

LITERATURE REVIEW: ANALISIS METODE FILTERING DAN NOTIFIKASI PADA SISTEM DETEKSI KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS IOT

Tsalsa Rizki Rahmadani^{1*}, Aswin Rosadi², Ashr Hafiizh Tantri³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Penulis korespondensi: tsalsa.rizki.rahmadani-2023@ft.um-surabaya.ac.id

ABSTRAK

Kebocoran *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) masih menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kebakaran dan ledakan pada lingkungan rumah tangga maupun usaha kecil. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong berbagai penelitian dalam pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis sensor dan mikrokontroler. Namun, sistem deteksi gas masih menghadapi permasalahan berupa ketidakstabilan pembacaan sensor akibat noise lingkungan, potensi *false alarm*, serta keterbatasan sistem notifikasi *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan metode deteksi, filtering data sensor, dan sistem notifikasi pada sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis IoT berdasarkan 30 jurnal terindeks Scopus dan SINTA pada tahun 2021–2025. Kajian ini diharapkan dapat memberikan pemetaan penelitian terkini serta mengidentifikasi keterbatasan penelitian sebelumnya sebagai landasan pengembangan sistem yang lebih stabil dan responsif. Metode penelitian dilakukan melalui studi literatur dengan mengumpulkan, menyeleksi, dan menganalisis 30 jurnal menggunakan kata kunci deteksi kebocoran gas LPG, *Internet of Things*, sensor gas, filtering data, dan sistem notifikasi. Literatur diklasifikasikan berdasarkan metode deteksi, filtering data sensor, sistem notifikasi, performa sistem, dan keterbatasan penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian menggunakan sensor MQ-series serta mikrokontroler Arduino dan ESP32. Metode *threshold* masih banyak diterapkan, namun pembacaan sensor dipengaruhi noise dan fluktuasi data. Beberapa penelitian menerapkan pengolahan data sensor dan notifikasi *real-time* untuk meningkatkan kestabilan pembacaan. Integrasi antara filtering data dan notifikasi pada *platform* IoT berbiaya rendah masih menjadi kendala. Sehingga untuk memperbaiki kelemahan ketidakstabilan pembacaan data pada pengembangan pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino, diperlukan metode *threshold* yang dilengkapi dengan metode *Moving Average Filter*.

Kata kunci: Deteksi kebocoran gas LPG, *Internet of Things*, *Moving Average Filter*, *Threshold*, Sistem Notifikasi

1 PENDAHULUAN

Kebocoran *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) merupakan salah satu ancaman keselamatan yang paling sering terjadi di lingkungan rumah tangga dan usaha kecil di Indonesia. Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat bahwa sepanjang tahun 2024 terdapat 935 kasus kebakaran dari 2.408 total laporan bencana di seluruh Indonesia, menjadikan kebakaran sebagai jenis bencana dengan frekuensi tertinggi sebesar 38,82% (BNPB, 2024). Lebih spesifik, Dinas Kebakaran dan Penanggulangan Bencana DKI Jakarta melaporkan bahwa dari 1.888 kejadian kebakaran sepanjang 2024, sebanyak 60,8% dipicu oleh faktor gas dan instalasi listrik (Dinas Kebakaran DKI Jakarta, 2024). Kondisi ini menegaskan bahwa sistem deteksi kebocoran gas yang andal dan responsif merupakan kebutuhan yang mendesak, terutama di lingkungan permukiman padat. Beberapa penelitian telah merancang *prototype* pendeteksi gas sederhana berbasis sensor dan mikrokontroler, namun sebagian besar masih mengandalkan metode konvensional yang kurang andal dalam kondisi nyata (Baballe et al., 2021), (Rahmalisa et al., 2021)

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong integrasi sistem deteksi gas dengan *platform* monitoring berbasis jaringan, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan secara *real-time* dari jarak jauh. Berbagai penelitian telah mengimplementasikan sensor MQ-series bersama mikrokontroler Arduino maupun ESP32 sebagai komponen utama, dengan memanfaatkan *platform* seperti Blynk, ThingSpeak, dan Telegram sebagai media notifikasi (Jumaa et al., 2022),(Sesanti & Rahmanto, 2025).Meskipun demikian, sistem-sistem tersebut masih menghadapi permasalahan ketidakstabilan pembacaan sensor akibat noise lingkungan yang menyebabkan potensi *false alarm* (Rudavskyi et al., 2024),(Arif & Astutik, 2024).

