

IMPLEMENTASI SMART DEODORIZING SYSTEM PADA KANDANG SAPI BERBASIS MIKROKONTROLER

<sup>1)</sup>Akhmad Naufal F.A, <sup>2)</sup>Jarot Dwi Prasetyo, <sup>3)</sup>Hermanto  
<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ibrahimy  
<sup>1,2,3)</sup>siipnaufal@gmail.com, jarot\_dwi\_prasetyo@yahoo.com, otnamreh45@gmail.com,

| INFO ARTIKEL                                                                                                                                                    | ABSTRAK                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Riwayat Artikel :</b><br/>Diterima : 12 Juli 2025<br/>Disetujui : 31 Agustus 2025</p> <p><b>Kata Kunci :</b><br/>Kandang Sapi, Esp32, Mikrokontroler.</p> | <p>Lingkungan kandang sapi sering menimbulkan bau menyengat akibat akumulasi limbah organik seperti feses dan urin, yang dapat mengganggu kenyamanan dan kesehatan ternak maupun manusia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penghilang bau otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu mendeteksi konsentrasi gas berbahaya seperti amonia menggunakan sensor MQ-135, serta mendeteksi keberadaan manusia dengan sensor PIR. Sistem akan mengaktifkan kipas dan penyemprot aroma secara otomatis menggunakan relay dan servo motor saat gas terdeteksi melebihi ambang batas atau ada pergerakan manusia di sekitar kandang. Data sistem ditampilkan pada LCD dan dapat dipantau jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Cairan aroma yang digunakan berasal dari minyak atsiri serai yang ramah lingkungan dan aman bagi hewan. Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan Agile dengan eksperimen langsung di kandang sapi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara kandang, kenyamanan peternak, serta efisiensi pengelolaan peternakan berbasis mikrokontroler.</p> |

| ARTICLE INFO                                                                                                                                               | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Article History :</b><br/>Received : Jul 12, 2025<br/>Accepted : August 31, 2025</p> <p><b>Keywords:</b><br/>Cattle Barn, Esp32, Microcontroller</p> | <p><i>Cattle barns often produce unpleasant odors due to the accumulation of organic waste such as feces and urine, which can affect the comfort and health of both livestock and humans. This study aims to design an automatic deodorizing system based on the ESP32 microcontroller that detects harmful gas concentrations—such as ammonia—using the MQ-135 sensor, and senses human presence through a PIR sensor. The system automatically activates a fan and aroma sprayer using a relay and servo motor when gas levels exceed a defined threshold or when motion is detected near the barn. System data is displayed on an LCD and can be monitored remotely via the Blynk application. The aromatic spray used is derived from lemongrass essential oil, which is environmentally friendly and safe for animals. The system development adopts the Agile method and is implemented in a cattle barn measuring 8×12×3 meters. The results of this study are expected to improve barn air quality, enhance farmer comfort, and support efficient livestock management based on microcontroller technology.</i></p> |

## 1. PENDAHULUAN

Lingkungan peternakan, terutama kandang sapi, sering menghasilkan bau menyengat akibat penumpukan feses, urin, dan sisa pakan, yang dapat mengganggu kenyamanan dan membahayakan kesehatan. Salah satu gas utama penyebab bau ini adalah amonia, yang pada kadar tinggi dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan stres pada sapi hingga menurunkan produktivitas (Ahmarez, Widiyanto and Nugroho, 2024; Singh and Kaur, 2020). Beberapa penelitian sebelumnya, seperti sistem kontrol bau pada kandang ayam broiler menggunakan sensor MQ-135 dan DHT-11, telah berhasil mengatur kadar amonia dan kualitas udara (Ahmarez, Widiyanto and Nugroho, 2024). Namun, sistem tersebut mengabaikan aspek deteksi otomatis gerakan atau keberadaan manusia, sehingga respons terhadap aktivitas manusia masih terbatas.

