

# Sistem Monitoring dan Evaluasi Kualitas Udara Dapur Berbasis *IoT* Menggunakan Multi-Sensor, *ON-OFF Hysteresis*, dan *Random forest*

Ahmad Sayyidul Anugrah <sup>1\*</sup>, Yudi Wijanarko <sup>2</sup>, dan Tegar Prasetyo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Politeknik Negeri Sriwijaya; email : [062240342199@student.polsri.ac.id](mailto:062240342199@student.polsri.ac.id)

<sup>2</sup> Politeknik Negeri Sriwijaya; email : [wijanarko\\_yudi@polsri.ac.id](mailto:wijanarko_yudi@polsri.ac.id)

<sup>3</sup> Politeknik Negeri Sriwijaya; email : [tegar.prasetyo@polsri.ac.id](mailto:tegar.prasetyo@polsri.ac.id)

\*Penulis Korespondensi: Ahmad Sayyidul Anugrah

**Abstract:** Kitchen air quality is an important factor affecting the health and safety of occupants due to exposure to LPG gas, combustion smoke, volatile organic compounds (VOC), as well as changes in temperature and humidity during cooking activities. Conventional air quality monitoring methods have limitations in providing real-time environmental information and early warnings when air quality begins to deteriorate. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based kitchen air quality monitoring and evaluation system using MQ-6, MQ-135, and DHT22 sensors integrated with an ESP32 microcontroller. The proposed system classifies air conditions into three categories: normal, warning, and hazardous. Air quality information is displayed on an LCD and transmitted to users via Telegram notifications, while hazardous conditions trigger an audible alarm through a buzzer. To improve air circulation, an ON-OFF Hysteresis control method is implemented on two *exhaust fans* operating in stages, where the first *exhaust fan* is activated under warning conditions and both *exhaust fans* are activated under hazardous conditions. Furthermore, the collected monitoring data are analyzed using the *Random forest* algorithm to evaluate air quality patterns, classify environmental conditions, and identify the most influential parameters through feature importance analysis. The results indicate that the proposed system is capable of performing real-time air quality monitoring, providing environmental condition notifications, and automatically controlling ventilation according to the detected risk level. The integration of multi-sensor monitoring, ON-OFF Hysteresis control, and *Random forest* analysis enhances the system's capability from conventional monitoring to a more informative and adaptive air quality evaluation platform for kitchen environments.

**Keywords:** Kitchen Air Quality; Internet of Things; ESP32; MQ-135; ON-OFF Hysteresis; *Random forest*; Environmental Monitoring; Multi-Sensor.

Received June 26, 2026  
Revised June 29, 2026  
Accepted July 21, 2026  
Available: July 25, 2026  
Published: July 30, 2026



Hak cipta: © 2026 oleh penulis.  
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

**Abstrak:** Kualitas udara dapur merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kesehatan dan keselamatan penghuni akibat paparan gas LPG, asap hasil pembakaran, *volatile organic compounds* (VOC), serta perubahan suhu dan kelembapan selama aktivitas memasak. Pemantauan kondisi udara secara konvensional masih memiliki keterbatasan karena tidak mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara *real-time* maupun memberikan peringatan dini ketika kualitas udara mulai menurun. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan evaluasi kualitas udara dapur berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Sistem yang diusulkan mengklasifikasikan kondisi udara ke dalam kategori normal, waspada, dan bahaya. Informasi kondisi udara ditampilkan melalui LCD dan dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram, sedangkan peringatan bahaya diberikan menggunakan buzzer. Untuk meningkatkan sirkulasi udara, metode *ON-OFF Hysteresis* diterapkan pada dua *exhaust fan* yang bekerja secara bertingkat, dimana *exhaust fan* pertama aktif pada kondisi waspada dan kedua *exhaust fan* aktif pada kondisi bahaya. Selain itu, data hasil monitoring dianalisis menggunakan algoritma *Random forest* untuk mengevaluasi pola kualitas udara, melakukan klasifikasi kondisi lingkungan, serta menentukan parameter yang paling berpengaruh melalui analisis *feature importance*. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring kualitas udara secara *real-time*, memberikan notifikasi kondisi lingkungan, serta mengendalikan ventilasi secara otomatis sesuai tingkat risiko yang terdeteksi. Integrasi multi-sensor, *ON-OFF Hysteresis*, dan *Random forest* memberikan kemampuan monitoring sekaligus evaluasi data sehingga sistem menjadi lebih informatif dan adaptif dalam mendukung pengelolaan kualitas udara dapur.

**Kata kunci:** Kualitas Udara Dapur; *Internet of Things*; ESP32; MQ-135; *ON-OFF Hysteresis*; *Random forest*; Monitoring Lingkungan; Multi-Sensor.