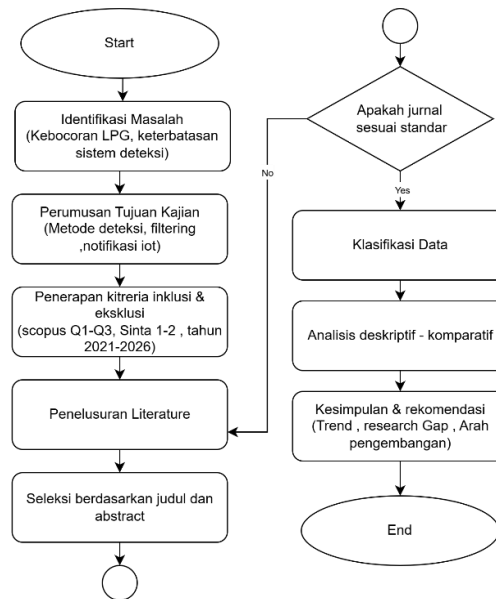
Penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan metode filtering seperti Kalman Filter dan *Moving Average Filter* mampu mereduksi fluktuasi data sensor secara signifikan sehingga meningkatkan keandalan sistem (Pramana et al., 2025),(Pramono et al., 2023).

Berbagai kajian literatur juga mengidentifikasi bahwa integrasi antara mekanisme filtering data dan sistem notifikasi *real-time* pada *platform* IoT berbiaya rendah masih menjadi tantangan yang belum terselesaikan secara optimal (Chew et al., 2025), (Robalino P et al., 2025).Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada salah satu aspek, yakni akurasi deteksi atau kecepatan notifikasi, tanpa mempertimbangkan kestabilan pembacaan data secara bersamaan. Kondisi ini menciptakan celah penelitian yang signifikan, terutama pada pengembangan sistem berbasis Arduino dengan komponen berbiaya rendah yang tetap mampu memberikan pembacaan stabil dan notifikasi yang responsif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan metode deteksi, filtering data sensor, dan sistem notifikasi pada sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis IoT melalui kajian terhadap 30 jurnal terindeks Scopus maupun SINTA periode 2021–2025. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan pemetaan penelitian terkini serta menjadi landasan pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino yang menggabungkan metode *Threshold* dan *Moving Average Filter* untuk menghasilkan pembacaan data yang lebih stabil dan responsif.

2 METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Literature Review* untuk menganalisis perkembangan metode deteksi, filtering data sensor, dan sistem notifikasi pada sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode ini dilakukan secara sistematis melalui proses identifikasi masalah, penelusuran literatur, seleksi artikel, klasifikasi data, hingga analisis dan penyusunan rekomendasi penelitian. Tahapan Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



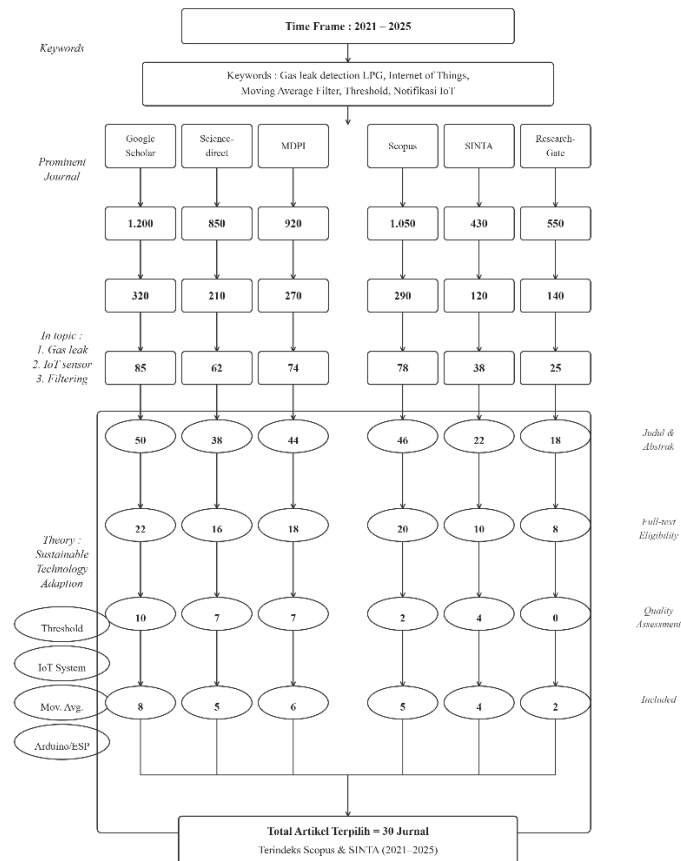
Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Pengumpulan dan Seleksi Literature

Penelitian ini merupakan studi literatur (*Literature Review*) yang bertujuan menganalisis, mengklasifikasikan, dan mensintesis temuan dari berbagai publikasi ilmiah terkait sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis *Internet of Things* (IoT). Pendekatan yang digunakan bersifat kualitatif-deskriptif, di mana setiap literatur dikaji secara mendalam untuk mengidentifikasi tren perkembangan teknologi, celah penelitian yang belum terselesaikan, serta arah pengembangan sistem yang lebih optimal. Studi literatur dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan metode deteksi, teknik filtering data sensor, dan sistem notifikasi dari berbagai perspektif penelitian tanpa terbatas pada satu konteks eksperimen tertentu (Kwaśny & Bombalska, 2023),(Chew et al., 2025).