Selain itu, riset lain dalam industri peternakan menggunakan pendekatan Internet of Things (IoT) untuk memantau amonia dan suhu di kandang sapi, namun tetap mengandalkan antarmuka mobile dan kontrol berbasis cloud, yang membuat sistem rentan terhadap keterbatasan jaringan dan tidak dapat merespon secara lokal (Soelistianto et al., 2024; Zhang and Chen, 2021; Brown and Smith, 2022). Dalam penelitian di bidang smart farming menggunakan sensor MQ-135 dan DHT-22, sistem hanya memberikan pembacaan nilai gas dan kelembapan, tanpa integrasi solusi otomatis seperti kipas atau semprotan bau (Erinauliah et al., 2025; Silva and Santos, 2019). Sistem lain seperti GASDUINO hanya memonitor kadar gas dan mengirim notifikasi melalui aplikasi Android, tetapi tidak menyertakan aktuator otomatis untuk pengendalian bau di lokasi (Karar, Al-Masaad and Reyad, 2020; Liu and Wang, 2018).

Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, studi ini memperkenalkan sistem deodorisasi otomatis berbasis ESP32, yang tidak hanya mampu mendeteksi kadar amonia dan gerakan manusia secara simultan, tetapi juga langsung merespons melalui kipas dan penyemprot parfum. Penggunaan sensor PIR memungkinkan sistem memberikan respon terhadap keberadaan manusia secara lokal, lebih cepat, dan tanpa ketergantungan pada jaringan

internet atau antarmuka cloud (Kusumah and Islam, 2023; Anastasia et al., n.d.). Selain itu, sistem ini memperkuat kestabilan kendali di lapangan melalui tampilan lokal berbasis LCD, dan tetap menjaga akurasi sensor gas melalui kalibrasi periodik, yang selama ini menjadi kelemahan pada sistem sebelumnya (Zulkarnaen, Imaduddin and Firmansyah, 2020).

Dengan kombinasi dua sensor utama, aktuator otomatis, dan kontrol lokal berbasis ESP32, penelitian ini berhasil mengatasi berbagai kekurangan pada riset terdahulu. Sistem ini tidak hanya lebih responsif dan mandiri, tetapi juga memenuhi kebutuhan pengelolaan kualitas udara di kandang secara efisien dan praktis. Untuk mengoptimalkan efektivitas, sistem dilengkapi dengan kipas dan alat penyemprot aroma berbasis servo motor. Mekanisme ini memungkinkan penyemprotan berlangsung secara presisi dan hemat energi, serta cocok untuk diterapkan pada skala peternakan kecil hingga menengah (Zulkarnaen, Imaduddin and Firmansyah, 2020). Penyemprotan hanya akan dilakukan saat kadar gas berbahaya terdeteksi dan ada kehadiran manusia, sehingga prinsip efisiensi operasional tetap terjaga.

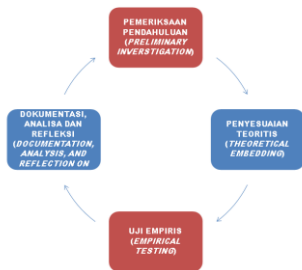
Sebagai bahan penyemprot, digunakan cairan aromatik berbahan dasar minyak atsiri dari tanaman serai (*Cymbopogon citratus*), yang mengandung senyawa sitral dan geraniol. Kedua senyawa ini dikenal memiliki sifat antibakteri dan efektif menetralkan bau tak sedap secara alami (Nurmansyah, 2020). Penggunaan minyak atsiri ini juga ramah lingkungan dan aman untuk hewan, sehingga menjadi solusi alternatif alami dalam sistem deodorisasi otomatis.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi berbasis IoT dalam bentuk **Smart Deodorizing System** yang menggabungkan ESP32, sensor MQ-135, sensor PIR, kipas, serta penyemprot servo motor, menawarkan pendekatan inovatif dalam menjaga kualitas udara kandang secara otomatis. Sistem ini mendukung praktik peternakan cerdas (*smart farming*) yang ramah lingkungan dan adaptif terhadap kondisi lapangan (Karnati, n.d.; Hm and Khairil, 2020). Dengan diterapkannya sistem ini, kualitas sanitasi kandang dapat ditingkatkan secara signifikan, serta mendukung produktivitas dan citra positif peternakan di mata masyarakat.

