ditampilkan pada LCD 16x2 sementara LED merah dan buzzer diaktifkan sebagai sistem peringatan ketika konsentrasi gas melebihi ambang batas bahaya. Dalam penelitian ini, rumus Fuzzy-KNN disederhanakan agar efisien diterapkan pada Arduino Uno dengan menghilangkan parameter fuzziness kompleks dan menggunakan pembobotan per kelas. Pendekatan ini tetap mengikuti prinsip Fuzzy-KNN namun lebih ringan secara komputasi sehingga dapat berjalan real-time pada sistem berbasis sensor MQ-2. Proses klasifikasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 4 Ilustrasi Pengambilan 3 Data Tetangga

4. Penetapan Kategori Ambang Batas Tingkat bahaya Gas

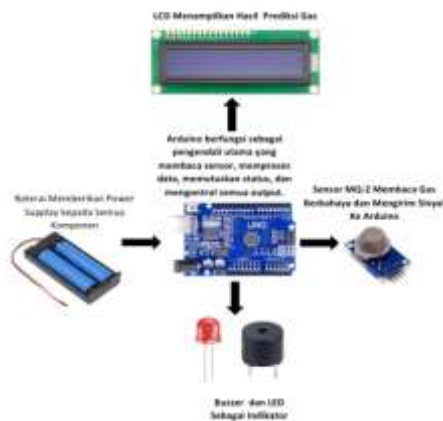
Berdasarkan karakteristik sensor MQ-2, kalibrasi baseline, dan pengujian di lingkungan rumah tangga, tingkat bahaya gas LPG dapat dikategorikan menjadi tiga: aman (0–300 ppm), siaga (301–500 ppm), dan bahaya (≥ 501 ppm). Penetapan ambang ini mengikuti respons sensor terhadap konsentrasi gas yang fluktuatif, didukung literatur sebelumnya yang menyebut respons signifikan MQ-2 terjadi pada konsentrasi tinggi sekitar 800 ppm [16]; [17]. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip early warning, sehingga sistem dapat memberikan peringatan dini sebelum konsentrasi gas mencapai level berisiko tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa kategori bahaya yang disesuaikan dengan karakteristik MQ-2 efektif untuk implementasi sistem deteksi gas real-time yang responsif dan adaptif terhadap perubahan konsentrasi LPG di rumah tangga.

3.3.3 Perakitan Hardware

Perakitan hardware menghubungkan semua komponen sistem secara terintegrasi. Sensor MQ-2 terhubung ke Arduino Uno (VCC, GND, A0), LCD I2C ke SDA/A4 dan SCL/A5, buzzer ke D8, dan LED merah ke D9 melalui resistor 220 Ω . Arduino mendapat daya dari USB atau power bank, dan komponen dirapikan dalam enclosure. Setelah diprogram dengan algoritma Fuzzy-KNN di Arduino IDE, sistem diuji dan dikalibrasi dengan paparan gas untuk mengevaluasi akurasi, respons, dan efektivitas peringatan. Gambar hardware dan flowchart ditunjukkan di bawah.



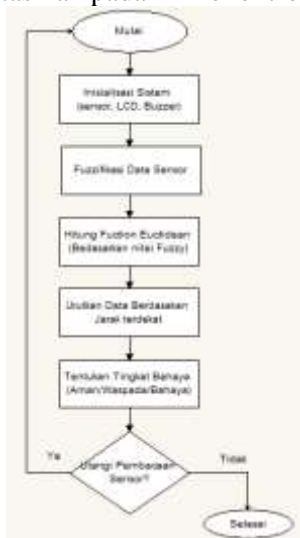
Gambar 7 Perakitan Hardware



Gambar 8 Diagram Rangkaian Hardware

3.3.4 Flowchart Sistem

Adapun flow chart sistem yang saya rancang dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Flowchart ini menjelaskan alur kerja sistem pendeteksi tingkat bahaya gas berbasis sensor MQ-2 dengan metode Fuzzy-KNN yang diimplementasikan pada mikrokontroler yaitu:



Gambar 9 Flowchart Deteksi Gas Berbasis Fuzzy-KNN

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Sistem

Sistem prediksi bahaya gas rumah tangga terdiri dari sensor MQ-2, Arduino Uno, LCD 16x2 I2C, buzzer, dan LED indikator. Sensor mendeteksi gas mudah terbakar seperti LPG, metana, dan asap, lalu datanya diproses Arduino menjadi informasi prediksi bahaya. Sistem menampilkan status “AMAN,” “SIAGA,” atau “BAHAYA” pada LCD, serta memberi peringatan melalui buzzer dan LED untuk memudahkan pengguna.

