

**IMPLEMENTASI E-NOSE UNTUK DETEKSI GAS CEMARAN LIMBAH  
ORGANIK BERBASIS ARDUINO UNO DI PETERNAKAN AYAM**  
*IMPLEMENTATION OF AN ARDUINO UNO-BASED ELECTRONIC NOSE  
FOR DETECTING ORGANIC WASTE GAS CONTAMINANTS IN CHICKEN  
FARMS*

Andrew Setiawan Rusdianto<sup>1\*</sup>, Fabby Nidufias Daraja<sup>1</sup>, Hifdzil Adila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

\*Corresponding author's email: [andrew.ftp@unej.ac.id](mailto:andrew.ftp@unej.ac.id)

**ABSTRACT**

*The decomposition of organic waste in chicken farms generates hazardous gases such as methane (CH<sub>4</sub>), hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), and ammonia (NH<sub>3</sub>), which can negatively affect human health and the environment. Continuous monitoring of these gases is required to ensure occupational safety for farmers and workers. This study aims to design and implement an Electronic Nose (E-Nose) system based on an Arduino Uno microcontroller to detect and measure CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, and NH<sub>3</sub> gas concentrations in a chicken farm environment. The system utilizes MQ-4, MQ-136, and MQ-137 gas sensors, integrated with an Arduino Uno WiFi ATmega328P and ESP8266 module for real-time data transmission to the ThingSpeak IoT platform. Data analysis was conducted using average values and standard deviation to evaluate the accuracy and consistency of sensor readings compared to reference standards. The results show that the E-Nose successfully detected average concentrations of methane at 17.44 ppm (SD 0.126352), hydrogen sulfide at 2.00 ppm (SD 0.040239), and ammonia at 13.82 ppm (SD 0.060300). The low standard deviation values indicate consistent and homogeneous sensor performance. Therefore, the developed E-Nose system is reliable for real-time monitoring of hazardous gases in chicken farms and can serve as an early warning tool to reduce health risks.*

**Keywords:** arduino uno, ammonia, electronic nose, hydrogen sulfide, methane

**ABSTRAK**

*Proses dekomposisi limbah organik di peternakan ayam menghasilkan gas berbahaya seperti metana (CH<sub>4</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), dan amonia (NH<sub>3</sub>) yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Pemantauan kadar gas secara kontinu diperlukan untuk menjamin keselamatan kerja peternak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem Electronic Nose (E-Nose) berbasis mikrokontroler Arduino Uno dalam mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, dan NH<sub>3</sub> di lingkungan peternakan ayam. Sistem E-Nose menggunakan sensor gas MQ-4, MQ-136, dan MQ-137 yang terintegrasi dengan Arduino Uno WiFi ATmega328P serta modul ESP8266 untuk mengirimkan data secara real-time ke platform IoT ThingSpeak. Analisis data dilakukan menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi untuk menilai akurasi dan konsistensi hasil pembacaan sensor terhadap standar acuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Nose mampu mendeteksi gas metana dengan rata-rata 17,44 ppm (SD 0,126352), hidrogen sulfida 2,00 ppm (SD 0,040239), dan amonia 13,82 ppm (SD 0,060300). Nilai standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa sistem E-Nose memiliki kinerja yang konsisten dan homogen. Dengan demikian, E-Nose yang dikembangkan layak digunakan sebagai alat pemantauan gas berbahaya secara real-time di peternakan ayam.*

**Kata kunci:** arduino uno, amonia, electronic nose, hidrogen sulfida, metana

**PENDAHULUAN**

Proses dekomposisi limbah organik pada sektor pertanian dan peternakan berpotensi menimbulkan pencemaran udara yang berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Limbah organik yang berasal dari sisa tanaman, sisa pakan, dan kotoran hewan dapat menghasilkan gas berbahaya selama proses penguraian [1]. Pada peternakan ayam, akumulasi

limbah organik menjadi sumber utama pencemar udara yang mengganggu aktivitas peternak serta masyarakat di sekitar lokasi.