## 1. Pendahuluan

Kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality* / *IAQ*) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan manusia. Salah satu area yang rentan mengalami penurunan kualitas udara adalah dapur, terutama pada aktivitas memasak menggunakan Liquefied Petroleum Gas (LPG). Selain risiko kebocoran gas, proses memasak juga menghasilkan asap, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), *volatile organic compounds* (VOC), serta peningkatan suhu dan kelembapan yang dapat menurunkan kualitas udara dalam ruangan [1]. Paparan polutan tersebut dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi mata, gangguan pernapasan, dan menurunnya kenyamanan penghuni rumah [2].

Pemantauan kondisi udara dapur umumnya masih dilakukan secara konvensional dengan mengandalkan ventilasi alami atau pengamatan langsung terhadap asap dan bau gas. Pendekatan tersebut memiliki keterbatasan karena tidak mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara *real-time* maupun memberikan peringatan dini ketika kualitas udara mulai menurun [3]. Akibatnya, peningkatan konsentrasi gas dan polutan sering kali tidak terdeteksi hingga mencapai tingkat yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan pengguna.

Seiring berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), proses pemantauan kualitas udara kini dapat dilakukan secara otomatis menggunakan sensor yang dikendalikan oleh mikrokontroler dan terhubung ke jaringan internet. Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan ESP32 bersama sensor MQ-series untuk membangun sistem monitoring yang mampu menyajikan informasi kualitas udara secara *real-time* [4] [5]. Penelitian lain mengintegrasikan sistem monitoring dengan platform IoT sehingga informasi kondisi lingkungan dapat diakses dari jarak jauh oleh pengguna [6]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi IoT mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas udara dibandingkan metode konvensional.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada fungsi monitoring dan notifikasi kondisi lingkungan. Sistem yang dikembangkan umumnya hanya menampilkan nilai sensor tanpa melakukan evaluasi lebih lanjut terhadap data yang diperoleh. Selain itu, pengendalian ventilasi masih banyak menggunakan metode *single threshold* yang rentan menyebabkan *chattering* akibat fluktuasi nilai sensor di sekitar batas kendali. Di sisi lain, algoritma *Random forest* memiliki kemampuan klasifikasi yang baik pada data multi-parameter serta mampu menghasilkan informasi *feature importance* untuk mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh terhadap suatu kondisi lingkungan [7]. Namun, pemanfaatan *Random forest* sebagai metode evaluasi pada sistem monitoring kualitas udara dapur masih relatif terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem monitoring dan evaluasi kualitas udara dapur berbasis IoT menggunakan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 yang terintegrasi dengan ESP32. Sistem mengklasifikasikan kondisi udara ke dalam kategori normal, waspada, dan bahaya. Informasi kondisi udara ditampilkan melalui LCD dan dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram secara *real-time*. Pada kondisi waspada, sistem mengaktifkan *exhaust fan* pertama, sedangkan pada kondisi bahaya sistem mengaktifkan dua *exhaust fan* dan buzzer sebagai peringatan dini. Untuk meningkatkan stabilitas pengendalian ventilasi digunakan metode *ON-OFF Hysteresis*, sedangkan algoritma *Random forest* digunakan untuk mengevaluasi data hasil monitoring dan mengidentifikasi parameter dominan yang mempengaruhi kualitas udara dapur.

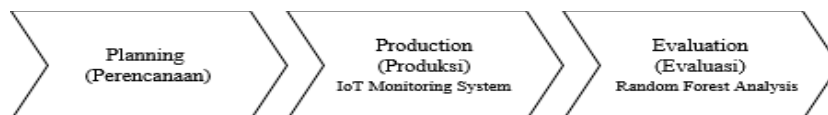
## 2. Tinjauan Literatur

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring kualitas udara telah banyak diterapkan pada berbagai penelitian. Umumnya, sistem tersebut menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dipadukan dengan sensor MQ-135 dan DHT11 untuk memperoleh informasi mengenai konsentrasi gas, suhu, dan kelembapan lingkungan secara *real-time*. [8]. Penelitian lain mengintegrasikan sistem monitoring dengan platform IoT sehingga informasi kualitas udara dapat diakses dari jarak jauh oleh pengguna [9]. Selain itu, perkembangan teknologi kecerdasan buatan mendorong penerapan algoritma *Machine Learning* pada sistem monitoring kualitas udara untuk meningkatkan kemampuan analisis data sensor dan mendukung proses pengambilan keputusan [10]. Selain digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas, sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT juga banyak memanfaatkan kombinasi sensor MQ-135 dan DHT22 untuk memperoleh informasi kualitas udara, suhu, dan kelembapan secara bersamaan sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau secara lebih komprehensif [11].