4.2 Hasil Implementasi Program

Arduino IDE digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak sistem menggunakan bahasa C/C++. Program mencakup kalibrasi baseline dengan menyimpan nilai rata-rata sensor pada udara bersih sebagai referensi, kemudian data sensor diubah menjadi perkiraan konsentrasi gas (ppm) menggunakan persamaan berikut.

$$GasPPM = (sensorValue - baseline) \times 1.5$$

Selanjutnya, algoritma Fuzzy-KNN diterapkan dengan menghitung jarak Euclidean antara input sensor dan dataset, memilih tiga tetangga terdekat (K=3), serta menghitung bobot fuzzy $w=1/dw = 1/dw=1/d$. Kelas dengan bobot tertinggi menjadi prediksi, dan sistem mengontrol output LED serta buzzer sesuai kategori bahaya.

4.3 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk menilai kemampuan sistem untuk mendeteksi gas pada konsentrasi yang berbeda. Uji coba menggunakan gas LPG rumah tangga, asap rokok dan asap kertas. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian.

Tabel 1 Tabel Pengujian Sistem Fuzzy-KNN Berbasis Sensor MQ-2

No.	Konsentrasi Gas (PPM)	Tegangan Sensor	Status LED/Buzzer	Klasifikasi Prediksi	Keterangan
1	0,0	0,79	OFF	AMAN	Udara bersih, tanpa gas terdeteksi
2	34,5	1,55	OFF	AMAN	Konsentrasi gas sangat rendah
3	76,5	1,14	OFF	AMAN	Belum ada indikasi bahaya
4	94,5	1,17	OFF	AMAN	Nilai sensor stabil pada kondisi aman
5	100,0	1,60	OFF	AMAN	Ambang bawah gas mulai terdeteksi
6	129,0	1,63	OFF	AMAN	Kadar gas meningkat sedikit
7	150,0	1,89	OFF	AMAN	Belum mencapai batas siaga
8	193,5	1,49	OFF	AMAN	Fluktuasi kecil pada sensor
9	211,0	1,89	OFF	AMAN	Gas mulai terdeteksi stabil
10	250,5	2,06	OFF	AMAN	Nilai tegangan meningkat moderat
11	276,0	1,71	OFF	AMAN	Masih dalam batas aman
12	297,0	1,85	OFF	AMAN	Hampir

No.	Konsentrasi Gas (PPM)	Tegangan Sensor	Status LED/Buzzer	Klasifikasi Prediksi	Keterangan
					mendekati kondisi siaga
13	321,0	1,99	OFF	SIAGA	Gas mulai terakumulasi
14	351,0	2,30	OFF	SIAGA	Sistem mendeteksi potensi peningkatan gas
15	390,0	2,06	OFF	SIAGA	Kondisi gas cukup tinggi
16	433,5	2,26	OFF	SIAGA	Batas siaga tercapai
17	451,5	2,41	OFF	SIAGA	Peringatan dini mulai aktif
18	498,0	2,37	OFF	SIAGA	Gas berada pada ambang bahaya
19	546,0	2,44	ON	BAHAYA	Alarm aktif, konsentrasi melewati batas aman
20	562,5	2,55	ON	BAHAYA	Kondisi gas berbahaya
21	620,5	2,60	ON	BAHAYA	Gas dalam konsentrasi tinggi
22	711,0	2,85	ON	BAHAYA	Potensi ledakan meningkat
23	880,5	3,12	ON	BAHAYA	Tingkat bahaya sangat tinggi
24	921,0	3,30	ON	BAHAYA	Sensor dalam kondisi jenuh
25	1170,0	4,12	ON	BAHAYA	Gas mencapai level maksimum terdeteksi

Tabel 1 Data Hasil Uji Waktu Respon Sensor (Response Time Test)

