T R e k R i T e l
(Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro
Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026, ISSN 2776 – 5946
DOI: https://doi.org/10.51510/trekritel.v6i2.005

Peningkatan Akurasi Deteksi Kebocoran Gas LPG pada Sistem IoT Menggunakan Moving Average Filter dan Notifikasi Adaptif

Thea Fitri Astarani[1]*, Stephanie Christina Yolanda Pardede[2], Michael Stevano Sinurat[3], Nurafni Carol[4], Aprima Anugerah Matondang[5]
[1]*,[2],[3],[4],[5] Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan, Indonesia
e-mail: theafitriastarani@polmed.ac.id

Abstrak— Kebocoran gas LPG di lingkungan kantin kampus merupakan risiko keselamatan yang signifikan akibat intensitas penggunaan kompor dan keterbatasan pengawasan. Sistem deteksi konvensional yang hanya mengandalkan alarm lokal tidak memberikan peringatan jarak jauh, sehingga respons terhadap kebocoran menjadi lambat. Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring dan peringatan dini kebocoran gas berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor MQ-2, mikrokontroler ESP32, dan platform notifikasi Telegram. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan *Moving Average Filter* untuk menstabilkan pembacaan sensor dan mengurangi *false alarm*, dikombinasikan dengan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat yang menyesuaikan tingkat bahaya kebocoran. Pengujian dilakukan pada tiga skenario konsentrasi gas dengan sepuluh kali pengulangan masing-masing. Hasil menunjukkan bahwa filter mampu mereduksi fluktuasi pembacaan hingga 42,3% dan menurunkan *false alarm* dari 7 kejadian menjadi 1 kejadian dalam 24 jam pengujian. Latensi notifikasi rata-rata tercatat 2,8 detik, dengan akurasi deteksi 96,7%. Sistem ini layak diterapkan sebagai solusi keselamatan kebakaran di lingkungan kantin kampus dan relevan untuk direplikasi pada area serupa.

Kata kunci : Deteksi Kebocoran Gas, IoT, *Moving Average Filter*, ESP32, Notifikasi Adaptif

Abstract—*LPG gas leaks in campus canteen environments pose a significant safety risk due to the high intensity of stove usage and limited supervision. Conventional detection systems relying solely on local alarms do not provide remote warnings, resulting in slow response to leaks. This study implements an IoT-based gas leak monitoring and early warning system integrating an MQ-2 sensor, an ESP32 microcontroller, and the Telegram notification platform. The novelty lies in the application of a Moving Average Filter to stabilize sensor readings and reduce false alarms, combined with a tiered notification escalation mechanism that adjusts to the severity of the leak. Testing was conducted under three gas concentration scenarios with ten repetitions each. Results show that the filter reduced reading fluctuations by 42.3% and decreased false alarms from 7 events to 1 event within 24 hours of testing. The average notification latency was recorded at 2.8 seconds, with a detection accuracy of 96.7%. This system is feasible as a fire safety solution in campus canteen environments and is relevant for replication in similar areas.*

Keywords : *Gas Leak Detection, IoT, Moving Average Filter, ESP32, Adaptive Notification*

I. PENDAHULUAN

Kantin merupakan fasilitas umum yang hampir selalu hadir di lingkungan kampus dan menjadi pusat aktivitas mahasiswa, dosen, serta tenaga kependidikan. Di balik fungsi sosialnya, kantin menyimpan risiko keselamatan yang sering terabaikan, khususnya terkait penggunaan gas LPG untuk proses memasak. Kebocoran gas LPG merupakan salah satu penyebab utama kebakaran dan ledakan di lingkungan rumah tangga maupun usaha kecil di Indonesia (Kurnia Hadi, 2022), (Astarani et al., 2026). Risiko ini meningkat pada kantin kampus karena intensitas penggunaan kompor yang tinggi, keterbatasan ruang, serta pengawasan yang tidak berlangsung terus-menerus.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 33 – 42,

Sistem deteksi kebocoran gas konvensional umumnya hanya mengandalkan alarm lokal yang berbunyi di lokasi kejadian. Keterbatasan ini menjadi signifikan ketika kebocoran terjadi di luar jam operasional atau ketika tidak ada personel yang berada di dekat lokasi. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan integrasi sensor gas dengan platform monitoring berbasis jaringan, sehingga pengguna dapat menerima peringatan secara *real-time* dari jarak jauh (Afiyat et al., 2026), (Christina et al., 2026). Berbagai penelitian telah mengimplementasikan sensor MQ-series bersama mikrokontroler ESP32 dengan platform seperti Blynk, ThingSpeak, dan Telegram sebagai media notifikasi (Effendi et al., 2024), (Lestari et al., 2026).