2.2 Klasifikasi dan Analisis Data

Proses pengumpulan dan seleksi literatur pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.1. Pencarian literatur dilakukan pada enam basis data jurnal terkemuka, yaitu Google Scholar, ScienceDirect, MDPI, Scopus, SINTA, dan ResearchGate, menggunakan kata kunci utama: gas leak detection, LPG leak, IoT, *Moving Average Filter*, dan *Threshold*. Dari proses pencarian awal diperoleh total 5.000 artikel dari seluruh basis data. Selanjutnya dilakukan penyaringan berdasarkan topik yang mencakup deteksi kebocoran gas, sensor IoT, dan filtering, sehingga tersisa 1.350 artikel. Tahap berikutnya adalah penerapan kriteria inklusi berupa indeksasi Scopus atau SINTA, menghasilkan 362 artikel yang kemudian disaring kembali menjadi 218 artikel. Proses title and abstract screening mempersempit jumlah artikel menjadi 94, yang kemudian dievaluasi kelayakan teks lengkapnya (*full-text eligibility review*) hingga tersisa 30 artikel. Tahap akhir adalah *quality assessment* yang mempertimbangkan relevansi topik, kemutakhiran referensi, dan kontribusi terhadap celah penelitian, sehingga diperoleh 30 jurnal final yang diterbitkan pada rentang tahun 2021–2025, terdiri atas 13 artikel terindeks Scopus peringkat Q1 hingga Q3 dan 17 artikel terindeks SINTA peringkat S2 hingga S3.



Gambar 1. Klasifikasi

Seluruh literatur yang telah terseleksi kemudian dianalisis dan diklasifikasikan ke dalam lima kategori utama, yaitu: (1) metode deteksi gas, (2) metode filtering data sensor, (3) sistem notifikasi *real-time*, (4) performa sistem, serta (5) keterbatasan penelitian. Berdasarkan hasil klasifikasi, 30 jurnal terbagi ke dalam enam kelompok metode, yaitu IoT Sensor Dasar sebanyak 11 jurnal, IoT dengan Filtering dan Algoritma Klasik sebanyak 4 jurnal, Machine Learning Klasik sebanyak 3 jurnal, Deep Learning sebanyak 3 jurnal, Hybrid Multi-Method sebanyak 3 jurnal, serta *Literature Review* dan Optical Methods sebanyak 6 jurnal. Klasifikasi dilakukan menggunakan tabel matriks literatur yang memuat informasi peneliti dan tahun, judul, kategori metode, objek penelitian, hasil utama, akurasi atau performa, kelebihan, kekurangan, serta reputasi jurnal. Tahap akhir adalah sintesis literatur untuk membandingkan performa antar metode, mengidentifikasi pola dominan yang muncul secara konsisten, serta merumuskan celah penelitian sebagai dasar rekomendasi pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino menggunakan metode *Threshold* dan *Moving Average Filter*.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengkaji 30 jurnal terindeks Scopus dan SINTA yang diterbitkan pada rentang tahun 2021–2025 terkait sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis IoT. Hasil kajian disajikan berdasarkan klasifikasi pada empat aspek utama, yaitu metode dan komponen deteksi gas, metode filtering data sensor, sistem notifikasi, serta identifikasi research gap dan arah penelitian selanjutnya. Secara umum gambaran perkembangan penelitian pada bidang ini ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Klasifikasi Literatur

No.	Penulis (Tahun)	Sensor	Mikrokontroler	Metode Deteksi	Sistem Notifikasi	Metode Filtering	Reputasi
1	(Baballe et al., 2021)	MQ-5	Arduino Uno	<i>Threshold</i>	Buzzer, LCD, SMS (GSM SIM900)	Tidak ada	Q1
2	(Inggi & Pangala, 2021)	MQ-2	Arduino Nano	<i>Threshold</i>	Buzzer, LCD, LED, SMS (SIM800L)	Tidak ada	SINTA 3
3	(Suhartono & Suhadi, 2021)	MQ-6	Arduino	<i>Threshold</i> (>200 ppm)	Buzzer, LCD, SMS (GSM SIM900A)	Tidak ada	SINTA 2
4	(Rahmalisa et al., 2021)	MQ-6	Wemos D1	<i>Threshold</i> (>80)	Buzzer, Telegram, Website	Tidak ada	SINTA 2
5	(Pacheco Fernández et al., 2021)	Sensor H2S	-	Komparatif statistik (RMSE, MAE)	-	Tidak ada	Q2
6	(Islam et al., 2022)	MQ-4	NodeMCU	<i>Threshold</i>	Buzzer, SMS, Solenoid Valve	Tidak ada	Q2
7	(Jumaa et al., 2022)	MQ-2	NodeMCU ESP8266	<i>Threshold</i>	Buzzer, Blynk, ThingSpeak	Tidak ada	SINTA 2
8	(Kweon et al., 2022)	Sensor CO2 elektrokimia	-	Algoritma in-situ	Wireless OOK	Tidak ada	Q1
9	(Fušnik et al., 2022)	Multi-sensor	-	<i>Literature Review</i>	-	Tidak ada	Q1
10	(Cepa et al., 2023)	Multi-sensor (NDIR, optik)	-	<i>Literature Review</i>	-	Tidak ada	Q1
11	(Kwaśny & Bombalska, 2023)	Sensor optik (TDLS, CRDS)	-	<i>Literature Review</i>	-	Tidak ada	Q1
12	(Pramono et al., 2023)	ZMPT101B	Arduino	<i>Threshold</i>	-	<i>Moving Average Filter</i>	SINTA 3
13	(Belay et al., 2023)	Sensor IoT multivariat	-	ML & Deep Learning	-	ML-based	Q1
14	(Arif & Astutik, 2024)	MQ-2	ESP8266	Fuzzy Logic Mamdani	Buzzer, Telegram (MQTT)	Tidak ada	SINTA 3
15	(Pamungkas et al., 2024)	MQ-6	Arduino	<i>Threshold</i> (200–400 ppm)	Buzzer, Blower otomatis	Tidak ada	SINTA
16	(Edward et al., 2024)	Sensor gas + load cell	IoT	<i>Threshold</i>	Buzzer, LED, Alarm	Tidak ada	Q2
17	(Lee et al., 2024)	Kamera Ultrasonic	+ Deep Learning (YOLOv5)	AI-based	-	Deep Learning	Q1