No	Kondisi Uji	Waktu Respon (detik)	Status Sistem	Keterangan
1	Paparan gas mendadak (LPG 1000 ppm)	0,80	LED/Buzzer ON	Respon cepat, alarm aktif
2	Paparan sedang (LPG 500 ppm)	0,86	LED OFF	Sistem stabil, belum aktif
3	Paparan rendah (LPG 200 ppm)	0,83	LED OFF	Tidak ada alarm, sensor siap
4	Gas berhenti (recovery)	1,05	LED OFF	Sensor kembali ke kondisi awal

Dari hasil uji waktu respon, sistem menunjukkan rata-rata waktu respon 0,83 detik yang menandakan kemampuan sistem mendeteksi perubahan kadar gas dan mengaktifkan alarm secara rela-time (<1 detik). Hal ini sesuai dengan karakteristik sensor MQ-2 yang memiliki waktu respon 0,5-1 detik untuk gas mudah terbakar. Waktu pemulihan sistem gas setelah gas berhenti (recovery) juga relatif cepat kembali ke awal,

menunjukkan stabilitas sirkuit dan algoritma Fuzzy-KNN dalam membaca nilai analog sensor.

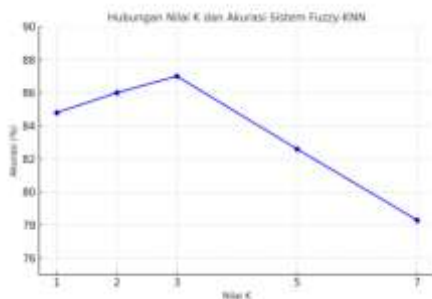
Tabel 2 Data Hasil Pengujian Pengaruh Jarak Terhadap Tegangan Sensor MQ-2

No	Jarak (cm)	Tegangan Sensor (V)	Keterangan
1	1	3,43	Sensor menerima paparan langsung gas, tegangan maksimum
2	2	3,40	Konsentrasi gas tinggi, penurunan kecil dari jarak 1 cm
3	3	2,68	Tegangan menurun signifikan akibat difusi gas
4	4	2,60	Sensor masih merespons kuat terhadap gas
5	5	2,55	Konsentrasi gas mulai menurun
6	6	2,26	Tegangan menurun seiring bertambahnya jarak
7	7	2,21	Sensor masih mampu mendeteksi gas secara stabil
8	8	2,23	Fluktuasi ringan akibat penyebaran gas
9	9	2,02	Tegangan rendah, gas terdispersi di udara
10	10	1,90	Sensor masih mendeteksi gas dalam jumlah kecil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6, dapat dilihat bahwa tegangan sensor MQ-2 menurun secara bertahap seiring dengan bertambahnya jarak sumber gas. Pada jarak 1 cm tegangan mencapai 3,43 V, menandakan paparan gas sangat pekat pada permukaan sensor. Nilai tegangan kemudian menurun hingga 1,90 V pada jarak 10 cm, akibat penurunan konsentrasi gas di udara karena efek difusi. Perubahan tegangan yang cukup signifikan pada rentang 1-5 cm menunjukkan bahwa area tersebut merupakan zona deteksi optimal sensor MQ-2, di mana perubahan konsentrasi gas dapat dideteksi dengan cepat dan akurat oleh sistem Fuzzy-KNN. Setelah jarak 6 cm, sensor masih mampu memberikan pembacaan stabil meskipun intensitas gas yang terdeteksi menurun. Hal ini menandakan bahwa sistem memiliki stabilitas dan sensitivitas yang baik terhadap jarak dan konsentrasi gas.

4.4 Pembahasan

Pengujian sistem Fuzzy-KNN dilakukan untuk menentukan nilai K optimal dari 46 data uji. Hasil menunjukkan K memengaruhi akurasi: K=1 sensitif terhadap fluktuasi sensor (84,8%) dan rawan overfitting [13], K=2 sedikit lebih stabil (86%) tetapi masih rentan tie antar kelas [15]. K=3 memberikan akurasi tertinggi 87% dengan respons rata-rata 0,83 detik, seimbang antara sensitivitas dan kestabilan. K>3 menurunkan akurasi (K=5: 82,6%; K=7: 78,3%) karena oversmoothing [2]. Pola ini menegaskan K=3 sebagai nilai optimal untuk klasifikasi tingkat bahaya gas.



