Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

# Perancangan dan Evaluasi Sistem Instrumentasi Monitoring Gas Amonia Terintegrasi Dengan Kendali Ventilasi Mekanik Pada Kandang Ayam

**Imam Rosyadi , Dimas Wibowo**
**Manajemen Informatika, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Indonesia**
**Email: mamrosya@gmail.com**
**DOI : 10.48144/suryateknika.v9i1.2397**

Received: 12 Maret 2025 Revised: 28 Maret 2025 Accepted: 31 Maret 2025

## Abstract

Air quality inside poultry houses significantly affects livestock health and productivity, particularly due to ammonia ($NH_3$ ) accumulation generated from manure decomposition. This study aims to design and evaluate an ammonia gas monitoring instrumentation system integrated with a mechanical ventilation control system based on threshold activation. The system employs an MQ-135 sensor to detect ammonia concentration in ppm and an ESP32 microcontroller as the data acquisition and actuator control unit using an ON–OFF control strategy with a 25 ppm threshold. Experimental results indicate that the sensor successfully detects ammonia concentrations within the range of 3.55–63.58 ppm, with the highest average concentration of 55.82 ppm observed under ammonia solution exposure. The average sensor response time is 8.06 seconds, which remains within the acceptable tolerance of mechanical ventilation systems. Field testing demonstrates that poultry houses with a density of 17.36 birds/m² produce ammonia concentrations of 22 ppm, higher than houses with 8.5 birds/m² showing 12 ppm, indicating the influence of stocking density on gas accumulation. The automatic ventilation system effectively reduces ammonia concentration below 20 ppm within 2–4 minutes. Overall, the developed system effectively maintains poultry house air quality and is suitable for small to medium-scale farms. Further development is recommended through more precise sensor calibration and implementation of adaptive control strategies to improve system efficiency.

**Keywords**: *ammonia gas; instrumentation system; mechanical ventilation; ON–OFF control; poultry air quality*

## Abstrak

Kualitas udara dalam kandang ayam merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan dan produktivitas ternak, terutama akibat akumulasi gas amonia ($NH_3$) yang berasal dari dekomposisi kotoran. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem instrumentasi monitoring gas amonia yang terintegrasi dengan kendali ventilasi mekanik berbasis ambang batas. Sistem menggunakan sensor MQ-135 sebagai pendeteksi konsentrasi amonia dalam satuan ppm dan mikrokontroler ESP32 sebagai unit akuisisi data serta pengendali aktuator kipas ventilasi dengan metode kontrol ON–OFF pada ambang 25 ppm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi konsentrasi amonia pada rentang 3,55–63,58 ppm dengan rata-rata konsentrasi tertinggi sebesar 55,82 ppm pada paparan larutan amonia. Waktu respons sensor rata-rata sebesar 8,06 detik, yang masih berada dalam batas toleransi sistem ventilasi mekanik. Uji lapangan menunjukkan bahwa kandang dengan kepadatan 17,36 ekor/m² menghasilkan konsentrasi 22 ppm, lebih tinggi dibanding kepadatan 8,5 ekor/m² dengan konsentrasi 12 ppm, sehingga menunjukkan adanya pengaruh rasio populasi terhadap akumulasi gas. Sistem ventilasi otomatis mampu menurunkan konsentrasi amonia hingga di bawah 20 ppm dalam waktu 2–4 menit. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan efektif dalam menjaga kualitas udara kandang dan layak diterapkan pada peternakan ayam skala kecil hingga menengah. Pengembangan lebih lanjut diperlukan melalui kalibrasi sensor yang lebih presisi serta penerapan metode kontrol yang lebih adaptif untuk meningkatkan efisiensi sistem.

**Kata kunci:** *gas amonia; instrumentasi; ventilasi mekanik; sistem kontrol ON–OFF; kualitas udara kandang*

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

## 1. Pendahuluan

Peternakan ayam merupakan sektor strategis dalam penyediaan protein hewani. Keberhasilan produksi tidak hanya dipengaruhi faktor pakan dan genetik, tetapi juga kondisi lingkungan kandang. Salah satu parameter kritis adalah konsentrasi gas amonia ($NH_3$) yang berasal dari dekomposisi kotoran oleh aktivitas mikroorganisme.