*Random forest* merupakan salah satu algoritma *Machine Learning* yang banyak digunakan pada analisis kualitas udara karena memiliki kemampuan klasifikasi yang baik dan mampu menghasilkan informasi *feature importance* untuk menentukan parameter yang paling berpengaruh terhadap kondisi lingkungan [12]. Penelitian sebelumnya juga telah mengintegrasikan *Random forest* dengan teknologi IoT untuk prediksi kualitas udara secara *real-time* [13]. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada monitoring, notifikasi, atau prediksi kualitas udara secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan monitoring kualitas udara berbasis multi-sensor, pengendalian ventilasi menggunakan metode ON-OFF Histeresis, serta evaluasi data menggunakan *Random forest* dalam satu sistem terpadu masih relatif terbatas. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan beberapa sensor lingkungan (*multi-sensor*) mampu meningkatkan kualitas data monitoring dibandingkan penggunaan satu sensor saja karena setiap sensor merepresentasikan parameter lingkungan yang berbeda [14]. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem monitoring dan evaluasi kualitas udara dapur berbasis IoT menggunakan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 yang terintegrasi dengan ESP32. Sistem menerapkan ON-OFF Histeresis untuk mengendalikan dua *exhaust fan* secara bertingkat dan memanfaatkan *Random forest* untuk mengevaluasi pola kualitas udara serta mengidentifikasi parameter dominan melalui analisis *feature importance*.

## 3. Metode

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan tujuan merancang, membangun, dan mengevaluasi sistem monitoring kualitas udara dapur berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem dikembangkan menggunakan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Telegram secara *real-time*. Untuk pengendalian ventilasi digunakan metode ON-OFF Histeresis, sedangkan *Random forest* digunakan untuk mengevaluasi data hasil monitoring kualitas udara.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

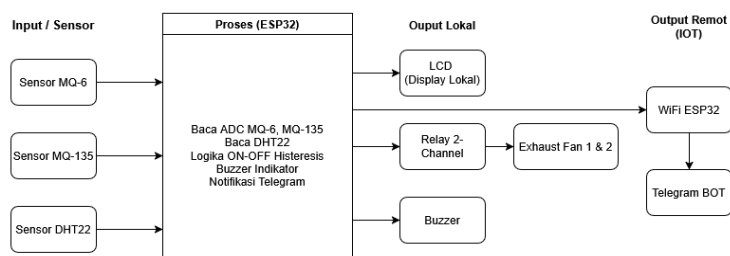
### 3.1. Planning

Tahap *Planning* dilakukan untuk menganalisis kebutuhan sistem serta merancang arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Sistem dirancang untuk melakukan monitoring kualitas udara dapur secara *real-time*, memberikan notifikasi kepada pengguna, serta mengendalikan ventilasi secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi.

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari ESP32, sensor MQ-6, sensor MQ-135, sensor DHT22, LCD I2C, relay, buzzer, dan dua *exhaust fan*. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, Telegram Bot API sebagai media notifikasi, serta *Python* dan pustaka *Scikit-Learn* untuk implementasi algoritma *Random forest*.

Tabel 1. Komponen Sistem

| Komponen             | Fungsi                         |
|----------------------|--------------------------------|
| ESP32                | Pengendali utama sistem        |
| MQ-6                 | Deteksi konsentrasi gas LPG    |
| MQ-135               | Monitorin kualitas udara       |
| DHT22                | Pengukuran suhu dan kelembapan |
| LCD I2C              | Menampilkan kondisi sistem     |
| Relay                | Pengendali <i>exhaust fan</i>  |
| <i>Exhaust fan 1</i> | Ventilasi kondisi waspada      |
| <i>Exhaust fan 2</i> | Ventilasi kondisi bahaya       |
| Buzzer               | Alarm Peringatan               |
| Telegram Bot         | Notifikasi <i>real-time</i>    |

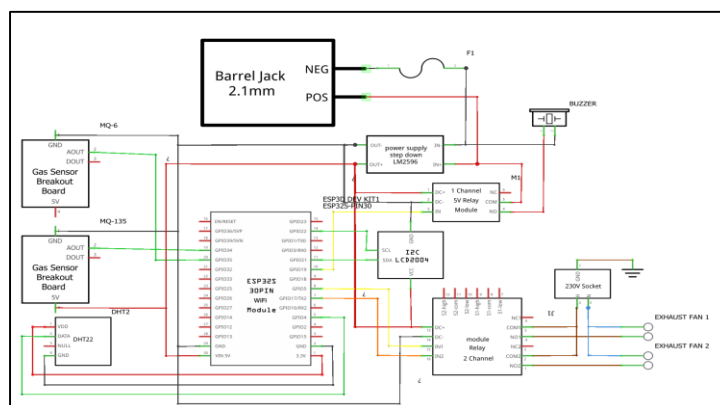


Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok menunjukkan hubungan antara sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 sebagai masukan sistem. Data sensor diproses oleh ESP32 kemudian ditampilkan pada LCD, dikirimkan ke Telegram, serta digunakan untuk mengendalikan relay yang terhubung dengan *exhaust fan* dan buzzer.