Gambar 5 Hubungan nilai K dan akurasi sistem Fuzzy-KNN

Tabel 3 Hasil Pengujian Akurasi Sistem Berdasarkan Variasi Nilai K

Nilai K	Prediksi Benar (dari 46 data)	Akurasi (%)	Karakteristik Sistem
1	39	84,8%	Sangat sensitif, overfitting
2	40	86,0%	Cenderung tie, lebih stabil
3	40	87,0%	Paling optimal, stabil
5	38	82,6%	Oversmoothing, sensitivitas berkurang
7	36	78,3%	Terlalu rata, kurang responsif

Berdasarkan Tabel 4, akurasi meningkat dari K=1 hingga tertinggi di K=3, menunjukkan kestabilan dan performa klasifikasi terbaik. K>3 menurunkan akurasi karena oversmoothing, sehingga K=3 dianggap nilai optimal untuk sistem prediksi bahaya gas.

5. KESIMPULAN

- Sistem prediksi bahaya gas berbasis Fuzzy-KNN berhasil diimplementasikan menggunakan sensor MQ-2 dengan akurasi

87% dalam mengklasifikasikan kondisi aman, siaga, dan bahaya.

- Sistem memiliki waktu respons kurang dari 1 detik sehingga mampu bekerja secara real-time dan efisien pada Arduino Uno. Integrasi logika fuzzy dan K-NN meningkatkan stabilitas serta ketepatan klasifikasi terhadap data sensor yang fluktuatif.
- Penelitian ini berkontribusi pada penerapan metode hybrid Fuzzy-KNN pada sistem embedded berbasis mikrokontroler sebagai solusi peringatan dini kebocoran gas rumah tangga yang ringan secara komputasi dan responsif.
- Keterbatasan penelitian terletak pada kalibrasi sensor yang masih empiris dan jumlah dataset yang terbatas.
- Pengembangan selanjutnya disarankan melakukan kalibrasi menggunakan alat standar, memperluas dataset, mengintegrasikan modul komunikasi (GSM/IoT), serta mengoptimalkan komputasi menggunakan mikrokontroler dengan spesifikasi lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya sehingga tugas akhir “Pengembangan Sistem Prediksi Tingkat Bahaya Gas di Lingkungan Rumah Tangga Berbasis Fuzzy-KNN dan Sensor MQ-2 pada Mikrokontroler” dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat studi di Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam. Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan motivasi selama penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua kandung dan keluarga tercinta, yang dengan doa, kasih sayang dan pengorbanan yang tulus senantiasa menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah penulis. Dukungan moril maupun materi yang diberikan telah menjadi landasan utama hingga penulis mampu menyelesaikan studi ini dengan baik.
2. Orang tua angkat yang dengan penuh ketulusan telah menerima penulis

layaknya anak sendiri. Doa, perhatian dan dukungan yang diberikan menjadi tambahan motivasi yang sangat berharga bagi penulis dalam menyelesaikan studi ini.