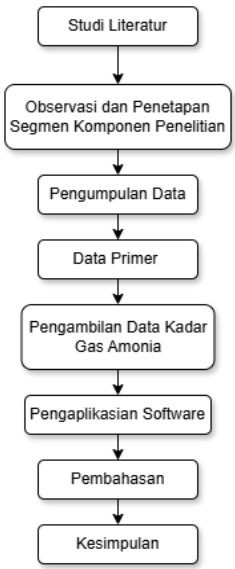
Gas amonia bersifat iritatif dan pada konsentrasi di atas 25 ppm dapat menyebabkan gangguan pernapasan, stres fisiologis, serta penurunan produktivitas ayam. Dalam perspektif teknik mesin, permasalahan ini berkaitan langsung dengan performa sistem ventilasi mekanik, laju pergantian udara (air change rate), serta efektivitas sistem kontrol lingkungan ruang tertutup.

Pendekatan konvensional pengendalian ventilasi masih bersifat manual dan reaktif. Oleh karena itu, diperlukan sistem instrumentasi yang mampu melakukan pengukuran konsentrasi amonia secara kontinu serta mengendalikan ventilasi secara otomatis berbasis ambang batas tertentu.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem instrumentasi monitoring gas amonia yang terintegrasi dengan kendali ventilasi mekanik berbasis kontrol ON–OFF untuk menjaga kualitas udara kandang secara real-time.

## 2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis, mulai dari studi literatur, perancangan sistem, hingga pengujian dan analisis data. Alur penelitian digambarkan dalam Gambar 1.




**Gambar 1 Alur Penelitian**

### 2.1 Perancangan Sistem

Sistem terdiri dari tiga subsistem utama:

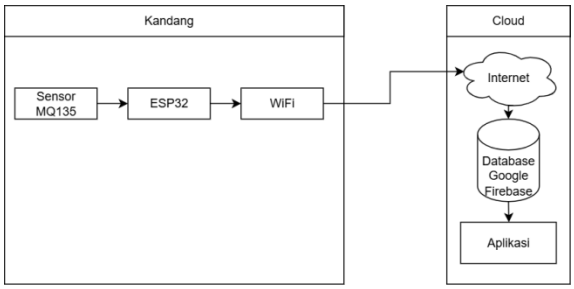
a. Subsistem akuisisi data (sensor MQ-135)
b. Subsistem pemrosesan dan kontrol (ESP32)
c. Subsistem aktuator (kipas ventilasi)

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

Sensor MQ-135 mendeteksi konsentrasi gas dalam satuan ppm. Data dikirim ke ESP32 untuk diproses dan dibandingkan dengan nilai ambang batas 25 ppm.

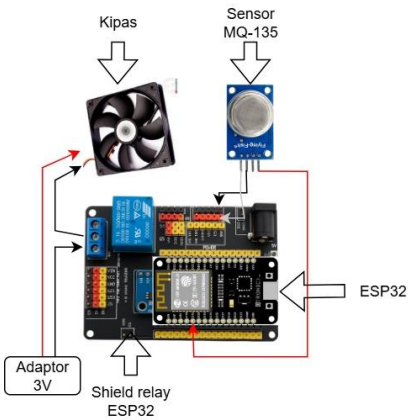
### 2.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Sistem perangkat keras terdiri dari sensor gas MQ-135 sebagai pendeteksi amonia, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data dan konektivitas Wi-Fi, serta shield relay yang terhubung ke kipas sebagai aktuator. Sensor MQ-135 mendeteksi kadar gas di udara, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 dan dikirim ke database cloud melalui jaringan internet (Wi-Fi). Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 2.




**Gambar 2 Diagram Blok**

desain rangkaian perangkat keras disajikan pada Gambar 3.




Gambar 3 Desain Perangkat

### 2.3 Strategi Kontrol

Sistem menggunakan metode kontrol ON–OFF dengan histeresis:

a. Ventilasi aktif ketika $NH_3 > 25$ ppm
b. Ventilasi nonaktif ketika $NH_3 < 20$ ppm

Pendekatan ini mencegah switching berulang akibat fluktuasi kecil pembacaan sensor.

### 2.4 Pengujian Laboratorium

Sensor diuji menggunakan tiga sumber paparan:

a. Kotoran ayam
b. Kotoran sapi
c. Larutan amonia 25%

Parameter yang diukur:

a. Konsentrasi (ppm)
b. Waktu respons sensor (detik)

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

### 2.5 Pengujian Lapangan

Uji lapangan dilakukan pada tiga kandang dengan variasi luas dan populasi ternak untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi operasional nyata.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan untuk memvalidasi kinerja sensor MQ-135 dalam mendeteksi konsentrasi gas amonia dari berbagai sumber paparan. Tiga jenis sumber digunakan, yaitu kotoran ayam, kotoran sapi, dan larutan amonia 25%. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing sumber guna mengevaluasi konsistensi pembacaan sensor.