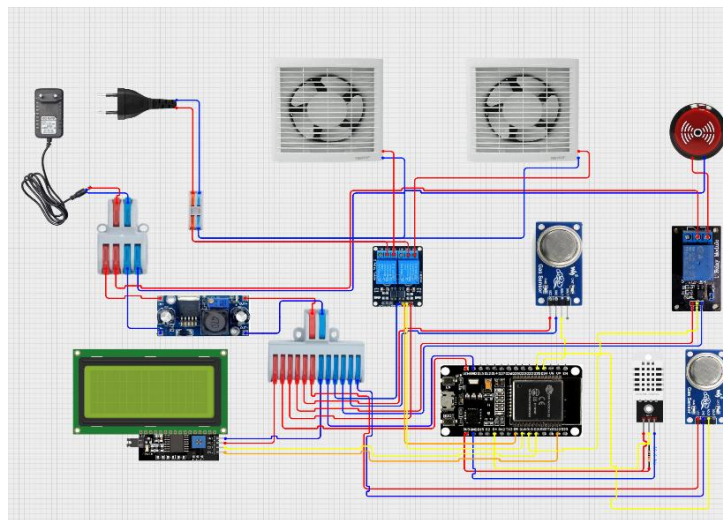
### 3.2. Production

Tahap *Production* meliputi implementasi perangkat keras dan perangkat lunak sistem monitoring kualitas udara dapur. Sensor MQ-6 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas LPG, sensor MQ-135 digunakan untuk memantau kualitas udara, sedangkan DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan lingkungan. Seluruh data sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi kualitas udara.



Gambar 3. Wiring Diagram Sistem

Gambar 3 Menunjukkan konfigurasi hubungan antara ESP32, Sensor MQ-6, Sensor MQ-135, DHT22, LCD I2C, Relay, Buzzer, dan *Exhaust fan*.

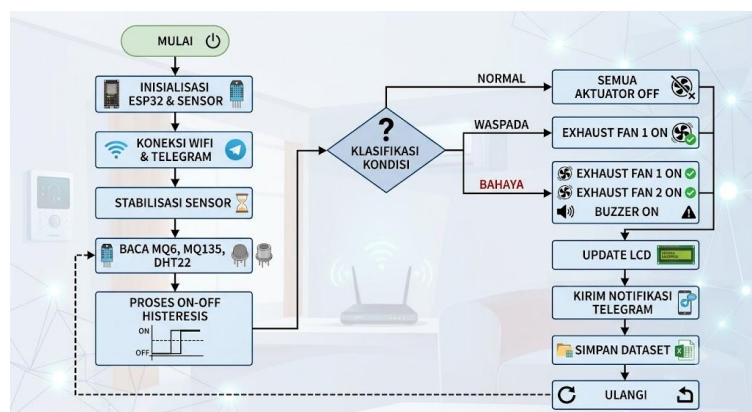


**Gambar 4.** Skema Sistem Monitoring dan Evaluasi Kualitas Udara

Gambar 4 menunjukkan bentuk fisik prototype sistem yang digunakan dalam penelitian.

#### Algoritma *ON-OFF* Histeresis

Metode *ON-OFF* Histeresis digunakan untuk mengurangi fenomena *chattering* yang dapat terjadi akibat fluktuasi nilai sensor di sekitar batas kendali. Dengan metode ini, *exhaust fan* tidak langsung berubah status ketika nilai sensor berada di sekitar ambang batas sehingga sistem menjadi lebih stabil.



**Gambar 5.** Flowchart Sistem

Berdasarkan flowchart pada Gambar 5, sistem diawali dengan proses inisialisasi ESP32 dan sensor yang digunakan, kemudian melakukan koneksi ke jaringan WiFi dan Telegram Bot. Setelah sensor mencapai kondisi stabil, sistem membaca data dari sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22. Data hasil pembacaan selanjutnya diproses menggunakan metode *ON-OFF* Histeresis untuk menentukan kondisi kualitas udara.

Kondisi kualitas udara diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu Normal, Waspada, dan Bahaya. Pada kondisi Normal seluruh aktuator berada dalam keadaan tidak aktif. Pada kondisi Waspada, *Exhaust fan* 1 diaktifkan untuk meningkatkan sirkulasi udara. Sedangkan pada kondisi Bahaya, *Exhaust fan* 1, *Exhaust fan* 2, dan buzzer diaktifkan sebagai peringatan dini kepada pengguna. Informasi kondisi kualitas udara ditampilkan pada LCD dan dikirimkan melalui Telegram secara *real-time*. Seluruh data hasil monitoring kemudian disimpan sebagai dataset yang digunakan pada tahap evaluasi menggunakan algoritma *Random forest*.