18	(Waskita et al., 2024)	MAX30100	ESP32	Threshold	-	Chebyshev II Filter	SINTA 2
19	(Rudavskiy et al., 2024)	BME680 + CCS811	Arduino Uno	Threshold	-	Moving Average + Sensor Fusion	Q2
20	(Himawan et al., 2024)	Sensor nutrisi	ESP32	IoT + Regresi Linier	Dashboard	Tidak ada	SINTA 2
21	(Babu et al., 2024)	MQ-2	NodeMCU	Threshold	Real-time IoT Cloud	Tidak ada	Q2/Q3
22	(Hidayat, 2018)	MQ136 + TGS822	Arduino Mega	KNN	-	Tidak ada	SINTA 2
23	(Sesanti & Rahmanto, 2025)	MQ-2	NodeMCU	Threshold ($\pm 5\%$)	ThingSpeak, Web	Tidak ada	SINTA 3
24	(Pramana & Author, 2025)	Sensor gas	Arduino	Kalman Filter	-	Kalman Filter	SINTA 2
25	(Robalino P et al., 2025)	MQ-5, MQ-6, MQ-135	ESP32	Threshold (2000 ppm)	Telegram, Grafana, MQTT	Tidak ada	Q3
26	(Chew et al., 2025)	EC + MOS	-	Systematic Review + ML	-	ML-based	Q1
27	(El Barkani et al., 2024)	Thermal imaging MLX90640	Arduino Nano 33 BLE	TinyML (CNN)	-	Deep Learning	Q1
28	(Indra Maulana et al., 2024)	Sensor biogas	IoT	Eksperimen fermentasi	Dashboard	Tidak ada	SINTA 2
29	(Qothrunnada et al., 2024)	Sensor seismik	-	Hybrid CNN-GRU	-	Deep Learning	SINTA 2
30	(Kurniawan D. Irianto, 2018)	Sensor level air	ESP32 + LoRa	IoT Monitoring	Smartphone	Tidak ada	SINTA 2

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa sensor MQ-series (MQ-2, MQ-5, MQ-6, MQ-135) mendominasi penggunaan komponen deteksi gas pada literatur yang dikaji, dengan mikrokontroler Arduino dan ESP8266/ESP32 sebagai *platform* pemrosesan utama. Dominasi ini tidak lepas dari harga komponen yang terjangkau, ketersediaan yang luas di pasaran, serta kompatibilitas tinggi dengan *platform* IoT berbiaya rendah (Baballe et al., 2021), (Inggi & Pangala, 2021), (Suhartono & Suhadi, 2021). Sensor MQ-series bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi akibat konsentrasi gas di udara sehingga dapat mendeteksi berbagai jenis gas mudah terbakar termasuk LPG, metana, dan propana pada rentang konsentrasi tertentu (Babu et al., 2024). Sementara itu, beberapa penelitian mengembangkan pendekatan berbasis sensor optik, sensor elektrokimia, dan kamera termal untuk keperluan lingkungan industri yang lebih kompleks, namun pendekatan tersebut membutuhkan biaya implementasi yang jauh lebih tinggi sehingga kurang sesuai untuk aplikasi rumah tangga berbiaya rendah (Kwaśny & Bombalska, 2023), (El Barkani et al., 2024).