Gas beracun yang umum dihasilkan dari penguraian limbah organik meliputi amonia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dan metana ( $\text{CH}_4$ ). Paparan amonia di atas 25 ppm dapat menyebabkan gangguan pernapasan, sedangkan hidrogen sulfida pada konsentrasi lebih dari 10 ppm berisiko menimbulkan iritasi pada mata, kulit, dan saluran pernapasan [2], [3]. Gas metana bersifat mudah terbakar, sulit dideteksi karena tidak berwarna, serta berkontribusi terhadap pemanasan global dan gangguan kesehatan apabila terhirup melebihi batas aman 5.000 ppm [4], [5].

Pemantauan kadar gas secara akurat dan berkelanjutan sangat diperlukan untuk mencegah risiko kesehatan di lingkungan peternakan ayam. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan alat deteksi gas berbasis sensor dan mikrokontroler [6]. Electronic Nose (E-Nose) merupakan sistem yang memanfaatkan larik sensor gas untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas berbahaya di udara [7].

Pada penelitian ini, E-Nose dikembangkan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang terintegrasi dengan modul WiFi untuk mendukung pemantauan berbasis Internet of Things (IoT). Sensor MQ-4, MQ-136, dan MQ-137 digunakan untuk mendeteksi gas metana, hidrogen sulfida, dan amonia. Sistem ini dilengkapi dengan alarm peringatan apabila kadar gas melebihi ambang batas aman serta penyajian data secara real-time, sehingga dapat menjadi sistem peringatan dini bagi peternak dalam pengelolaan limbah organik secara aman dan efektif.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2023. Lokasi penelitian meliputi Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember sebagai tempat perancangan dan pengujian awal alat, serta Peternakan Ayam UD Indra Jember sebagai lokasi implementasi dan pengambilan data lapangan.

### **Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop, perangkat lunak Arduino IDE, Software Fritzing, Tinkercad, ThingSpeak, hosting, domain, database MySQL, Microsoft Word, Microsoft Excel, MiFi, serta alat tulis penunjang. Bahan yang digunakan antara lain kotoran ternak ayam sebagai objek uji, Arduino Uno R3 WiFi ATmega328P with ESP8266, sensor MQ-4, MQ-136, dan MQ-137, LCD 20 × 4 cm, adaptor AC to DC, stopkontak, steker, kabel jumper ukuran 10–20 cm, breadboard, kotak penyimpanan alat, serta buzzer sebagai sistem peringatan.

### **Data dan Sumber Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung analisis kinerja alat Electronic Nose (E-Nose). Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data Primer didapatkan dari observasi langsung di lokasi peternakan ayam dan data pembacaan kadar gas (ppm) yang dihasilkan oleh alat E-Nose sementara data Sekunder didapatkan dari jurnal nasional, jurnal internasional, buku, e-book, skripsi dan disertasi yang berkaitan dengan Electronic Nose dan Internet of Things (IoT)

### **Rancangan Alat**

Electronic Nose (E-Nose) dirancang dengan prinsip kerja menyerupai indera penciuman manusia. Sistem ini berfungsi untuk mendeteksi dan merekam konsentrasi gas berbahaya di lingkungan peternakan ayam secara real-time dengan memanfaatkan sensor gas berbasis mikrokontroler.

Seluruh komponen E-Nose ditempatkan dalam sebuah box yang terdiri atas sensor gas, mikrokontroler Arduino Uno R3 WiFi ATmega328P with ESP8266, LCD, dan buzzer. LCD berukuran  $20 \times 4$  cm digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor secara visual, sedangkan buzzer berfungsi sebagai alarm peringatan apabila kadar gas terdeteksi melebihi ambang batas aman.