Tabel 1. Hasil Uji Konsentrasi Amonia pada Tiga Sumber Paparan

| No | Kotoran Ayam (ppm) | Kotoran Sapi (ppm) | Larutan Amonia (ppm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 30,80 | 40,89 | 63,58 |
| 2 | 22,14 | 27,08 | 56,28 |
| 3 | 3,55 | 7,65 | 47,60 |

Analisis Statistik Sederhana

Rata-rata konsentrasi untuk masing-masing paparan:

a. Kotoran Ayam

$\bar{x} = \frac{30,80 + 22,14 + 3,55}{3} = 18,83 \text{ ppm}$ $\bar{x} = 30,80+22,14+3,55 = 18,83$ ppm

b. Kotoran Sapi

$\bar{x} = \frac{40,89 + 27,08 + 7,65}{3} = 25,21 \text{ ppm}$ $\bar{x} = 40,89+27,08+7,65 = 25,21$ ppm

c. Larutan Amonia

$\bar{x} = \frac{63,58 + 56,28 + 47,60}{3} = 55,82 \text{ ppm}$ $\bar{x} = 63,58+56,28+47,60 = 55,82$ ppm

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor mampu membedakan tingkat konsentrasi amonia berdasarkan intensitas sumber paparan. Larutan amonia menghasilkan konsentrasi tertinggi, sedangkan kotoran ayam menunjukkan variasi lebih lebar akibat faktor dekomposisi biologis yang tidak homogen.

**Tabel 2. Hasil Uji Delay (Waktu Respons) Sensor**

| Paparan | Delay Pembacaan |
|---|---|
| Kotoran Ayam | 8,30 detik |
| Kotoran Sapi | 7,74 detik |
| Larutan Amonia | 8,13 detik |

Rata-rata waktu respons sensor:

$t_{avg} = \frac{8,30 + 7,74 + 8,13}{3} = 8,06 \text{ detik}$ $t_{avg} = 8,30+7,74+8,13 = 8,06$ detik

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

Waktu respons sebesar 8,06 detik menunjukkan karakteristik dinamis sensor tipe semikonduktor berbasis $SnO_2$, yang memerlukan proses adsorpsi molekul gas sebelum sinyal stabil. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi sistem ventilasi mekanik yang memiliki konstanta waktu lebih besar (orde menit), sehingga tidak mengganggu performa kontrol.

### 3.2 Hasil Uji Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan pada tiga kandang dengan variasi luas dan populasi untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi operasional nyata.

**Tabel 3. Hasil Uji Lapangan**

| No | Lokasi | Luas Kandang | Populasi | Konsentrasi Amonia |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ds. Karanggondang, Kec. Karanganyar | 144 $m^2$ | 2.500 ekor | 22 ppm |
| 2 | Ds. Dororejo, Kec. Doro | 500 $m^2$ | 6.000 ekor | 16 ppm |
| 3 | Ds. Wringinagung, Kec. Doro | 200 $m^2$ | 1.700 ekor | 12 pm |

### 3.3 Analisis Rasio Kepadatan dan Konsentrasi

Untuk melihat hubungan kepadatan terhadap konsentrasi amonia, dihitung rasio populasi per luas kandang:

a. Lokasi 1:

2500144=17,36 ekor/m²\frac{2500}{144} = 17,36 \text{ ekor/m²}1442500=17,36 ekor/m²

b. Lokasi 2:

6000500=12 ekor/m²\frac{6000}{500} = 12 \text{ ekor/m²}5006000=12 ekor/m²

c. Lokasi 3:

1700200=8,5 ekor/m²\frac{1700}{200} = 8,5 \text{ ekor/m²}2001700=8,5 ekor/m²

Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio kepadatan ternak, semakin tinggi konsentrasi amonia yang terukur. Hal ini sesuai dengan prinsip produksi emisi gas yang berbanding lurus dengan aktivitas metabolik dan akumulasi limbah per satuan volume ruang.

### 3.4 Evaluasi Kinerja Sistem Kontrol

Pada lokasi dengan konsentrasi 22 ppm, sistem mendekati ambang batas 25 ppm. Ketika konsentrasi melebihi ambang tersebut, kipas ventilasi aktif secara otomatis. Setelah ventilasi beroperasi selama 2–4 menit, konsentrasi turun hingga berada pada rentang 18–20 ppm.