## 2. METODE

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan metode eksperimen rekayasa sistem untuk merancang dan membangun sistem penghilang bau otomatis pada kandang sapi berbasis mikrokontroler.

Tahapan penelitian ini meliputi beberapa proses seperti yang dijelaskan pada gambar berikut.



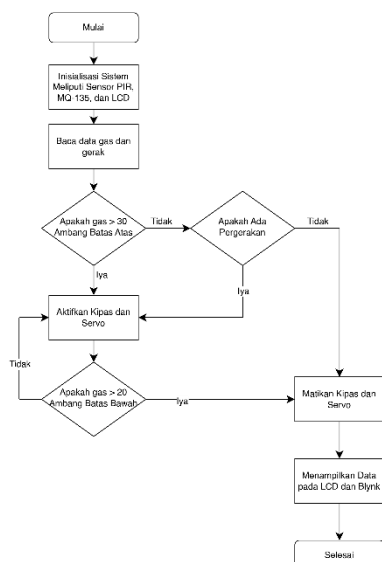
Gambar 1. Metode penelitian

### 2.1. Studi Literatur

Melakukan kajian terhadap literatur yang relevan mengenai sensor gas MQ-135, sensor gerak PIR, serta mikrokontroler ESP32. Studi ini memperkuat dasar teoritis dan teknis dalam perancangan sistem, dengan pendekatan di mana seluruh data dari sensor diolah melalui mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan aktuator seperti kipas dan penyemprot parfum secara otomatis sesuai kondisi lingkungan (Kusumah & Islam, 2023).

### 2.2 Desain Proses

Berikut ini merupakan diagram alur (*flowchart*) yang menggambarkan bagaimana Sistem Penghilang Bau Otomatis pada Kandang Sapi Berbasis *Mikrokontroler*:



Gambar 2. Flowchart Sistem

Pada Gambar 2. Merupakan flowchart proses kerja sistem penghilang bau otomatis berbasis *Mikrokontroler*. Proses diawali dengan inisialisasi sistem, termasuk aktivasi *sensor PIR*, sensor gas *MQ-135*, dan layar *LCD* sebagai antarmuka pengguna.

Selanjutnya, sistem membaca data kadar gas dan mendeteksi pergerakan secara berkala. Jika kadar gas terdeteksi melebihi ambang batas atas (30 ppm), sistem akan mengaktifkan kipas dan servo (penyemprot parfum) untuk mengurangi bau tidak sedap di area kandang. Setelah kipas dan servo aktif, sistem terus memantau kadar gas hingga nilainya turun di bawah ambang batas bawah (20 ppm). Jika kadar gas masih melebihi ambang batas bawah, kipas dan servo tetap beroperasi hingga kondisi kembali normal.

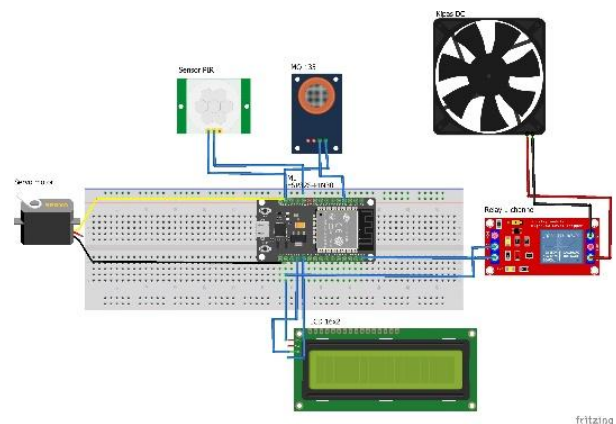
Selain dari data gas, sistem juga memantau adanya pergerakan menggunakan *sensor PIR*. Jika terdeteksi pergerakan manusia atau hewan di sekitar area, kipas dan servo akan langsung diaktifkan untuk menyegarkan udara meskipun kadar gas belum melewati ambang batas.