3.1 Metode Deteksi dan Permasalahan Fluktuasi Pembacaan Sensor

Dari 30 literatur yang dikaji, hanya sebagian kecil yang secara eksplisit menerapkan metode filtering untuk meningkatkan stabilitas pembacaan sensor. Penelitian (Pramana, 2025)

menerapkan algoritma Kalman Filter pada sistem deteksi kebocoran LPG berbasis Arduino dan menunjukkan bahwa dengan parameter optimal $R=10$ dan $Q=0.01$, stabilitas pembacaan sensor gas meningkat secara signifikan dan noise lingkungan dapat direduksi. Pada konteks sensor yang berbeda, penelitian (Pramono et al., 2023), menerapkan *Moving Average Filter* (MAF) dengan periode 5 dan 10 pada sensor tegangan ZMPT101B berbasis Arduino, dan menunjukkan bahwa MAF periode 10 mampu menurunkan rata-rata error pengukuran dari 0,38% menjadi 0,14% dibandingkan tanpa filter. Penelitian (Rudavskyi et al., 2024), menerapkan kombinasi sensor fusion antara BME680 dan CCS811 dengan moving average filtration pada sistem monitoring kualitas udara berbasis Arduino Uno, dan menunjukkan peningkatan reliabilitas pembacaan parameter kualitas udara secara *real-time*. Penelitian (Waskita et al., 2024) menerapkan Chebyshev II Filter pada sistem monitoring kesehatan berbasis ESP32 dan berhasil menurunkan *error* pengukuran BPM hingga 0,23%. Perbandingan metode filtering yang diterapkan pada literatur yang dikaji disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 2. ,Perbandingan Metode Filtering

No	Penulis (Tahun)	Metode Filtering	Hasil	Keterbatasan	Research Gap
1	Pramana (2025)	Kalman Filter	Stabilitas pembacaan meningkat, noise berkurang dengan $R=10$, $Q=0.01$	Belum terintegrasi dengan IoT dan notifikasi <i>real-time</i>	Integrasi <i>Kalman Filter</i> dengan sistem notifikasi IoT pada deteksi gas LPG
2	Pramono et al. (2023)	<i>Moving Average Filter</i> (MAF)	Error turun dari 0,38% menjadi 0,14% pada MAF periode 10	Tidak dibandingkan dengan metode filter lain; belum terintegrasi IoT	Penerapan MAF pada sensor gas MQ-series berbasis Arduino
3	Rudavskyi et al. (2024)	Sensor Fusion + Moving Average	Reliabilitas pembacaan kualitas udara meningkat secara <i>real-time</i>	Terbatas lingkungan residensial; belum ada prediksi otomatis	Integrasi MAF dan sensor gas untuk deteksi kebocoran gas LPG
4	Waskita et al. (2024)	Chebyshev II Filter	Error BPM turun hingga 0,23%; SpO2 error mendekati 0%	Belum dibandingkan filter lain; ada delay pemrosesan	Perbandingan efektivitas filter sinyal pada sensor gas
5	Arif & Astutik (2024)	Fuzzy Logic (bukan filter, namun adaptif)	Klasifikasi multi-level kondisi gas berhasil diterapkan	Akurasi sensor MQ-2 masih terbatas; rule fuzzy terbatas	Kombinasi Fuzzy Logic dengan filtering untuk stabilitas + klasifikasi
6	Baballe et al. (2021)	Tidak ada	Deteksi gas berhasil, notifikasi SMS terkirim	Tidak ada analisis kuantitatif akurasi sensor; tidak ada filtering	Penerapan filtering untuk menstabilkan pembacaan sensor MQ-5
7	Suhartono & Suhadi (2021)	Tidak ada	Deteksi optimal pada jarak 5 cm dengan 268 ppm	Belum ada filtering; masih bergantung jaringan GSM	Integrasi MAF untuk stabilitas pembacaan sensor MQ-6

8	Robalino P et al. (2025)	Tidak ada	<i>Response time</i> <2 detik; ketersediaan 89,48%	Belum ada redundansi; masih bergantung koneksi internet	Penerapan filtering untuk mengurangi <i>false alarm</i> pada sistem IoT
---	--------------------------	-----------	--	---	---

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa *Moving Average Filter* memiliki keunggulan implementasi yang paling sederhana pada mikrokontroler berbiaya rendah seperti Arduino, karena hanya membutuhkan penyimpanan sejumlah data historis dan perhitungan rata-rata secara berkala tanpa memerlukan penentuan matriks kovarians yang kompleks seperti pada Kalman Filter (Pramana & et.al., 2025), (Pramono et al., 2023). Namun demikian, penerapan MAF secara khusus pada sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino dengan integrasi notifikasi *real-time* belum ditemukan pada literatur yang dikaji, sehingga hal ini menjadi celah penelitian yang signifikan.