Sistem E-Nose menggunakan tiga jenis sensor gas, yaitu sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana ( $\text{CH}_4$ ), sensor MQ-136 untuk mendeteksi gas hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dan sensor MQ-137 untuk mendeteksi gas amonia ( $\text{NH}_3$ ). Sensor akan mendeteksi gas yang masuk ke dalam box dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk diolah menjadi data kadar gas dalam satuan ppm. Data tersebut ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke platform ThingSpeak melalui koneksi WiFi. Apabila kadar gas melebihi batas yang ditentukan, sistem akan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan dini.

### **Tahapan Penelitian**

#### **Tahap Pendahuluan**

Tahap pendahuluan bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan dan menetapkan tujuan penelitian. Kegiatan pada tahap ini meliputi identifikasi masalah, perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, serta studi literatur. Hasil observasi awal menunjukkan bahwa limbah ternak ayam menghasilkan gas berbahaya berupa metana ( $\text{CH}_4$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dan amonia ( $\text{NH}_3$ ) yang berpotensi mengganggu kesehatan peternak dan hewan ternak. Oleh karena itu, diperlukan alat pemantau gas yang mampu memberikan peringatan ketika konsentrasi gas melebihi batas aman.

#### **Tahap Perancangan Sistem**

Tahap perancangan sistem meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak E-Nose. Sensor MQ-4, MQ-136, dan MQ-137 digunakan untuk mendeteksi gas metana, hidrogen sulfida, dan amonia. Data analog dari sensor diolah oleh Arduino Uno R3 WiFi ATmega328P menjadi data kadar gas dalam satuan ppm. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dan buzzer akan aktif apabila kadar gas melebihi ambang batas. Data selanjutnya dikirim ke modul ESP8266 dan ditampilkan secara real-time pada platform ThingSpeak. Perancangan rangkaian keseluruhan menjelaskan keterhubungan antara sensor, mikrokontroler, LCD, buzzer, dan modul WiFi agar sistem dapat bekerja secara terintegrasi. Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan software Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Library sedangkan pemrograman ThingSpeak dilakukan melalui web browser dan aplikasi Android untuk menampilkan data kadar gas secara real-time.

#### **Uji Kinerja**

Uji kinerja dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas alat E-Nose dalam mendeteksi gas berbahaya. Pengujian dilakukan satu kali di peternakan ayam pada pagi hari pukul 07.00–08.00 WIB. Alat diletakkan di jalur aktivitas peternak dengan ketinggian 30 cm dari permukaan kotoran ayam.

Evaluasi kinerja dilakukan dengan membandingkan data pembacaan sensor terhadap standar baku menggunakan analisis nilai rata-rata dan standar deviasi. Standar deviasi digunakan untuk menunjukkan tingkat variasi data. Nilai standar deviasi yang rendah menunjukkan data bersifat homogen dan konsisten, sedangkan nilai yang tinggi menunjukkan data heterogen [8].

Rumus rata-rata dan standar deviasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{(\sum_{i=0}^n (Xi - \bar{X})^2 / n)}$$

keterangan,  $\sigma$  = Standar deviasi  
 $\Sigma$  = Jumlah  
 $X$  = Nilai data ke - n  
 $\bar{x}$  = Rata-rata  
 $n$  = Banyaknya data

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Standarisasi Kadar Gas sebagai Dasar Kalibrasi E-Nose

Standarisasi kadar gas cemaran dilakukan untuk menentukan batas acuan dalam proses kalibrasi dan evaluasi kinerja sensor E-Nose. Acuan yang digunakan adalah SNI 7289:2011 serta penelitian Liang et al. [9], [10]. Perbandingan kadar gas pada udara bersih dan peternakan ayam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Kadar Gas Cemaran di Udara Bersih dan Peternakan Ayam

Jenis Gas	Kadar Gas Cemaran di Udara Bersih (ppm)	Data Standar Kadar Gas Cemaran di Peternakan Ayam (ppm)
Metana (CH <sub>4</sub> )	2,5	10 – 30
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	0,003	2 – 5
Amonia (NH <sub>3</sub> )	1,2	10 – 25

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar gas di udara bersih berada pada konsentrasi sangat rendah, sedangkan pada peternakan ayam meningkat secara signifikan akibat proses dekomposisi limbah organik. Perbedaan ini menjadi dasar penting dalam penelitian karena E-Nose harus mampu membedakan kondisi udara normal dan tercemar secara akurat. Nilai standar tersebut selanjutnya digunakan sebagai referensi dalam proses pelatihan dan validasi sensor.