Setelah tidak ada pergerakan terdeteksi dan kadar gas berada di bawah ambang batas bawah, sistem akan mematikan kipas dan servo untuk menghemat energi. Data status sistem, termasuk hasil pembacaan sensor gas dan gerakan, ditampilkan secara real-time pada layar *LCD* serta dikirimkan ke aplikasi *Blynk* untuk pemantauan jarak jauh.

Seluruh proses ini berjalan secara berulang untuk memastikan kualitas udara di kandang tetap terjaga, memberikan kenyamanan bagi manusia maupun hewan ternak.

### 2.2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan penyusunan desain arsitektur sistem monitoring yang meliputi:



Gambar 3. Perancangan Sistem

- ESP32, bertindak sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan seluruh proses, mulai dari pembacaan data sensor hingga mengaktifkan aktuator seperti kipas dan servo.
- Sensor PIR, digunakan untuk mendeteksi adanya pergerakan di sekitar sistem. Jika ada gerakan terdeteksi, sistem akan mengaktifkan respon lebih lanjut seperti kipas atau semprotan parfum otomatis.
- Sensor MQ-135, berfungsi untuk mendeteksi keberadaan gas amonia atau kualitas udara di sekitar kandang sapi. Sensor ini menghasilkan data analog yang diolah oleh ESP32.
- LCD 16x2 I2C, digunakan untuk menampilkan informasi real-time seperti kadar gas dan status sistem. Dengan I2C, hanya membutuhkan dua pin (SDA & SCL) untuk komunikasi.
- Relay 1 Channel, relay berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghidupkan dan mematikan kipas DC berdasarkan perintah dari ESP32.
- Kipas DC, diaktifkan oleh relay untuk membantu sirkulasi udara ketika gas amonia terdeteksi melebihi ambang batas.
- Servo Motor, bertindak sebagai aktuator tambahan yang dapat digunakan untuk menyemprotkan parfum

#### 2.4. Implementasi dan Integrasi Sistem

Tahap ini melibatkan proses perakitan dan penyusunan perangkat sistem deodorisasi otomatis, termasuk instalasi dan konfigurasi seluruh komponen seperti sensor PIR, sensor gas MQ-135, LCD 16x2, kipas, serta motor servo. Sistem diuji untuk memastikan sensor dapat mendeteksi pergerakan dan gas secara akurat, serta aktuator seperti kipas dan semprotan parfum dapat merespons secara otomatis saat nilai gas melebihi ambang batas. Tampilan informasi sistem ditampilkan secara lokal melalui LCD.

#### 2.5. Dokumentasi dan Analisis Data

Semua data hasil pengujian didokumentasikan untuk dianalisis secara deskriptif. Analisis ini digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas dan efisiensi sistem dalam membantu proses pengurangan bau tidak sedap di kandang sapi, karena data yang dihasilkan memiliki potensi yang signifikan dalam menciptakan lingkungan kandang yang

lebih sehat dan nyaman serta meningkatkan efisiensi pengelolaan ternak.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

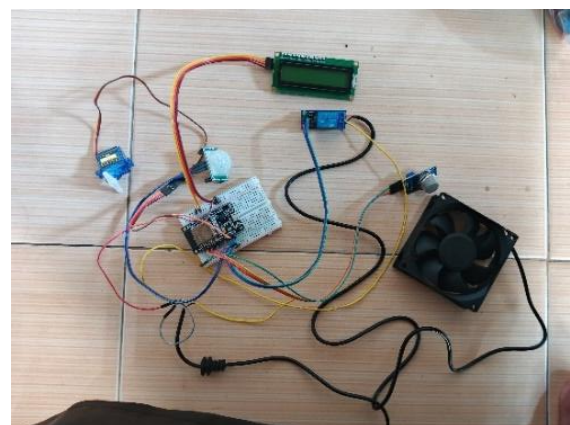
#### 3.1. Implementasi Sistem

Sistem deodorisasi otomatis berbasis mikrokontroler berhasil dirancang dan diuji dalam lingkungan simulasi kandang sapi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama, yang mengolah data dari sensor gas MQ-135 untuk mendeteksi tingkat gas amonia atau bau tak sedap di lingkungan kandang. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor PIR untuk mendeteksi keberadaan sapi atau aktivitas di area tertentu.