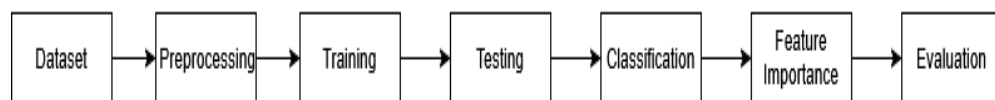
### 3.3 Evaluation

Tahap *Evaluation* dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem monitoring kualitas udara dapur menggunakan algoritma *Random forest*. Dataset yang digunakan pada tahap evaluasi disusun berdasarkan pola pembacaan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 yang merepresentasikan kondisi kualitas udara dapur. Dataset terdiri dari parameter gas LPG, kualitas udara, suhu, kelembapan, serta label kondisi udara yang dikategorikan menjadi Normal, Waspada, dan Bahaya.

Tabel 2. Variabel Dataset

| Variabel   | Keterangan              |
|------------|-------------------------|
| MQ-6       | Konsentrasi gas LPG     |
| MQ-135     | Kualitas udara          |
| Suhu       | Temperatur lingkungan   |
| Kelembapan | Kelembapan lingkungan   |
| Label      | Normal, Waspada, Bahaya |

Sebelum dilakukan proses klasifikasi, data hasil monitoring terlebih dahulu melalui tahap *preprocessing* untuk memastikan kualitas data yang digunakan. Selanjutnya dataset dibagi menjadi data pelatihan (*training data*) dan data pengujian (*testing data*) untuk membangun model *Random forest*.

Gambar 6. Tahapan Analisis *Random forest*

*Random forest* digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi kualitas udara berdasarkan parameter yang diperoleh dari sensor. Selain menghasilkan prediksi kondisi udara, algoritma ini juga digunakan untuk menganalisis tingkat pengaruh masing-masing parameter melalui metode *feature importance*. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi perubahan kualitas udara dapur.

Kinerja model *Random forest* dievaluasi menggunakan nilai akurasi yang dihitung berdasarkan Persamaan (1).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

dengan:

TP = *True Positive*

TN = *True Negative*

FP = *False Positive*

FN = *False Negative*

Selain nilai akurasi, evaluasi model juga dilakukan menggunakan *confusion matrix* untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan setiap kategori kondisi udara.

Tabel 3. Skenario Pengujian

| Skenario | Kondisi |
|----------|---------|
| S1       | Normal  |
| S2       | Waspada |
| S3       | Bahaya  |



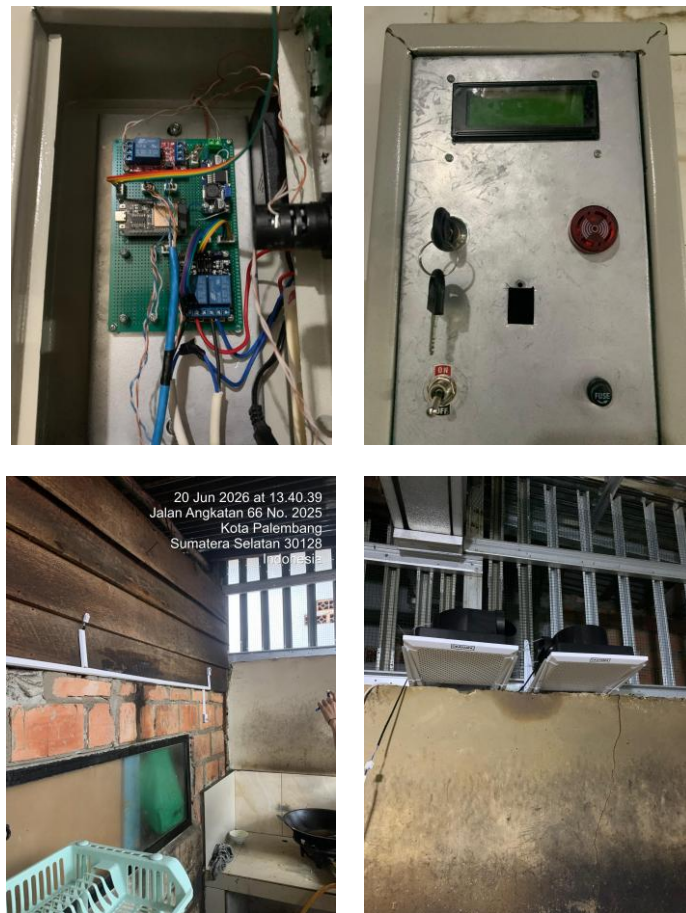
Parameter yang diamati pada tahap pengujian meliputi nilai sensor MQ-6, MQ-135, suhu, kelembapan, status *exhaust fan*, status buzzer, notifikasi Telegram, serta hasil klasifikasi *Random forest*. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan performa sistem dan mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh terhadap perubahan kualitas udara dapur.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 pada mikrokontroler ESP32 untuk memantau kualitas udara dapur secara real-time. Sistem dilengkapi LCD sebagai media tampilan lokal, buzzer sebagai alarm peringatan, dua exhaust fan sebagai aktuator ventilasi, serta Telegram Bot sebagai media monitoring jarak jauh.