Namun, sistem deteksi gas berbasis IoT masih menghadapi permasalahan mendasar berupa ketidakstabilan pembacaan sensor akibat noise lingkungan yang berpotensi memicu *false alarm* (Suprianto, Hardi & Matondang, n.d.), (Sitorus et al., 2025). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan metode filtering seperti Kalman Filter dan *Moving Average Filter* mampu mereduksi fluktuasi data sensor secara signifikan (Pamungkas & Hutabarat, 2025), (Z Zumhari et al., 2025). Meskipun demikian, integrasi antara mekanisme filtering data dan sistem notifikasi *real-time* pada platform IoT berbiaya rendah masih menjadi tantangan yang belum terselesaikan secara optimal (Setiawan et al., 2023). Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada salah satu aspek, yakni akurasi deteksi atau kecepatan notifikasi, tanpa mempertimbangkan kestabilan pembacaan data secara bersamaan.

Selain itu, sistem notifikasi yang ada umumnya bersifat tunggal: ketika ambang batas terlampaui, notifikasi dikirim tanpa membedakan tingkat keparahan kebocoran. Pendekatan ini kurang efektif dalam konteks kantin kampus, di mana personel yang bertanggung jawab mungkin berada di lokasi yang berbeda-beda dan memerlukan informasi mengenai urgensi situasi untuk menentukan tindakan yang tepat. Penelitian terbaru mengusulkan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat, di mana peringatan dikirim secara berurutan kepada pengguna utama, kemudian pengguna cadangan, dan seterusnya hingga ada yang merespons (Mahitala et al., 2025), (Jumaa et al., 2022). Namun, pendekatan tersebut belum diuji dalam konteks lingkungan kantin dengan karakteristik operasional yang spesifik.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang sistem monitoring dan peringatan dini kebocoran gas berbasis IoT yang mengintegrasikan *Moving Average Filter* untuk menstabilkan pembacaan sensor; (2) mengimplementasikan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat yang menyesuaikan tingkat keparahan kebocoran; dan (3) mengevaluasi kinerja sistem pada lingkungan Kantin Politeknik Negeri Medan. Kebaruan penelitian terletak pada kombinasi filtering data sensor dan eskalasi notifikasi bertingkat dalam satu sistem terintegrasi yang dirancang khusus untuk konteks kantin kampus. Kontribusi ini diharapkan dapat mengisi celah penelitian mengenai integrasi filtering dan notifikasi responsif pada platform IoT berbiaya rendah, sekaligus memberikan solusi praktis bagi pengelolaan keselamatan di lingkungan kampus vokasi

II. STUDI PUSTAKA

A. Sensor Gas MQ-2 dan Karakteristiknya

Sensor gas MQ-2 merupakan sensor semikonduktor berbasis oksida logam (*metal oxide semiconductor*) yang banyak digunakan untuk mendeteksi gas mudah terbakar seperti LPG, metana, propana, dan asap. Sensor ini bekerja dengan prinsip perubahan resistansi material sensitif (SnO_2) ketika terpapar gas target. Pada suhu operasi tertentu (sekitar 300–400°C), oksigen teradsorpsi pada permukaan SnO_2, membentuk lapisan depletion yang meningkatkan resistansi. Ketika gas reduktor seperti LPG hadir, gas tersebut bereaksi dengan oksigen teradsorpsi, mengurangi lapisan depletion dan menurunkan resistansi sensor (Kurnia Hadi, 2022).

Sensor MQ-2 memiliki rentang deteksi 200–10.000 ppm untuk LPG dan metana, dengan waktu pemanasan (*preheat*) yang diperlukan sekitar 24–48 jam untuk mencapai stabilitas optimal. Meskipun harganya relatif murah dan ketersediaannya luas, sensor MQ-2 memiliki keterbatasan berupa sensitivitas silang terhadap gas lain (misalnya asap, alkohol, dan CO) serta rentan terhadap fluktuasi akibat perubahan suhu dan kelembapan lingkungan (Muslem R, 2021), (S Suparmono et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan sinyal yang tepat untuk meningkatkan keandalan pembacaan sensor dalam aplikasi deteksi kebocoran gas.

B. Moving Average Filter untuk Stabilitas Pembacaan Sensor

Moving Average Filter (MAF) adalah teknik pengolahan sinyal digital yang sederhana namun efektif untuk mengurangi noise pada data sensor. Filter ini bekerja dengan menghitung rata-rata dari

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

sejumlah sampel terakhir dalam jendela bergulir (*rolling window*), sehingga fluktuasi acak dapat diredam. Secara matematis, MAF dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$y[n] = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} x\,[n-i] \quad (1)$$

dengan $y[n]$adalah nilai terfilter, $x[n]$adalah nilai pembacaan sensor mentah, dan Nadalah ukuran jendela. Pemilihan ukuran jendela N merupakan trade-off antara tingkat penghalusan data dan responsivitas sistem: jendela yang lebih besar memberikan penghalusan lebih baik tetapi memperlambat respons terhadap perubahan mendadak, sedangkan jendela yang lebih kecil lebih responsif tetapi kurang efektif dalam meredam noise (Pamungkas & Lasmaria Hutabarat, 2025), (Purba et al., 2026).

Beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas MAF dalam aplikasi sensor gas. (Taufiq et al., 2024), (Lumbangaol et al., 2025)menerapkan MAF pada sistem monitoring polusi udara berbasis sensor MQ-135 dan melaporkan pengurangan fluktuasi pembacaan hingga 35%. (Faidar et al., 2026) membandingkan Kalman Filter dan MAF pada sistem deteksi kebakaran berbasis MQ-2, dan menemukan bahwa MAF memberikan kinerja yang sebanding dengan kompleksitas komputasi yang jauh lebih rendah, sehingga lebih cocok untuk mikrokontroler dengan sumber daya terbatas seperti ESP32.

C. Sistem Notifikasi IoT dan Eskalasi Bertingkat

Sistem notifikasi merupakan komponen kritis dalam arsitektur IoT untuk peringatan dini. Platform notifikasi yang umum digunakan meliputi SMS, email, aplikasi mobile (Blynk, ThingSpeak), dan aplikasi pesan instan seperti Telegram. Telegram Bot API menawarkan keunggulan berupa kemudahan integrasi, latensi rendah, dan dukungan untuk pesan kaya (*rich message*) dengan tombol interaktif (Afiyat et al., 2026). Beberapa penelitian telah mengimplementasikan notifikasi Telegram untuk sistem deteksi gas, seperti yang dilaporkan oleh Padlin et al. (2025) yang mengembangkan alat deteksi kebocoran gas LPG berbasis ESP8266 dengan notifikasi Telegram.

Namun, sistem notifikasi tunggal memiliki keterbatasan: jika penerima utama tidak tersedia atau tidak merespons, informasi kebocoran tidak sampai kepada pihak yang berwenang. Untuk mengatasi hal ini, Jumaa et al. (2022) mengusulkan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat, di mana peringatan dikirim secara berurutan kepada penerima utama, kemudian penerima cadangan, hingga ada yang merespons. Pendekatan ini meningkatkan keandalan sistem peringatan dini, terutama dalam konteks di mana personel yang bertanggung jawab mungkin tidak selalu berada di lokasi. Namun, integrasi mekanisme eskalasi bertingkat dengan *Moving Average Filter* dalam satu sistem terintegrasi untuk aplikasi kantin kampus belum banyak dieksplorasi.

D. Kesenjangan Penelitian (Research Gap)

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, dapat diidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian. Pertama, sebagian besar penelitian tentang deteksi kebocoran gas berbasis IoT berfokus pada aspek akurasi deteksi atau kecepatan notifikasi secara terpisah, tanpa mempertimbangkan kestabilan pembacaan data secara bersamaan (Anugrah et al., 2026), (Hardi et al., 2021). Kedua, meskipun MAF telah terbukti efektif dalam meredam noise sensor, integrasinya dengan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat dalam satu sistem terintegrasi masih terbatas. Ketiga, pengujian sistem deteksi gas dalam konteks lingkungan kantin kampus dengan karakteristik operasional yang spesifik (intensitas penggunaan kompor tinggi, keterbatasan pengawasan) belum banyak dilakukan.

Penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan sistem monitoring dan peringatan dini kebocoran gas berbasis IoT yang mengintegrasikan *Moving Average Filter* untuk menstabilkan pembacaan sensor dan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat untuk meningkatkan keandalan peringatan. Evaluasi dilakukan secara komprehensif, mencakup stabilitas pembacaan sensor, akurasi deteksi, latensi notifikasi, dan frekuensi *false alarm*, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dan praktis bagi pengembangan sistem keselamatan berbasis IoT di lingkungan kampus.

III. METODE

A. Desain Penelitian dan Variabel

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan *prototyping*, yang mencakup tahapan perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, integrasi sistem, dan