Ketika sensor mendeteksi konsentrasi gas yang melebihi ambang batas atau adanya gerakan, ESP32 secara otomatis mengaktifkan kipas DC dan menyemprotkan pengharum melalui servo motor yang menggerakkan tuas botol parfum hemat. Tampilan informasi operasional juga disediakan melalui LCD 16x2, sehingga pengguna dapat memantau status sistem secara langsung.

Uji coba menunjukkan bahwa semua komponen telah terintegrasi dengan baik pada breadboard, dan sistem merespons kondisi lingkungan secara real-time. Komponen seperti relay 1 channel digunakan untuk mengontrol daya kipas secara efisien. Seluruh perangkat dapat dirakit dan dikemas dalam box pelindung untuk memastikan keamanan dari debu atau cipratan air di kandang. Sistem ini terbukti mampu mengurangi intensitas bau secara signifikan, serta dapat membantu meningkatkan kenyamanan dan kebersihan lingkungan ternak.

Foto implementasi menunjukkan bahwa semua komponen terpasang dengan baik.



Gambar 4. Rangkaian Smart Deodorizing System

### 3.2. Pengujian Sensor dan Respon Sistem

Pengujian validasi dilakukan terhadap beberapa kondisi lingkungan kandang dan sumber bau untuk memastikan keakuratan sistem dalam mendeteksi gas amonia dan merespons dengan tindakan deodorisasi otomatis. Gambar menunjukkan proses pengujian sensor MQ-135 menggunakan sumber bau yang umum dijumpai di kandang sapi, seperti limbah organik dan udara dari dalam kandang.

Berikut adalah hasil pengujian sistem dalam bentuk tabel dan dokumentasi visual.

| No. | Tanggal    | Waktu | Kadar Gas (MQ-135) | Status Sensor | Status Sistem  |
|-----|------------|-------|--------------------|---------------|----------------|
| 1   | 12/05/2025 | 08.13 | 42                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 2   | 12/05/2025 | 08.24 | 20                 | Aktif         | Fan OFF        |
| 3   | 12/05/2025 | 08.58 | 32                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 4   | 14/05/2025 | 07.29 | 37                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 5   | 14/05/2025 | 07.41 | 59                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 6   | 14/05/2025 | 07.47 | 31                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 7   | 14/05/2025 | 07.49 | 37                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 8   | 15/05/2025 | 07.52 | 30                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 9   | 18/05/2025 | 10.37 | 18                 | Aktif         | Fan OFF        |
| 10  | 18/05/2025 | 10.38 | 34                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 11  | 18/05/2025 | 10.39 | 49                 | Aktif         | Fan + Spray ON |
| 12  | 18/05/2025 | 10.44 | 21                 | Aktif         | Fan OFF        |
| 13  | 18/05/2025 | 10.46 | 20                 | Aktif         | Fan OFF        |
| 14  | 18/05/2025 | 10.50 | 19                 | Aktif         | Fan OFF        |

Gambar 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sensor gas

Berdasarkan rangkaian uji coba yang dilaksanakan pada tanggal 12 hingga 18 Mei 2025, sistem penghilang bau otomatis menunjukkan performa yang konsisten dalam merespons tingkat konsentrasi gas amonia. Sistem dirancang untuk diaktifkan ketika kadar gas mencapai atau melebihi 30 ppm, serta dimatikan secara otomatis apabila kadar gas turun di bawah 20 ppm.