Pada kondisi normal seluruh aktuator berada dalam keadaan tidak aktif. Ketika sistem mendeteksi kondisi waspada, *Exhaust Fan 1* akan aktif untuk meningkatkan sirkulasi udara. Selanjutnya pada kondisi bahaya, *Exhaust Fan 1*, *Exhaust Fan 2*, dan buzzer akan aktif secara bersamaan sebagai mekanisme peringatan dini kepada pengguna.



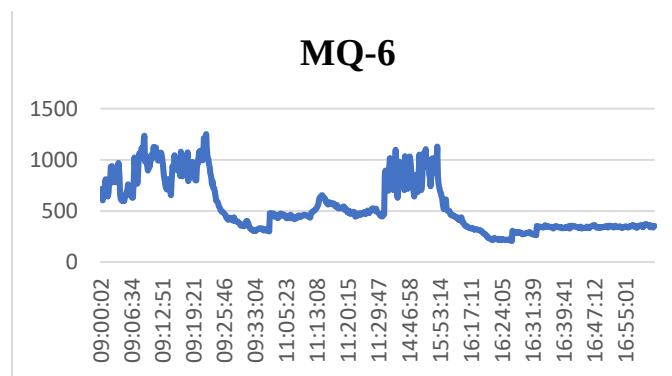
Gambar 7. Implementasi Perangkat Monitoring Kualitas Udara Dapur

### 4.2. Hasil Monitoring dan Pengujian Sistem

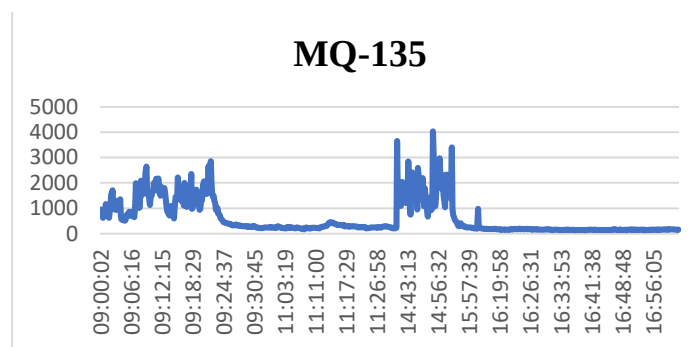
Pengujian sistem dilakukan dari pagi sampai sore pada dapur untuk memperoleh data kualitas udara berdasarkan parameter MQ-6, MQ-135, suhu, dan kelembapan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau perubahan kondisi lingkungan secara real-time dan mengirimkan informasi kondisi udara melalui Telegram Bot..

Tabel 4. Ringkasan Hasil Monitoring Kualitas Udara

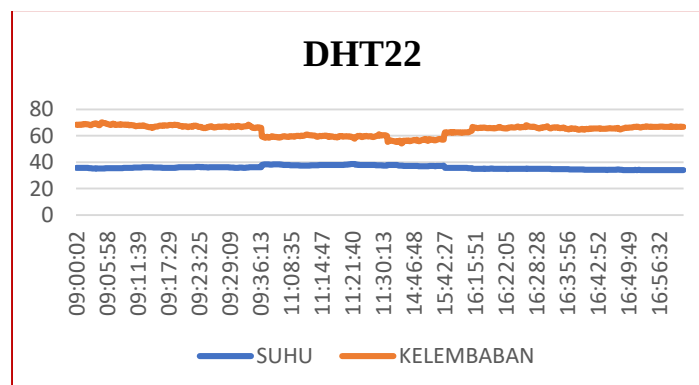
| Parameter      | Minimum | Maksimum | Rata-Rata |
|----------------|---------|----------|-----------|
| MQ-6           | 101     | 1875     | 542,30    |
| MQ-135         | 131     | 2095     | 476,53    |
| Suhu (°C)      | 30,7    | 28,7     | 33,85     |
| Humidity (RH%) | 54,1    | 81,5     | 69,34     |



Gambar 8. Grafik Sensor MQ-6



Gambar 9. Grafik Sensor MQ-135



Gambar 10. Grafik Suhu dan Kelembapan

Pengujian ON-OFF Histeresis menunjukkan bahwa metode yang diterapkan mampu menjaga kestabilan kerja *exhaust fan* dan mengurangi fenomena *chattering* ketika nilai sensor berada di sekitar batas ambang. Selain itu, sistem berhasil mengirimkan notifikasi kondisi kualitas udara kepada pengguna melalui Telegram secara real-time.