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 33 – 42,

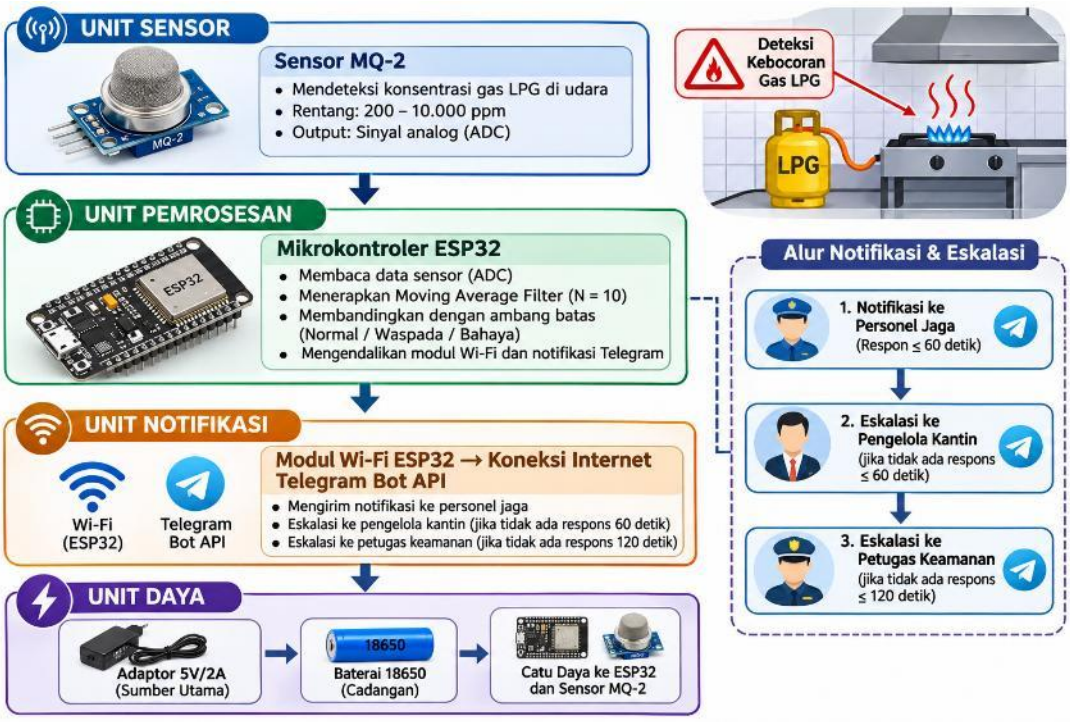
pengujian kinerja. Pendekatan eksperimental dipilih untuk memvalidasi keandalan sistem melalui pengukuran terkontrol terhadap variabel-variabel yang relevan (Christina et al., 2026; Widyatmika et al., 2021). Desain eksperimen yang digunakan adalah *within-subject*, di mana setiap skenario pengujian diberikan perlakuan yang berbeda (tanpa filter dan dengan filter) untuk membandingkan kinerja sistem.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah penerapan *Moving Average Filter* (ada/tidak ada) dan tingkat konsentrasi gas (Normal, Waspada, Bahaya). Variabel dependen meliputi: (a) stabilitas pembacaan sensor (standar deviasi nilai ADC); (b) akurasi deteksi (%); (c) latensi notifikasi (detik); dan (d) frekuensi *false alarm* per 24 jam. Variabel kontrol mencakup jenis sensor (MQ-2), mikrokontroler (ESP32), platform notifikasi (Telegram), dan kondisi lingkungan pengujian (suhu ruang 25±2°C, kelembapan relatif 60±5%).

B. Perancangan Perangkat Keras

Sistem terdiri dari tiga komponen utama: unit sensor, unit pemrosesan, dan unit notifikasi. Unit sensor menggunakan sensor gas MQ-2 yang mampu mendeteksi konsentrasi LPG, metana, dan asap pada rentang 200–10.000 ppm. Sensor ini dipilih karena ketersediaannya yang luas, biaya relatif rendah, dan kompatibilitas dengan mikrokontroler umum (Singewar et al., 2024). Unit pemrosesan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan modul Wi-Fi *built-in* untuk konektivitas internet. ESP32 dipilih karena kemampuannya menjalankan tugas komputasi ringan sekaligus menjaga konektivitas jaringan secara stabil (Setiawan et al., 2023; Widyatmika et al., 2021). Unit notifikasi memanfaatkan platform Telegram Bot API yang mengirimkan pesan secara *real-time* ke perangkat personel kantin.

Rangkaian sistem ditempatkan dalam kotak *enclosure* plastik berukuran 15 × 10 × 6 cm dengan ventilasi untuk sirkulasi udara. Sensor MQ-2 diposisikan pada ketinggian 30 cm dari permukaan lantai, mengingat LPG lebih berat daripada udara sehingga cenderung mengendap di area bawah. Sumber daya menggunakan adaptor 5V/2A yang terhubung ke jaringan listrik kantin, dengan baterai 18650 sebagai cadangan saat listrik padam. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gas Leakage Monitoring Diagram
Sumber: Data Diolah Penulis (2026)

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

C. Perancangan Perangkat Lunak dan Algoritma Filter

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan *library* WiFi.h untuk konektivitas jaringan dan UniversalTelegramBot untuk integrasi notifikasi Telegram (Muslem R, 2021). Alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi sensor dan koneksi Wi-Fi, dilanjutkan dengan pembacaan sensor MQ-2 secara periodik setiap 500 ms. Data mentah kemudian diproses melalui *Moving Average Filter* dengan jendela 10 sampel. Nilai terfilter dibandingkan dengan tiga ambang batas yang telah ditetapkan: "Normal" (<300 ppm), "Waspada" (300–600 ppm), dan "Bahaya" (>600 ppm). Setiap level memicu respons notifikasi yang berbeda, sebagaimana dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Ambang Batas dan Respons Sistem