3. Bapak Sumantri Kurniawan Risdariaya, ST, MT, dengan kesabaran dan ketulusan telah membimbing penulis selama penyusunan tugas akhir, memberikan arahan ilmiah, motivasi, dan dukungan moral yang membuat penulis lebih percaya diri menyelesaikan studi. Segala bimbingan dan dedikasi beliau menjadi inspirasi dan kenangan berharga bagi penulis.
4. Bapak Nanta Fakhri Prebianto, S.ST., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika serta seluruh dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Elektro yang telah menanamkan ilmu, pengalaman, serta bimbingan selama masa kuliah.
5. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika angkatan 22 (2022), atas semangat, kebersamaan dan dukungan yang menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan ini.
6. Liony Apriyanti Manurung, S.Tr.Log yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi yang tulus selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini. Dukungan yang diberikan turut membantu penulis dalam menjalani proses studi dengan baik.
7. Bapak Roy Ferdinal Simanjuntak, A.Md.T, S.T selaku Kepala Jurusan TITL, guru kejuruan dan wali kelas penulis dan seluruh guru SMK Negeri 1 Sirandorung, yang telah memberikan ilmu serta motivasi yang sangat berarti bagi perkembangan akademik penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat sebagai tambahan pengetahuan serta menjadi rujukan bagi peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Nurjanah, H. Handayani, et al., "Rancang Bangun Pendeteksi dan Penetralisir Asap Rokok Dalam Ruangan Menggunakan Sensor MQ-2 dan Metode Fuzzy Logic", ... *Student J.* ..., vol IV, bll 7–14, 2023.
- [2] L. H. Zain, E. Setiawan, et al. Fitriyah, "Sistem Deteksi Kematangan Buah Mangga berdasarkan kandungan Gas NH₃, C₂H₅OH dan VOCs menggunakan metode K-Nearest Neighbor (K-NN)", *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol 5(9), no 9, bll 3792–3798, 2021, [Online]. Available at: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [3] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, et al. Dewantoro, "Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2", *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol 21, no 1, bll 131–144, 2022, doi: 10.31358/techne.v21i1.312.
- [4] S. W. I. Made, A. A. N. Gunawan, P. I. Ketut, et al. S. I. Ketut, "Design and Manufacture of LPG Gas Leak Detection Based on Arduino Uno Using MQ-2 Sensor", *Asian J. Res. Rev. Phys.*, vol 8, no 1, bll 27–32, 2024, doi: 10.9734/ajr2p/2024/v8i1155.
- [5] A. Rofik, "Analisis Kebocoran Gas Lpg Dengan Menggunakan Sensor Gas MQ-2", *SinarFe7*, bll 206–208, 2021.
- [6] E. Talakua, "Implementasi Sensor Gas Untuk Deteksi Jenis Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani", *Cyclotron*, vol 7, no 01, bll 76–83, 2024, doi: 10.30651/cl.v7i01.21445.
- [7] Amir, Fazri, Novianda, Maulan, et al. Rahmat, "Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquefied Petroleum Gas Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet of Things", *J. Teknol.*, vol 12, no 2, bll 151–158, 2020.
- [8] A. D. Churniawan, "Deteksi kondisi Udara dengan Sensor MQ Series dan MG Menggunakan Multi-Layer Perceptron", vol 4, no 1, bll 165–170, 2025, doi: 10.31284/p.semtik.2025-1.7012.
- [9] I. Muslem R, "Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Rumah Tangga

- Menggunakan Mq-2 Sensor Dan Mikrokontroler”, *J. Tika*, vol 6, no 02, bll 58–64, 2021, doi: 10.51179/tika.v6i02.457.
- [10] A. Denih en I. Anggraeni, “Beef Freshness Detection Device Based on Gas and Color Sensors using the K-Nearest Neighbor Method”, bll 2539–2545, 2023, doi: 10.46254/an13.20230690.
- [11] F. Sharifonnasabi *et al.*, “Hybrid HCNN-KNN Model Enhances Age Estimation Accuracy in Orthopantomography”, *Front. Public Heal.*, vol 10, no May, bll 1–14, 2022, doi: 10.3389/fpubh.2022.879418.
- [12] H. Salem, M. Y. Shams, O. M. Elzeki, M. A. Elfattah, J. F. Al-amri, en S. Elnazer, “Fine-Tuning Fuzzy KNN Classifier Based on Uncertainty Membership for the Medical Diagnosis of Diabetes”, *Appl. Sci.*, vol 12, no 3, bll 1–26, 2022, doi: 10.3390/app12030950.
- [13] Z. Behdani, M. D.-J. of D. S. and Modeling, en undefined 2025, “Fuzzy K-Nearest Neighbor in Classification and Regression”, *Jdscm.Atu.Ac.Ir*, vol 2, no 2, bll 217–244, 2024, [Online]. Available at: https://jdscm.atu.ac.ir/article_18938.html
- [14] M. Mailagaha Kumbure en P. Luukka, “A generalized fuzzy k-nearest neighbor regression model based on Minkowski distance”, *Granul. Comput.*, vol 7, no 3, bll 657–671, 2022, doi: 10.1007/s41066-021-00288-w.
- [15] A. A. Amer, S. D. Ravana, en R. A. A. Habeeb, “On enhancing data classification using local mean-based fuzzy K-nearest neighbor algorithms”, *Adv. Data Anal. Classif.*, 2025, doi: 10.1007/s11634-025-00653-6.
- [16] Muzdalifah, Syahrul, dan Dyah Vitalocca. 2022. Pendeteksi “Pengembangan Sistem Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Melalui Telegram Messenger.” *Jurnal MEDIA ELEKTRIK* 20(1): 5–14.
- [17] N. Real-time en D. Winarti, “Sistem Monitoring Dan Deteksi Kebocoran Gas Lpg Berbasis Iot Dengan”, vol 5, no 3, 2025, doi: 10.58794/jekin.v5i3.1644.