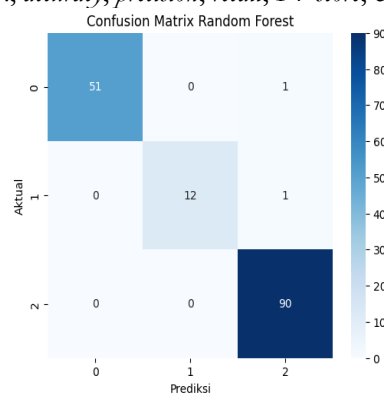




Gambar 11. Tampilan notifikasi Telegram

### 4.3 Evaluasi *Random forest*

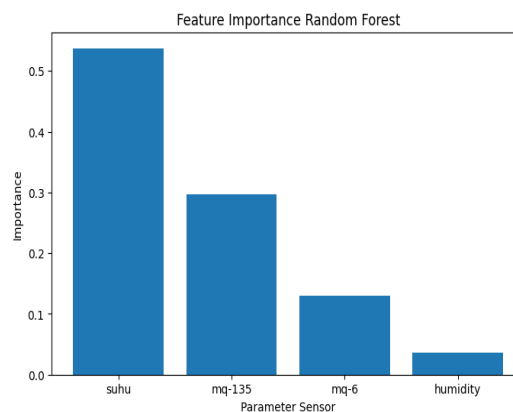
Evaluasi dilakukan menggunakan algoritma *Random forest* dengan pembagian dataset 80% data *training* dan 20% data *testing*. Model dibangun menggunakan 100 pohon keputusan dengan parameter *criterion* = *gini*, *max\_features* = *sqrt*, dan *random\_state* = 42. Evaluasi dilakukan menggunakan *confusion matrix*, *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *feature importance*.

Gambar 12. *Confusion Matrix*

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem Monitoring

| Parameter        | Nilai  |
|------------------|--------|
| <i>Accuracy</i>  | 98,7%  |
| <i>Precision</i> | 99,33% |
| <i>Recall</i>    | 96,67% |
| <i>F1-Score</i>  | 98,00% |

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 5, model *Random forest* memperoleh akurasi sebesar 98,71%, *precision* 99,33%, *recall* 96,67%, dan *F1-score* 98,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan kondisi kualitas udara dapur ke dalam kategori Normal, Waspada, dan Bahaya dengan tingkat ketepatan yang sangat baik. Nilai *precision* yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar hasil prediksi model sesuai dengan kondisi sebenarnya, sedangkan nilai *recall* menunjukkan kemampuan model dalam mengenali setiap kategori kondisi udara secara efektif. Nilai *F1-score* yang tinggi mengindikasikan keseimbangan antara *precision* dan *recall* sehingga algoritma *Random forest* layak digunakan sebagai metode evaluasi data monitoring kualitas udara dapur.

Gambar 13. *Feature Importance*

Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter suhu memiliki kontribusi terbesar terhadap proses klasifikasi sebesar 53,68%, diikuti oleh MQ-135 sebesar 29,73%, MQ-6 sebesar 13,04%, dan kelembapan sebesar 3,55%. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan kualitas udara yang dideteksi MQ-135 merupakan faktor yang paling dominan dalam menentukan kondisi kualitas udara dapur selama aktivitas memasak.

#### 4.4 Pembahasan

Secara keseluruhan, sistem berhasil melakukan monitoring kualitas udara dapur secara otomatis menggunakan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22. Sistem juga mampu mengirimkan notifikasi melalui Telegram, mengendalikan exhaust fan menggunakan metode ON-OFF Histeresis, serta menghasilkan dataset yang dapat dianalisis menggunakan algoritma Random Forest. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memiliki akurasi klasifikasi sebesar 98,71%, sedangkan analisis feature importance mengindikasikan bahwa parameter suhu dan MQ-135 merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan kualitas udara. Meskipun begitu, penelitian ini masih memiliki kekurangan karena uji coba dilakukan hanya di satu tempat usaha mikro kecil menengah dan sensor MQ-6 serta MQ-135 belum diukur secara akurat menggunakan alat baku industri, sehingga hasil yang diperoleh masih bersifat bersifat relatif. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dengan sensor MQ-135 dan DHT22 mampu menghasilkan sistem monitoring kualitas udara yang stabil dan dapat digunakan untuk pemantauan lingkungan secara real-time [15].

#### 5. Perbandingan

Tabel 6. Tabel Perbandingan

| Penelitian      | Sensor              | IoT | Histeresis | <i>Random forest</i> |
|-----------------|---------------------|-----|------------|----------------------|
| Azizah dkk. [3] | MQ-135              | Ya  | Tidak      | Tidak                |
| Karnati [10]    | Multi sensor        | Ya  | Tidak      | Ya                   |
| Aira dkk. [12]  | MQ-7                | Ya  | Tidak      | Ya                   |
| Penelitian ini  | MQ-6, MQ-135, DHT22 | Ya  | Ya         | Ya                   |

#### 6. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membuat dan menerapkan sistem untuk memantau serta mengevaluasi kualitas udara di dapur berbasis IoT, menggunakan sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Sistem ini bisa mengawasi konsentrasi gas LPG, kualitas udara, suhu, dan kelembapan secara langsung, serta menampilkan hasilnya melalui layar LCD dan aplikasi Telegram Bot.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan dapur dengan baik. Metode ON-OFF Histeresis yang diterapkan pada sistem berhasil mengendalikan exhaust fan secara stabil dan mengurangi

terjadinya chattering ketika nilai sensor berada di sekitar ambang batas. Selain itu, Telegram Bot berhasil mengirimkan notifikasi kondisi kualitas udara sesuai dengan kategori yang terdeteksi oleh sistem.