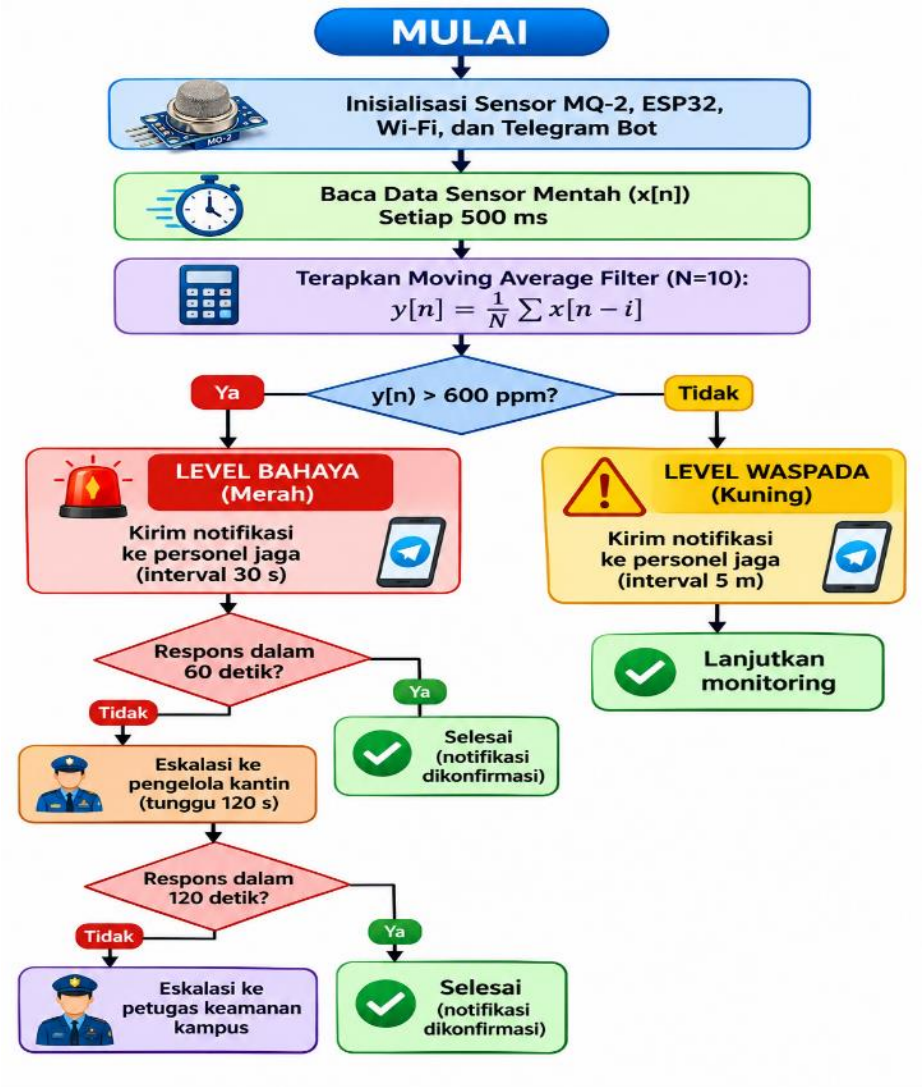
Level	Rentang Konsentrasi (ppm)	Warna Indikator	Respons Notifikasi	Interval Pengiriman
Normal	< 300	Hijau	Tidak ada	–
Waspada	300–600	Kuning	Notifikasi ke personel jaga	Setiap 5 menit
Bahaya	> 600	Merah	Notifikasi ke personel jaga + pengelola kantin + eskalasi otomatis	Setiap 30 detik hingga direspons

Sumber: Data diolah oleh Penulis (2026)

Mekanisme eskalasi notifikasi diimplementasikan menggunakan *state machine*: ketika level "Bahaya" terdeteksi, sistem mengirim notifikasi ke personel jaga terdekat. Jika tidak ada respons (konfirmasi via balasan Telegram) dalam 60 detik, sistem secara otomatis mengirim notifikasi ke pengelola kantin. Jika masih tidak ada respons dalam 120 detik berikutnya, notifikasi diteruskan ke petugas keamanan kampus. Diagram alir algoritma *Moving Average Filter* dan eskalasi notifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 33 – 42,



Gambar 2. Diagram Alur Deteksi Gas
Sumber: Data diolah Penulis (2026)

D. Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dalam tiga skenario utama yang dirancang untuk merepresentasikan kondisi operasional kantin:

1. Skenario Normal: Kondisi kantin tanpa aktivitas memasak. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur fluktuasi dasar (*baseline noise*) sensor akibat faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan.
2. Skenario Waspada: Simulasi kebocoran kecil dengan membuka katup gas secara terkontrol selama 10 detik. Skenario ini menguji sensitivitas sistem dalam mendeteksi kebocoran skala kecil yang sering tidak disadari.
3. Skenario Bahaya: Simulasi kebocoran signifikan dengan membuka katup gas selama 30 detik. Skenario ini menguji respons sistem pada kondisi berbahaya yang memerlukan tindakan cepat.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Setiap skenario diulang sebanyak 10 kali untuk memperoleh data statistik yang memadai. Pengujian juga dilakukan secara kontinu selama 24 jam untuk mengukur frekuensi *false alarm* dalam kondisi operasional nyata.