3.2 Sistem Notifikasi dan Tingkat Integrasi dengan Filtering

Sistem notifikasi pada literatur yang dikaji terbagi dalam tiga kategori utama. Pertama, notifikasi lokal berupa buzzer, LCD, dan LED yang bekerja secara independen tanpa memerlukan koneksi jaringan (Baballe et al., 2021), (Inggi & Pangala, 2021). Kedua, notifikasi berbasis SMS Gateway melalui modul GSM seperti SIM800L dan SIM900 yang tidak bergantung pada koneksi internet namun memerlukan jaringan seluler aktif (Suhartono & Suhadi, 2021), (Inggi & Pangala, 2021). Ketiga, notifikasi berbasis internet melalui *platform* IoT seperti Telegram, Blynk, ThingSpeak, dan MQTT yang memberikan kecepatan respon tertinggi namun bergantung penuh pada kestabilan koneksi internet (Jumaa et al., 2022), (Sadali et al., 2025), (Robalino P et al., 2025). Penelitian (Robalino P et al., 2025) melaporkan response time kurang dari 2 detik dari deteksi hingga visualisasi data pada *platform* Grafana, jauh lebih cepat dibandingkan sistem berbasis GSM yang membutuhkan waktu lebih dari 5 detik. Akan tetapi, ketersediaan layanan sistem tersebut hanya mencapai rata-rata 89,48%, masih di bawah standar ideal 95%, karena belum ada mekanisme redundansi dan buffering data lokal saat koneksi internet terganggu (Robalino P et al., 2025), Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem notifikasi berbasis IoT yang telah dikembangkan sejauh ini masih belum dipadukan dengan metode filtering data sensor yang memadai untuk mencegah pengiriman notifikasi palsu akibat fluktuasi pembacaan sensor. Tabel 3.2.1 menyajikan pemetaan arah penelitian selanjutnya (*future research*) berdasarkan temuan pada literatur yang dikaji.

Tabel 3. Future Research

No	Arah Penelitian	Referensi
1	Integrasi <i>Moving Average Filter</i> dengan metode <i>Threshold</i> pada sistem deteksi gas LPG berbasis Arduino untuk mengurangi fluktuasi pembacaan dan <i>false alarm</i>	(Pramono et al., 2023), (Suhartono & Suhadi, 2021), (Pamungkas et al., 2024)
2	Pengembangan sistem notifikasi ganda (lokal + IoT) dengan mekanisme <i>backup</i> saat koneksi internet tidak stabil	(Robalino P et al., 2025), (Rahmalisa et al., 2021), (Sesanti & Rahmanto, 2025)
3	Perbandingan kuantitatif efektivitas MAF dan <i>Kalman Filter</i> pada sensor MQ-series untuk deteksi kebocoran gas LPG	(Pramana, 2025), (Pramono et al., 2023), (Rudavskyi et al., 2024)
4	Kalibrasi sensor MQ-series berbasis konsentrasi gas terukur (ppm) untuk meningkatkan validitas nilai <i>threshold</i>	(Baballe et al., 2021), (Inggi & Pangala, 2021), (Pamungkas et al., 2024)

5	Penambahan mekanisme <i>solenoid valve</i> otomatis sebagai aktuator respon kebocoran gas yang terintegrasi dengan sistem notifikasi IoT	(Islam et al., 2022), (Robalino P et al., 2025), (Inggi & Pangala, 2021)
---	--	--

Berdasarkan Tabel 3, arah penelitian yang paling mendesak dan belum terjawab secara optimal pada literatur yang dikaji adalah integrasi antara metode *Moving Average Filter* dengan metode *Threshold* pada sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino yang dilengkapi notifikasi *real-time*. Sebagian besar penelitian yang telah mengimplementasikan filtering seperti (Pramana eet.ak., 2025) dan (Pramono et al., 2023) belum mengintegrasikannya dengan sistem notifikasi IoT, sementara penelitian yang telah mengembangkan sistem notifikasi IoT seperti (Robalino P et al., 2025) dan (Sesanti & Rahmanto, 2025) belum mempertimbangkan mekanisme filtering untuk menstabilkan data sensor sebelum dikirimkan sebagai notifikasi. Kesenjangan ini menjadi dasar utama pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya yang menggabungkan kedua aspek tersebut secara simultan dalam satu arsitektur sistem yang terintegrasi, berbiaya rendah, dan dapat diimplementasikan pada lingkungan rumah tangga.

4 KESIMPULAN

Kesimpulan Kajian literatur terhadap 30 jurnal terindeks Scopus maupun SINTA periode 2021–2025 ini berhasil memetakan perkembangan metode deteksi, teknik filtering data sensor, serta sistem notifikasi pada sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis *Internet of Things* (IoT). Temuan menunjukkan bahwa konfigurasi dominan yang digunakan adalah sensor MQ-series dipadukan dengan mikrokontroler Arduino atau ESP32 dengan metode *threshold* sebagai mekanisme deteksi utama. Pendekatan ini terbukti efektif dari sisi kesederhanaan dan biaya implementasi, namun secara konsisten menunjukkan keterbatasan berupa ketidakstabilan pembacaan akibat noise lingkungan dan fluktuasi data, yang berimplikasi pada tingginya potensi *false alarm* serta menurunnya keandalan sistem dalam kondisi operasional nyata. Hasil sintesis literatur memperkuat temuan bahwa penerapan teknik filtering, khususnya *Moving Average Filter* dan Kalman Filter, mampu mereduksi variansi pembacaan sensor secara signifikan dibandingkan sistem tanpa mekanisme filtering, sehingga teknik ini dapat dipandang sebagai solusi yang relevan terhadap permasalahan stabilitas data yang teridentifikasi. Pada aspek notifikasi, ditemukan pergeseran tren dari mekanisme konvensional berbasis SMS dan buzzer menuju *platform* IoT seperti Telegram, Blynk, dan ThingSpeak yang menawarkan kapabilitas pemantauan *real-time* dengan latensi lebih rendah.