Dari 14 data pengamatan yang diperoleh, sistem teridentifikasi beroperasi sebanyak 10 kali (71,4%) dan dalam kondisi nonaktif sebanyak 4 kali (28,6%), yang menandakan bahwa keberadaan gas berlebih cukup dominan pada lingkungan pengujian.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata kadar gas saat sistem aktif mencapai 39 ppm, sedangkan pada saat sistem tidak aktif rata-rata kadarnya berada di angka 19,6 ppm. Artinya, sistem berhasil menurunkan konsentrasi gas hingga sekitar 49,7%, yang menunjukkan efektivitas proses ventilasi otomatis dan penyemprotan aroma dalam memperbaiki kualitas udara.

Penurunan kadar gas ini terjadi dalam waktu relatif singkat, tergantung pada kondisi

lingkungan saat itu. Selain itu, sistem terbukti stabil dan tidak mudah terpicu oleh fluktuasi kecil, terutama saat kadar gas berada di antara 20–29 ppm, yang ditetapkan sebagai rentang netral.

Dari temuan ini, dapat disimpulkan bahwa sistem mampu bekerja secara otomatis dan efisien dalam mengelola bau tidak sedap di lingkungan peternakan, serta berpotensi diterapkan secara langsung di lapangan sebagai solusi pengendali udara yang cerdas.

### 3.3. Kelebihan dan Keterbatasan

#### Kelebihan:

1. Responsif terhadap keberadaan manusia dan kualitas udara
2. Otomatis dan hemat energi

#### Keterbatasan:

1. Ketergantungan pada kalibrasi sensor
2. Jangkauan deteksi terbatas

### 3.4. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing atas segala arahan dan bimbingan selama proses penelitian, serta kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan serta penyusunan karya tulis ilmiah ini.

## 4. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penghilang bau otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang memanfaatkan sensor gas MQ-135 dan sensor gerak PIR. Sistem mampu mendeteksi keberadaan gas berbau seperti amonia serta kehadiran manusia di sekitar kandang, kemudian merespons dengan mengaktifkan kipas dan penyemprot parfum secara otomatis.

Sensor MQ-135 terbukti efektif dalam mengenali kadar gas di udara yang melebihi ambang batas, sementara sensor PIR merespons gerakan manusia dengan cepat dan akurat. Informasi sistem juga ditampilkan secara real-time melalui layar LCD, sehingga memudahkan pemantauan langsung di lokasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja secara responsif, efisien, dan dapat meningkatkan kenyamanan lingkungan kandang, baik bagi hewan ternak maupun manusia yang berada di sekitarnya. Sistem ini berpotensi menjadi solusi praktis dalam



mendukung sanitasi dan kenyamanan area peternakan secara berkelanjutan.

Inovasi Praktis:

- Sistem bekerja otomatis tanpa intervensi manual.
- Menggabungkan dua jenis pemicu (gas dan gerakan), meningkatkan efisiensi penyemprotan.
- Menggunakan komponen low-cost dan open-source, sehingga mudah direplikasi atau dimodifikasi.

Potensi Komersialisasi:

- Cocok diterapkan pada skala peternakan kecil hingga menengah.
- Dapat dikembangkan sebagai perangkat modular yang portabel.
- Memiliki nilai tambah untuk pasar teknologi pertanian berbasis otomasi sederhana.

Dengan potensi tersebut, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis, tetapi juga sebagai alternatif inovatif yang berkelanjutan untuk menunjang sanitasi di sektor peternakan. Ke depan, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut menuju produk komersial yang siap digunakan oleh petani dan pelaku usaha ternak.

#### 4.2. Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penambahan Sensor Tambahan. Disarankan agar sistem dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembapan untuk memberikan data lingkungan kandang yang lebih lengkap dan mendukung analisis kualitas udara secara menyeluruh.
2. Desain Casing yang Tahan Lingkungan. Perlu dirancang casing atau pelindung perangkat yang tahan terhadap debu, gas korosif, dan kelembapan tinggi, agar komponen elektronik tetap terlindungi dan dapat beroperasi dalam jangka panjang di lingkungan peternakan.
3. Kalibrasi Sensor Secara Berkala. Sensor gas MQ-135 sebaiknya dikalibrasi secara berkala untuk menjaga akurasi pembacaan data, terutama jika digunakan dalam durasi operasional yang panjang atau di lokasi yang bervariasi tingkat polusinya.