E. Prosedur Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui dua metode: (1) Pencatatan Log Sensor: Sistem secara otomatis mencatat nilai ADC mentah dan nilai terfilter setiap 500 ms ke dalam kartu SD selama pengujian. (2) Verifikasi Manual: Konsentrasi gas aktual diukur menggunakan *gas leak detector* komersial yang telah dikalibrasi, sebagai pembanding terhadap pembacaan sensor MQ-2. Latensi notifikasi diukur menggunakan *stopwatch* digital dari saat sistem mendeteksi level Bahaya hingga pesan Telegram diterima di perangkat personel.

F. Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan statistik deskriptif (rata-rata, standar deviasi, persentase) untuk menggambarkan karakteristik kinerja sistem. Efektivitas *Moving Average Filter* dianalisis dengan membandingkan standar deviasi pembacaan sensor antara kondisi tanpa filter dan dengan filter (Taufiq et al., 2024). Uji-t berpasangan (*paired t-test*) digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan tersebut dengan tingkat signifikansi α = 0,05. Akurasi deteksi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah deteksi benar}}{\text{Jumlah total pengujian}} \times 100\% \quad (2)$$

Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kestabilan Pembacaan Sensor

Tabel 2 menyajikan perbandingan stabilitas pembacaan sensor MQ-2 antara kondisi tanpa filter dan dengan *Moving Average Filter* pada ketiga skenario pengujian.

Tabel 2. Perbandingan Stabilitas Pembacaan Sensor (n=10 per skenario)

Skenario	Tanpa Filter (SD ADC)	Dengan Filter (SD ADC)	Reduksi Fluktuasi
Normal	28,4	16,2	43,0%
Waspada	34,7	19,8	42,9%
Bahaya	41,2	24,1	41,5%
Rata-rata	**34,8**	**20,0**	**42,3%**

Sumber: Data processed by author (2026)

Hasil uji-t berpasangan menunjukkan nilai $p<0,05$, yang berarti penerapan *Moving Average Filter* secara signifikan menurunkan fluktuasi pembacaan sensor. Temuan ini sejalan dengan penelitian Pamungkas dan Hutabarat (2025) yang melaporkan bahwa *Moving Average Filter* efektif dalam mereduksi noise pada sensor gas seri MQ. Reduksi fluktuasi sebesar 42,3% menunjukkan bahwa filter mampu meredam noise lingkungan secara signifikan, sehingga pembacaan sensor menjadi lebih stabil dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

B. Kinerja Deteksi dan Latensi Notifikasi

Tabel 3 merangkum kinerja sistem dalam hal akurasi deteksi, latensi notifikasi, dan frekuensi *false alarm*.

Tabel 3. Kinerja Sistem Deteksi dan Notifikasi

Metrik	Nilai	Keterangan
Akurasi deteksi	96,7%	29 dari 30 pengujian sesuai verifikasi manual
Latensi notifikasi rata-rata	2,8 detik	Dari deteksi hingga pesan diterima
Latensi notifikasi maksimum	4,1 detik	Pada kondisi sinyal Wi-Fi lemah
False alarm (24 jam)	1 kejadian	Setelah penerapan filter
False alarm tanpa filter (24 jam)	7 kejadian	Data pembanding dari pengujian awal

Sumber: Data processed by author (2026)

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 33 – 42,

Akurasi deteksi sebesar 96,7% menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kondisi normal, waspada, dan bahaya dengan baik. Latensi notifikasi rata-rata 2,8 detik mencerminkan kecepatan respons sistem yang memadai untuk aplikasi keselamatan. Penurunan *false alarm* dari 7 kejadian menjadi 1 kejadian dalam 24 jam pengujian merupakan capaian signifikan. *False alarm* yang tersisa terjadi akibat fluktuasi lingkungan yang ekstrem, yang memerlukan pendekatan tambahan seperti *sensor fusion* untuk diatasi (Taufiq et al., 2024), (Widyatmika et al., 2021).