### Kalibrasi Sensor di Ruang Terkendali

Kalibrasi sensor E-Nose dilakukan di ruang terkendali menggunakan udara bersih untuk memperoleh nilai dasar (baseline). Ruang terkendali dipilih untuk meminimalkan pengaruh faktor eksternal seperti fluktuasi suhu, kelembaban, dan gangguan gas lain yang dapat memengaruhi sensitivitas sensor. Selain itu, pengujian di ruang terkendali bertujuan memastikan bahwa sensor telah mendeteksi gas secara benar sebelum digunakan pada lingkungan peternakan. Hasil rata-rata bacaan sensor di ruang terkendali disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Hasil Bacaan Sensor E-Nose di Ruang Terkendali

Jenis Gas	Rata-rata (ppm)	Standar SNI (ppm)	Selisih (%)
CH <sub>4</sub>	2,40	2,50	4,0
H <sub>2</sub> S	0,00288	0,003	4,0
NH <sub>3</sub>	1,25	1,20	4,0

Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata bacaan sensor E-Nose untuk ketiga gas menunjukkan selisih sekitar 4% terhadap nilai standar. Selisih ini masih berada dalam batas toleransi sensor gas komersial, yaitu 1–5% dari nilai bacaan [11]. Hal ini menunjukkan bahwa sensor E-Nose telah terkalibrasi dengan baik dan mampu mendeteksi gas pada konsentrasi rendah secara akurat. Perbedaan kecil antara hasil pengukuran dan nilai standar juga dipengaruhi oleh karakteristik sensor, sensitivitas elemen sensing, serta kondisi lingkungan mikro di sekitar sensor. Dengan demikian, hasil kalibrasi ini dapat dijadikan dasar bahwa sistem E-Nose layak digunakan untuk pengukuran lanjutan.

### Analisis Presisi dan Kestabilan Sensor di Ruang Terkendali

Selain akurasi, presisi dan kestabilan sensor dianalisis menggunakan nilai varians dan standar deviasi untuk mengetahui sebaran data hasil pengukuran. Hasil analisis statistik bacaan sensor di ruang terkendali disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Varians dan Standar Deviasi Bacaan Sensor di Ruang Terkendali**

Jenis Gas	Rata-rata (ppm)	Varians	Standar Deviasi
CH <sub>4</sub>	2,40	0,004912	0,0701
H <sub>2</sub> S	0,00288	$8,50 \times 10^{-7}$	0,00092
NH <sub>3</sub>	1,25	0,010514	0,1025

Nilai standar deviasi yang rendah dan mendekati nol menunjukkan bahwa data bacaan sensor relatif homogen dan tidak menyebar jauh dari nilai rata-ratanya. Menurut Hidayat [12], data dengan standar deviasi rendah menunjukkan bahwa alat ukur memiliki presisi yang baik dan menghasilkan pengukuran yang konsisten. Dengan demikian, hasil pada Tabel 3 mengindikasikan bahwa sensor E-Nose memiliki kestabilan yang baik dalam mendeteksi gas pada kondisi udara bersih.