Meskipun demikian, kajian ini mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang konsisten muncul di sebagian besar literatur, yaitu belum terintegrasinya secara utuh antara mekanisme filtering data dan sistem notifikasi *real-time* pada *platform* IoT berbiaya rendah. Sebagian besar penelitian terdahulu cenderung mengoptimalkan salah satu aspek- baik stabilitas pembacaan maupun kecepatan notifikasi-tanpa mempertimbangkan keduanya secara simultan dalam satu kerangka sistem yang utuh. Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino yang mengintegrasikan metode *Threshold* dengan *Moving Average Filter* merupakan arah pengembangan yang secara teoritis dan empiris paling potensial untuk menjawab kebutuhan akan sistem deteksi yang stabil, responsif, dan tetap ekonomis. Urgensi pengembangan ini juga didukung oleh tingginya insidensi kebakaran berbasis gas yang tercatat secara nasional, sehingga kontribusi penelitian ini relevan baik secara akademis maupun aplikatif. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan integrasi kedua metode tersebut dalam bentuk *prototipe* fungsional, serta melakukan validasi empiris pada kondisi lapangan yang bervariasi guna mengukur tingkat akurasi, *response time*, dan reliabilitas sistem secara komprehensif sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Surabaya, khususnya program studi informatika atas dukungan fasilitas selama penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Aswin Rosadi selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Ashr Hafiizh Tantri selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moral sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, M. Z., & Astutik, R. P. (2024). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas pada LPG dan Suhu Ruangan Berbasis Protokol MQTT Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 6(2), 109. <https://doi.org/10.30595/jrre.v6i2.24304>
- Baballe, M. A., Magashi, U. Y., Garko, B. I., Umar, A. A., Magaji, Y. R., & Surajo, M. (2021). Automatic Gas Leakage Monitoring System Using Mq-5 Sensor. *Review of Computer Engineering Research*, 8(2), 64–75. <https://doi.org/10.18488/journal.76.2021.82.64.75>
- Babu, T., Nair, R. R., Kishore, S., & Vineeth, M. (2024). Enhancing Gas Leak Detection with IoT Technology: An Innovative Approach. *Procedia Computer Science*, 235, 961–969. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.091>
- Belay, M. A., Blakseth, S. S., Rasheed, A., & Salvo Rossi, P. (2023). Unsupervised Anomaly Detection for IoT-Based Multivariate Time Series: Existing Solutions, Performance Analysis and Future Directions. *Sensors*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/s23052844>
- Cepa, J. J., Pavón, R. M., Caramés, P., & Alberti, M. G. (2023). A Review of Gas Measurement Practices and Sensors for Tunnels. *Sensors*, 23(3). <https://doi.org/10.3390/s23031090>
- Chew, B. K., Mahmud, A., & Singh, H. (2025). Autonomous Hazardous Gas Detection Systems: A Systematic Review. *Sensors*, 25(21), 1–24. <https://doi.org/10.3390/s25216618>
- Edward, A. B., Okwu, M. O., Oreko, B. U., Ugorji, C., Ezekiel, K., Orikpete, O. F., Maware, C., & Okonkwo, C. P. (2024). Development of a Smart Monitoring System for Advancing LPG Cylinder Safety and Efficiency in Sub-Saharan Africa. *Procedia Computer Science*, 232(2023), 839–848. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.084>
- El Barkani, M., Benamar, N., Talei, H., & Bagaa, M. (2024). Gas Leakage Detection Using Tiny Machine Learning. *Electronics (Switzerland)*, 13(23), 1–15. <https://doi.org/10.3390/electronics13234768>
- Fuśnik, Ł., Szafraniak, B., Paleczek, A., Grochala, D., & Rydosz, A. (2022). A Review of Gas Measurement Set-Ups. *Sensors*, 22(7). <https://doi.org/10.3390/s22072557>
- Hidayat, I. (2018). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Menggunakan Sensor MQ-6 Berbasis Jaringan Sensor Wireless Gas Leak Detection System Using MQ-6 Based On Wireless Sensor Network. *Jurnal Tecno Com*, Vol. 17 No(4), 355–364. <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/technoc/article/view/1771>
- Himawan, A., Putra, W. H. N., & Setiawan, E. (2024). RAFT: An IoT-Based Nutrition Monitoring System for Bok Choy Hydroponics Plants. *Jurnal RESTI*, 8(2), 258–264. <https://doi.org/10.29207/resti.v8i2.5560>
- Indra Maulana, B., Suryamiharja, A., Wisesa, P. C., Munadi, R., & Sussi, S. (2024). Utilization of Household Organic Waste into Biogas and Integrated with IoT. *Jurnal RESTI*, 8(6), 839–845. <https://doi.org/10.29207/resti.v8i6.5906>
- Inggi, R., & Pangala, J. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino. *Simkom*, 6(1), 12–22. <https://doi.org/10.51717/simkom.v6i1.51>
- Islam, G. Z., Hossain, M. M., Faruk, M., Nur, F. N., Hasan, N., Khan, K. M., & Tumpa, Z. N. (2022). IoT-Based Automatic Gas Leakage Detection and Fire Protection System.