C. Pembahasan

Temuan penelitian ini mengonfirmasi bahwa integrasi *Moving Average Filter* dengan mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat dapat meningkatkan keandalan sistem deteksi kebocoran gas berbasis IoT. Stabilitas pembacaan yang meningkat secara langsung berkontribusi pada penurunan *false alarm*, yang selama ini menjadi keluhan utama pengguna sistem deteksi gas (Nainggolan et al., 2026), (Pamungkas & Lasmaria Hutabarat, 2025)). Mekanisme eskalasi notifikasi yang diimplementasikan berbeda dari pendekatan notifikasi tunggal yang umum digunakan. Dengan mengirimkan peringatan secara bertingkat, sistem memastikan bahwa informasi mengenai kebocoran tidak berhenti pada satu penerima yang mungkin sedang tidak tersedia (Muslem R, 2021), (Mahitala et al., 2025)

Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan pengujian yang terbatas pada satu lokasi kantin dengan kondisi lingkungan yang relatif terkontrol (Kurnia Hadi, 2022), (Jumaa et al., 2022) . Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji sistem pada multiple lokasi dengan karakteristik lingkungan yang berbeda, serta mengeksplorasi integrasi algoritma pembelajaran mesin untuk meningkatkan diskriminasi terhadap sumber interferensi non-target.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring dan peringatan dini kebocoran gas berbasis IoT pada Kantin Politeknik Negeri Medan, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Moving Average Filter* mampu meningkatkan stabilitas pembacaan sensor MQ-2 dengan reduksi fluktuasi sebesar 42,3%. Sistem yang diimplementasikan menggunakan ESP32 dan platform Telegram menunjukkan akurasi deteksi 96,7% dengan latensi notifikasi rata-rata 2,8 detik. Mekanisme eskalasi notifikasi bertingkat berhasil menurunkan frekuensi *false alarm* dari 7 kejadian menjadi 1 kejadian dalam 24 jam pengujian. Sistem ini layak diaplikasikan sebagai solusi keselamatan kebakaran di lingkungan kantin kampus dan memiliki potensi untuk direplikasi pada area serupa dengan penyesuaian ambang batas sesuai karakteristik lokal. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji sistem pada kondisi lingkungan yang lebih bervariasi dan mengeksplorasi integrasi algoritma pembelajaran mesin untuk meningkatkan diskriminasi terhadap sumber interferensi non-target.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Elektronika Politeknik Negeri Medan atas fasilitas dan dukungan teknis selama pelaksanaan penelitian, serta kepada pengelola Kantin Politeknik Negeri Medan atas izin dan kerja sama selama pengujian lapangan

DAFTAR PUSTAKA

Afiyat, N., Pramartaningthyas, E. K., & Prasetyo, A. (2026). IoT-Based LPG Gas Leak Detection System for Real-Time Household Safety Monitoring Integrated with Telegram Bot Notifications. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *10*(1), 140–151. https://doi.org/10.70609/g-tech.v10i1.8650

Anugrah, R. A., Adhidarma, F. B., Hutama, R. S., Maulana, V. K. R., & Winarno, Y. F. (2026). Arduino and IoT-based LPG gas leak detection systems: a focused review of sensors, architectures, and reliability issues. *Journal of Automotive and Mechanical Applied Technology*, 43–53. https://doi.org/10.21831/jamat.v3i1.3035

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Astarani, T. F., Christina, S., Pardede, Y., & Matondang, A. A. (2026). *Expert System for Electric Vehicle Charging Infrastructure Planning : A Scenario-Based Decision Support Framework for Two-Wheeler and Bus Fleets*. *5*(4), 1601–1613. https://doi.org/10.55123/insologi.v5i4.9209

Christina, S., Pardede, Y., Astarani, T. F., Hardi, S., & Anugerah, A. (2026). *Sistem Pendukung Keputusan Berbasis IoT untuk Monitoring Kinerja Panel Surya dan Pemeliharaan Prediktif*. *5*(4), 1527–1537. https://doi.org/10.55123/insologi.v5i4.9169

Effendi, M., Zy, A., & Sanudin. (2024). Implementing Internet Of Things (IOT) Technology For Real-Time Detection And Monitoring Of LPG Gas Leaks. *Informatika Dan Sains*, *14*(3), 246–256. https://doi.org/10.54209/infosains.v14i03

Faidar, M. A. S., Adelia, D., Hidayat, R., Mahatir, S., & Pranita, E. (2026). Penerapan Kalman Filter pada Sistem Penanggulangan Bencana Kebakaran dengan Sensor MQ-2 Berbasis IoT. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, *20*(2), 221–229. https://doi.org/10.23960/elc.v20n2.3143

Hardi, S., Matondang, A. A., & Rambe, A. H. (2021). Modeling of transient caused by lightning strike at Nias high voltage substation using ATP-EMTP case study. *Journal of Physics: Conference Series*, *1811*(1), 012049. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012049

Jumaa, N., Abdulkhaleq, Y., Nadhim, M., & Abbas, T. (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/ijeee.18.1.8