Penurunan ini menunjukkan efektivitas peningkatan laju pergantian udara (air change rate) dalam proses pengenceran konsentrasi gas sesuai prinsip konservasi massa pada ruang tertutup.

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

### 3.5 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan untuk memvalidasi kinerja sensor dalam mendeteksi gas amonia dari berbagai sumber. Hasil pengujian paparan amonia dari tiga sumber berbeda dirangkum dalam Tabel 1.

**Tabel 1 Hasil Uji Dengan Tiga Paparan**

| No. | Kotoran Ayam | Kotoran Sapi | Larutan Amonia |
|---|---|---|---|
| 1. | 30,80 ppm | 40,89 ppm | 63,58 ppm |
| 2. | 22,14 ppm | 27,08 ppm | 56,28 ppm |
| 3. | 3,55 ppm | 7,65 ppm | 47,60 ppm |

**Tabel 2 Hasil Uji Delay Sensor Pada Paparan Berbeda**

| | Kotoran Ayam | Kotoran Sapi | Larutan Amonia |
|---|---|---|---|
| Delay Pembacaan | 8,30 detik | 7,74 detik | 8,13 detik |

**Tabel 3 Hasil Uji Lapangan**

| No. | Lokasi | Luas Kandang | Populasi | Paparan Amonia |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Ds.Karanggondang, Kec.Karanganyar | 144m$^2$ | 2.500 Ekor | 22ppm |
| 2. | Ds.Dororejo, Kec.Doro | 500m$^2$ | 6.000 Ekor | 16ppm |
| 3. | Ds.Wringinagung, Kec.Doro | 200m$^2$ | 1.700 Ekor | 12ppm |

### 3.5 Hasil Uji Sensor

Rentang pembacaan konsentrasi:

- Kotoran ayam: 3,55–30,80 ppm
- Kotoran sapi: 7,65–40,89 ppm
- Larutan amonia: 47,60–63,58 ppm

Rata-rata waktu respons sensor:

$$t_{avg} = \frac{8,30 + 7,74 + 8,13}{3} = 8,06 \text{ detik}$$

Waktu respons ini masih dalam batas toleransi sistem ventilasi mekanik yang memiliki konstanta waktu lebih besar dibanding sensor.

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

### 3.6 Analisis Kontrol Ventilasi

Pada pengujian lapangan, ketika konsentrasi awal mencapai 30 ppm, sistem ventilasi aktif secara otomatis. Setelah 3 menit operasi kipas, konsentrasi turun hingga 18–20 ppm.

Fenomena ini sesuai dengan prinsip konservasi massa pada ruang tertutup, di mana peningkatan laju pergantian udara mempercepat pengenceran konsentrasi gas.

### 3.7 Analisis Hubungan Luas dan Populasi

Data lapangan menunjukkan:

a. 144 m² / 2.500 ekor → 22 ppm
b. 500 m² / 6.000 ekor → 16 ppm
c. 200 m² / 1.700 ekor → 12 ppm

Hal ini menunjukkan bahwa rasio populasi terhadap volume ruang lebih berpengaruh dibanding jumlah absolut ternak.

### 3.7 Evaluasi Kinerja Sistem

Sistem menunjukkan:

a. Respons sensor stabil
b. Kontrol ventilasi berjalan otomatis
c. Tidak terjadi osilasi berlebih akibat histeresis
d. Ketergantungan pada Wi-Fi tidak mempengaruhi kontrol lokal

## 4. Kesimpulan

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian laboratorium, dan uji lapangan, sistem instrumentasi monitoring gas amonia yang terintegrasi dengan kendali ventilasi mekanik berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan kinerja yang baik. Sensor MQ-135 mampu mendeteksi konsentrasi gas amonia dalam rentang 3,55–63,58 ppm, dengan rata-rata pembacaan tertinggi sebesar 55,82 ppm pada paparan larutan amonia. Waktu respons sensor rata-rata sebesar 8,06 detik menunjukkan karakteristik dinamis yang stabil dan masih berada dalam batas toleransi sistem ventilasi mekanik, sehingga tidak mengganggu proses pengendalian. Hasil uji lapangan menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan konsentrasi amonia seiring dengan meningkatnya kepadatan ternak per satuan luas kandang, yang mengindikasikan bahwa rasio populasi terhadap volume ruang berpengaruh terhadap akumulasi gas. Sistem kontrol ON–OFF berbasis ambang batas 25 ppm mampu mengaktifkan ventilasi secara otomatis dan menurunkan konsentrasi amonia hingga di bawah 20 ppm dalam waktu 2–4 menit. Secara keseluruhan, integrasi sistem sensor, unit kontrol, dan aktuator ventilasi terbukti efektif dalam menjaga kualitas udara kandang serta layak diterapkan pada peternakan ayam skala kecil hingga menengah.