- International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(21), 49–70.
<https://doi.org/10.3991/ijim.v16i21.30311>
- Jumaa, N. K., Abdulkhaleq, Y. M., Nadhim, M. A., & Abbas, T. A. (2022). IoT Based Gas Leakage Detection and Alarming System using Blynk *platforms*. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*, 18(1), 64–70. <https://doi.org/10.37917/ijeec.18.1.8>
- Kurniawan D. Irianto. (2018). Design of Smart Farm Irrigation Monitoring System Using IoT and LoRA. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 6(1), 47–56.
- Kwaśny, M., & Bombalska, A. (2023). Optical Methods of Methane Detection. *Sensors*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/s23052834>
- Kweon, S. J., Park, J. H., Park, C. O., Yoo, H. J., & Ha, S. (2022). Wireless Kitchen Fire Prevention System Using Electrochemical Carbon Dioxide Gas Sensor for Smart Home. *Sensors*, 22(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s22113965>
- Lee, J. H., Kim, Y. S., Rehman, A., Kim, I. K., Lee, J. J., & Yun, H. S. (2024). Development of an AI-based image/ultrasonic convergence camera system for accurate gas leak detection in petrochemical plants. *Heliyon*, 10(7), e28905. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28905>
- Pacheco Fernández, M., Despot, D., & Barjenbruch, M. (2021). Comparison of h2s gas sensors: A sensor management procedure for sewer monitoring. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910779>
- Pamungkas, D. R., Setiawan, A., & Widiyanto, A. (2024). Design of Arduino-based LPG Gas Leak Detection Tool using MQ-6 Sensor. *Innovation, Technology, and Entrepreneurship Journal*, 1(1), 21–27. <https://doi.org/10.31603/itej.10687>
- Pramana, R. H., & Author, C. (2025). Embedded System of LPG Leakage Detection Using Arduino Microcontroller and Kalman Filter Algorithm. *Journal Research and Development (ITJRD)*, 10(1), 11–20. <http://journal.uir.ac.id/index/php/ITJRD>
- Pramono, S., Tarihoran, J. B., & Wibisono, G. (2023). Implementasi Moving Average Filter untuk Sensor Tegangan pada Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Jalan. *Dinamika Rekayasa*, 19(1), 37. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2023.19.1.536>
- Qothrunnada, L., Yanti, I., & Pauzan, M. (2024). Implementasi Logika Fuzzy Pada Alat Pendeteksi Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan pH dan Tingkat Kejernihan. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 225–234. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20241118289>
- Rahmalisa, U., Febriani, A., & Irawan, Y. (2021). Detector leakage gas LPG based on telegram notification using wemos D1 and MQ-6 sensor. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(4), 287–290. <https://doi.org/10.18196/jrc.2493>
- Robalino P, E. F., Llerena, A., Flores, L. A., Trujillo, F., Freire, L. O., & Lara, F. (2025). IoT-Based System for Detecting and Monitoring LPG Leaks in Residential Settings †. *Engineering Proceedings*, 115(1), 1–9. <https://doi.org/10.3390/engproc2025115009>
- Rudavskiy, I., Klym, H., Kostiv, Y., Karbovnyk, I., Zhydenko, I., Popov, A. I., & Konuhova, M. (2024). Utilizing an Arduino Uno-Based System with Integrated Sensor Data Fusion and Filtration Techniques for Enhanced Air Quality Monitoring in Residential Spaces. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/app14199012>
- Sadali, M., Mahpuz, Arifin, M., & Wasil, M. (2025). Implementasi Teknologi Internet of Things (IoT) pada Sistem Keamanan Loker dengan Verifikasi Biometrik. *Jurnal PRINTER: Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika Dan Komputer*, 3(1), 107–119. <https://doi.org/10.29408/jprinter.v3i1.31091>
- Sesanti, A., & Rahmanto, Y. (2025). Design of a Gas Leak Detection System Based on IoT and Web Server Perancangan Sistem Deteksi Kebocoran Gas Bebas IoT dan Web Server. *Institut Riset Dan Publikasi Indonesia (IRPI)*, 5(April), 550–557.
- Suhartono, S., & Suhadi, I. (2021). Pressure measurement algorithm of LPG leakage using

- MQ6 sensor and GSM SIM900 for smart home. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 13(2), 78–85. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v13i2.677.78-85>
- Waskita, N. I., Tandingan, H. M., Hafizh, R., Suwaendi, S. J., & Magfirawaty, M. (2024). ESP32 and MAX30100 with Chebyshev Filter for Enhanced Heart and Oxygen Measurement. *Jurnal RESTI*, 8(5), 651–657. <https://doi.org/10.29207/resti.v8i5.5945>