Kurnia Hadi, T. (2022). Analisis Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Sensor MQ-2 dan Arduino Uno. *Jurnal Minfo Polgan*, *11*(2), 105–108. https://doi.org/10.33395/jmp.v11i2.11804

Lestari, M. W., Hulu, F. N., Anugrahwaty, R., Daulay, M. S. H., Sitopu, M. W., & Matondang, A. A. (2026). Scenario-Based Charging Demand and Load Characterization for Electric Two-Wheeler Systems. *Information Technology Education Journal*, 391–401. https://doi.org/10.59562/intec.v5i2.13017

Lumbangaol, L. V., Setiawan, I., Rosalia, N., Hasibuan, M., & Deslia, D. N. (2025). *Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Berbasis Web Dalam Pengambilan Keputusan Pada Kooperasi AMIK Universal*. *1*(1), 1–10.

Mahitala, Z. F., Ryansyah, E., Permana, A. Y., & Susilawati, S. (2025). Sistem Pendeteksi Kebocoran LPG Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani dengan Integrasi Aplikasi Blynk. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer(JAKAKOM)*, *5*(2), 1714–1722. https://doi.org/10.33998/jakakom.2025.5.2.2385

Muslem R, I. (2021). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Rumah Tangga Menggunakan Mq-2 Sensor Dan Mikrokontroler. *JURNAL TIKA*, *6*(02), 58–64. https://doi.org/10.51179/tika.v6i02.457

Nainggolan, R., Kamil, I., Matondang, A. A., Sitorus, N., Suadi, S., Sibarani, B., & Hestukoro, S. (2026). Parametric optimization of an axial wind turbine blade for a hybrid renewable energy system integrating solar PV and micro-hydro. *Science, Technology, and Communication Journal*, *6*(3), 385–392. https://doi.org/10.59190/stc.v6i3.395

Pamungkas, D., & Lasmaria Hutabarat, W. (2025). Implementasi MAF (Moving Average Filter) Pada Sistem Pemantau Kebisingan Berbasis Multiple Sensor Suara. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, *7*(2), 89–102. https://doi.org/10.30595/jrre.v7i2.27264

Purba, A. M., Napitu, D. H. S., Lestari, M. W., Simangunsong, J., Hutajulu, E., Hutabarat, N. F., & Matondang, A. A. (2026). Energy Consumption and Charging Infrastructure Analysis for Electric Bus Deployment in Urban Transportation Systems. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *12*(4), 639–648. https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i4.11221

S Suparmono, C Cholish, A Abdullah, Sinambela, H., Alda, T., Matondang, A. A., &

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 33 – 42,

Simanjuntak, A. V. (2025). Quantitative Assessment of Passive Load Balancing for a Designed HVAC Installation: Case study in Magnificent Hall, Deli Park. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, *10*(3), 397–401. https://doi.org/10.25299/jgeet.2025.10.3.24696

Setiawan, I., Hasibuan, F. Z., Nita, D., Sari, D., & Hasibuan, M. (2023). *Rancang Bangun Sistem Informasi Smart Farming Berbasis Web Untuk Monitoring Kondisi Tanaman Hidroponik Menggunakan IoT dan Algoritma Decision Tree*. *1*(1), 1–10.

Sitorus, N., Ginting, B. B., Panjaitan, B. P., Simanjuntak, B. E., Naibaho, P. R. P., Matondang, A. A., & Simanjuntak, A. V. H. (2025). Design and Performance Evaluation of a 200 Wp Off-Grid Solar Photovoltaic Module for Renewable Energy in Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, *10*(3), 408–412. https://doi.org/10.25299/jgeet.2025.10.3.24981

Suprianto, Hardi, S., & Matondang, A. A. (n.d.). *SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN CERDAS UNTUK MENGINTEGRASIKAN PV SURYA DAN PENGISIAN*. *7*(1), 64–72.

Taufiq, A. J., Hayat, L., Muchtasjar, B., Iskahar, I., Romandolo, D. G., & Amarudin, R. B. (2024). Sistem Monitoring Polusi Udara Berbasis Sensor MQ-135 Untuk Deteksi Gas Co2 dan Co: Studi Kasus di Lingkungan Perkotaan. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, *25*(2), 131. https://doi.org/10.30595/techno.v25i2.24100

Widyatmika, I. P. A. W., Indrawati, N. P. A. W., Prastya, I. W. W. A., Darminta, I. K., Sangka, I. G. N., & Sapteka, A. A. N. G. (2021). Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, *13*(1), 37–45. https://doi.org/10.5614/joki.2020.13.1.4

Z Zumhari, Hutajulu, E., Sibarani, B., Sirait, R., Anggriani, T., & Matondang, A. A. (2025). Advancing Environmental and Health Pollution Monitoring in Medan, Indonesia: A Mechatronics-Based Meta-Analysis. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, *10*(3), 402–407. https://doi.org/10.25299/jgeet.2025.10.3.24694

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).