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan algoritma *Random forest*, model klasifikasi mampu mengelompokkan kondisi kualitas udara ke dalam kategori Normal, Waspada, dan Bahaya dengan akurasi sebesar 97,33%. Hasil analisis feature importance menunjukkan bahwa parameter suhu dan MQ-135 memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan parameter lainnya dalam proses klasifikasi.

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT, kontrol ON-OFF Histeresis, dan algoritma *Random forest* dapat digunakan sebagai solusi monitoring kualitas udara dapur yang efektif. Untuk penelitian selanjutnya, dataset dapat diperluas menggunakan data hasil pengukuran lapangan dalam jangka waktu yang lebih panjang sehingga akurasi dan kemampuan generalisasi model dapat ditingkatkan.

## Referensi

- [1] “Household air pollution and related health impacts Key messages.” [Online]. Available: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air->
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS), *Statistik Kesejahteraan Rakyat 2022*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2022. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id>
- [3] D. N. Azizah, S. Heranurweni, and L. O. M. Idris, “Internet of Things Based Air Quality Monitoring System with Automatic Notification,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 3, pp. 776–787, Jun. 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i3.1945.
- [4] N. Bandara, S. Hettiarachchi, and P. Athukorala, “AirSPEC: An IoT-empowered Air Quality Monitoring System integrated with a Machine Learning Framework to Detect and Predict defined Air Quality parameters,” Nov. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2111.14125>
- [5] M. E. Karar, A. M. Al-Masaad, and O. Reyad, “Gasduino-wireless air quality monitoring system using internet of things,” *Information Sciences Letters*, vol. 9, no. 2, pp. 113–117, 2020, doi: 10.18576/isl/090208.
- [6] A. Enal Wahyudi, S. Kurniyan Sari, F. Aziz, and J. Jeffry, “Implementation of an Internet of Things (IoT)-Based Air Quality Monitoring System for Enhancing Indoor Environments,” *Journal of System and Computer Engineering (JSCE)*, vol. 6, no. 1, pp. 124–130, Jan. 2025, doi: 10.61628/jsce.v6i1.1466.
- [7] A. Gangwar, S. Singh, R. Mishra, and S. Prakash, “The State-of-the-Art in Air Pollution Monitoring and Forecasting Systems Using IoT, Big Data, and Machine Learning,” Jun. 01, 2023, *Springer*. doi: 10.1007/s11277-023-10351-1.
- [8] M. Erik, F. Nurdianto, and R. Hidayat, “AeroSense Monitor Integrasi Sensor DHT11 dan MQ135 untuk Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Arduino Uno,” *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 8–11, Jan. 2024, doi: 10.58291/komets.v2i2.171.
- [9] D. N. Azizah, S. Heranurweni, and L. O. M. Idris, “Internet of Things Based Air Quality Monitoring System with Automatic Notification,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 3, pp. 776–787, Jun. 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i3.1945.
- [10] H. Karnati, “IoT-Based Air Quality Monitoring System with Machine Learning for Accurate and Real-time Data Analysis.”
- [11] V. Asri and M. N. Irfan, “International Journal of Renewable Energy and Smart Device (JORESD) Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT dengan Sensor MQ-135 dan DHT22.” [Online]. Available: <https://journal.lontaradigitech.com/JORESD>
- [12] A. Aira *et al.*, “Journal of Mechatronics and Artificial Intelligence Air Quality Classification System using Random Forest Algorithm using MQ-7 and MQ-135 Sensors with IoT-based,” *Journal of Mechatronics and Artificial Intelligence*, vol. 65, no. 2, pp. 65–74, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal.upi.edu/index.php/jmai/>
- [13] O. Yildiz and H. S. Sucuoglu, “Development of Real-Time IoT-Based Air Quality Forecasting System Using Machine Learning Approach,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 17, no. 19, Oct. 2025, doi: 10.3390/su17198531.

- 
- [14] D. Ramadhani, A. Taqwa, A. S. Handayani, W. Caesarendra, N. L. Husni, and C. R. Sitompul, "Multisensor monitoring system for detecting changes in weather conditions and air quality in agricultural environments," *Journal of Environment and Sustainability Education*, vol. 3, no. 2, pp. 274–286, Jun. 2025, doi: 10.62672/joease.v3i2.103.
  - [15] B. Cahyo Wibowo, A. Susanto, and H. Setiawan, "IoT-BASED AIR QUALITY MONITORING SYSTEM IN BROWN SUGAR PRODUCTION PROCESS," 2025. doi: 10.59562/metrik.v22i3.7783.