4. Peningkatan Mekanisme Penyemprot. Penggunaan pompa cairan otomatis sebagai pengganti servo semprot parfum manual dapat dipertimbangkan agar distribusi aroma menjadi lebih merata, terkontrol, dan profesional.
5. Uji Coba di Kondisi Lapangan Nyata. Sistem perlu diuji lebih lanjut secara jangka panjang di lingkungan peternakan sapi yang sebenarnya. Hal ini penting untuk mengukur ketahanan perangkat terhadap kondisi riil, seperti perubahan suhu, kelembapan ekstrem, interaksi dengan hewan ternak, serta fluktuasi kualitas udara.
6. Pengujian Kinerja Jangka Panjang. Diperlukan monitoring terhadap performa sistem minimal selama 1–3 bulan di lokasi peternakan aktif, untuk mengevaluasi kestabilan sistem, efektivitas deodorizing, serta durabilitas perangkat keras.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmareza, D., Widiyanto, A. & Nugroho, S., 2024. Automatic odor control system in broiler chicken coops using MQ-135 and DHT 11 sensors. *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences. doi:10.1051/e3sconf/202450003017
- Soelistianto, F.A., Indrianto, A., Anshori, M.A., Nur, M. & Adriansyah, R., 2024. IoT based poultry cage quality monitoring system.
- Karar, M.E., Al-Masaad, A.M. & Reyad, O., 2020. Gasduino-wireless air quality monitoring system using internet of things. *Information Sciences Letters*, 9(2), pp.113–117. doi:10.18576/isl/090208
- Karnati, H., n.d. IoT-based air quality monitoring system with machine learning for accurate and real-time data analysis.
- Fajri, K., Saputra, A., Umar, Z. & Albana, I., n.d. Analisis pendekatan metode Agile dalam manajemen proyek pada sistem informasi.
- Kusumah, R. & Islam, H.I., 2023. Sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) pada ruang data center. *Jurnal JAIC*. Available at: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC> [Accessed 12 July 2025].
- Hm, Z. & Khairil, D.M., 2020. Sistem manajemen kandang pada peternakan sapi

- Bali di CV Enhal Farm. Jurnal Peternakan, 2(1).
- Zulkarnaen, R.R., Imaduddin, I. & Firmansyah, R.A., 2020. Rancang bangun alat penghilang bau di kandang sapi menggunakan mikrokontroler. Jurnal Rekayasa dan Teknologi, 2(1), pp.39–43.
- Anastasia, G., Talapessy, R., Loupatty, G., Kelibulin, J.R. & Salamena, V., n.d. Implementasi sensor gerak (PIR) sebagai detektor gerakan manusia dalam ruang.
- Nurmansyah, N., 2020. Essential oil pada Cymbopogon citratus (DC.) Stapf dan bioaktivitasnya. Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences, 12(1), pp.7–13.
- Singh, S. and Kaur, J., 2020. IoT-based smart livestock management system for environment monitoring and hazard prevention. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(2), pp.1014–1024. doi:10.1109/JIOT.2020.2970273
- Silva, F. and Santos, M., 2019. Development of an automated monitoring and control system for livestock environments using IoT technologies. *Sensors*, 19(24), p.5484. doi:10.3390/s19245484
- Zhang, Y. and Chen, H., 2021. A wireless sensor network for real-time environmental monitoring in livestock farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, p.105985. doi:10.1016/j.compag.2021.105985
- Liu, X. and Wang, J., 2018. Design and implementation of an IoT-based air quality monitoring system for farming environments. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(2), pp.802–810. doi:10.1109/TII.2017.2709469
- Brown, S. and Smith, P., 2022. Smart farming using IoT and cloud computing: A review of recent advancements. *Agricultural Systems*, 193, p.103239. doi:10.1016/j.agsy.2021.103239