### 4.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, diperlukan kalibrasi sensor menggunakan gas standar tersertifikasi guna meningkatkan akurasi dan reliabilitas pembacaan, mengingat karakteristik sensor MQ-135 yang sensitif terhadap berbagai jenis gas. Penelitian selanjutnya juga disarankan menambahkan parameter lingkungan lain seperti suhu dan

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

kelembaban untuk memperoleh analisis yang lebih komprehensif terhadap dinamika pembentukan dan dispersi amonia dalam ruang tertutup. Selain itu, sistem kontrol dapat dikembangkan dari metode ON–OFF menjadi kontrol berbasis proporsional atau PID agar pengaturan kecepatan ventilasi lebih adaptif dan efisien dalam konsumsi energi. Analisis kuantitatif terhadap laju pergantian udara (air change rate) juga perlu dilakukan untuk membangun model matematis hubungan antara kapasitas ventilasi dan laju penurunan konsentrasi gas. Pengujian jangka panjang dalam kondisi operasional nyata sangat disarankan guna mengevaluasi ketahanan sistem, stabilitas sensor, serta dampaknya terhadap produktivitas ternak secara berkelanjutan.

## Referensi

[1] A. K. Nalendra, M. Mujiono, and A. Widigdyo, "PIM Sistem Kontrol Suhu dan Gas Amonia pada Kandang Ayam berbasis Internet of Things di Mitra CV. Bintang Timur Farm," *J. ABDINUS J. Pengabdi. Nusant.*, vol. 6, no. 3, pp. 850–858, 2022, doi: 10.29407/ja.v6i3.18484.

[2] T. Susilo and F. David, "Sistem Pemantauan Gas Berbahaya Pada Peternakan Ayam Berbasis Internet of Things," *IT-Explore J. Penerapan Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 2, no. 3, pp. 247–257, 2023, doi: 10.24246/itexplore.v2i3.2023.pp247-257.

[3] D. Djukarna and M. Murni, "Pengembangan Superkapasitor Bank dengan Kontroler ESP-32 Berbasis IoT sebagai Alat Penyimpan Energi," *J. Inov. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 10, no. 1, pp. 44–56, 2023, doi: 10.36706/jipf.v10i1.19570.

[4] Nur Kurnia Fibiani and Rini puji astutik, "Sistem Monitoring Kosentrasi Amonia (NH3) Pada Kawasan PT. Petrokimia Gresik Berbasis IoT," *J. Zetroem*, vol. 5, no. 2, pp. 203–205, 2023, doi: 10.36526/ztr.v5i2.3142.

[5] I. U. Turyadi, "Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelejen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur," *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 29–39, 2021, doi: 10.26905/jtmi.v7i1.6040.

[6] A. Erfina, "Sistem Informasi Monitoring Kadar Gas Berbahaya Pada Peternakan Ayam Menggunakan Arduino Uno Berbasis IoT ( Internet of Thing )," *SISMATIK Univ. Nusa Putra*, pp. 1–6, 2021.

[7] S. P. Collins *et al.*, "No Title 済無No Title No Title No Title," 2021.

[8] M. I. MAYEL, M. Misnaniarti, and N. Najmah, "Monitoring Ketersediaan Obat Terhadap Pelayanan Kesehatan Masyarakat Di Dinas Kesehatan Kota Lubuklinggau Tahun 2021," Nov. 2021.

[9] T. Li *et al.*, "Cutting-edge ammonia emissions monitoring technology for sustainable livestock and poultry breeding: A comprehensive review of the state of the art," *J. Clean. Prod.*, vol. 428, no. October, p. 139387, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139387.

[10] B. Dwinanto, A. Afiif Lubis, M. Karjadi, B. Yulianto, and B. Harianto, "Prototype Smart Car Mecanum Wheel Fire Extinguisher Based On Esp 32 Cam With Bluetooth Combination," *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 4, no. 8, pp. 1110–1122, 2023, doi: 10.59141/jist.v4i8.689.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License