### Validasi Sensor Menggunakan Data Latih dan Data Uji di Udara Bersih

Validasi kinerja sensor dilakukan dengan membandingkan data latih dan data uji di udara bersih. Data latih digunakan untuk melatih sistem pembacaan sensor, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam membaca data baru. Hasil perbandingan rata-rata data latih dan data uji disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Rata-rata Data Latih dan Data Uji E-Nose di Udara Bersih**

Jenis Gas	Data Latih (ppm)	Data Uji (ppm)	Selisih (%)
CH <sub>4</sub>	2,53	2,44	3,69
H <sub>2</sub> S	0,00369	0,00380	2,98
NH <sub>3</sub>	1,35	1,32	2,27

Selisih rata-rata antara data latih dan data uji berada pada kisaran 2,27–3,69%. Nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi pengukuran sensor gas lingkungan, yaitu 1–5% [13]. Perbedaan kecil ini dipengaruhi oleh variasi alami lingkungan dan karakteristik sensor, namun masih dapat diterima secara ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa sensor E-Nose mampu membaca data baru secara konsisten setelah melalui proses pelatihan. Analisis statistik lanjutan terhadap data uji di udara bersih ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Statistik Data Uji E-Nose di Udara Bersih**

Jenis Gas	Rata-rata (ppm)	Varians	Standar Deviasi
CH <sub>4</sub>	2,44	0,015965	0,1264
H <sub>2</sub> S	0,00380	$1,47 \times 10^{-7}$	0,00038
NH <sub>3</sub>	1,32	0,005996	0,0774

Nilai standar deviasi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa sebaran data uji relatif sempit, sehingga data dapat dikatakan homogen. Hal ini menegaskan bahwa sistem E-Nose memiliki kestabilan dan akurasi yang memadai untuk digunakan pada tahap pengujian lapangan.

### KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat Electronic Nose (E-Nose) berbasis mikrokontroler Arduino Uno untuk mendeteksi dan mengukur kadar gas metana (CH<sub>4</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), dan amonia (NH<sub>3</sub>) di lingkungan peternakan ayam. Sistem E-Nose menggunakan sensor MQ-4, MQ-136, dan MQ-137, yang terintegrasi dengan LCD sebagai tampilan lokal serta platform ThingSpeak berbasis IoT untuk pemantauan data secara daring melalui perangkat Android dan web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa E-Nose mampu melakukan pengukuran ketiga gas dengan tingkat akurasi dan kestabilan yang baik. Rata-rata kadar gas yang terdeteksi di peternakan ayam masing-masing sebesar 17,44 ppm untuk CH<sub>4</sub>, 2,00 ppm untuk H<sub>2</sub>S, dan 13,82 ppm untuk NH<sub>3</sub>, dengan nilai standar deviasi yang rendah pada seluruh parameter. Rendahnya nilai standar deviasi menunjukkan bahwa data hasil pengukuran bersifat homogen, konsisten, dan mendekati nilai rata-rata, sehingga sistem E-Nose dinilai andal dan layak digunakan sebagai alat pemantauan kualitas udara pada lingkungan peternakan ayam.

## ACKNOWLEDGMENT

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember serta pemilik Peternakan Ayam UD Indra Jember atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hamdiani, *Pengolahan Mandiri Limbah Organik Rumah Tangga untuk Mendukung Pertanian Organik Lahan Sempit*, Skripsi, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia, 2019.
- [2] V. A. Simbolon, Nurmain, dan W. Hasan, "Pengaruh pajanan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) terhadap keluhan saluran pernapasan pada pemulung di TPA Ganet Kota Tanjungpinang," *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 18, no. 1, pp. 42–49, 2019, doi: 10.14710/jkli.18.1.42-49.
- [3] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Ammonia: Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH)*, Washington DC, USA, 2019.
- [4] Y. Chen, L. Zhang, Y. Zhang, dan W. Liu, "H<sub>2</sub>S mitigation strategies for poultry production," *Journal of Environmental Management*, vol. 292, p. 112524, 2021.
- [5] Y. Chen, Q. Li, L. Zhang, dan W. Liu, "Methane emissions from poultry production: A review," *Environmental Science & Technology*, vol. 52, no. 11, pp. 7431–7443, 2018.
- [6] T. Ming, R. de Richter, F. Dietrich Oeste, R. Tulip, dan S. Caillol, "A nature-based negative emissions technology able to remove atmospheric methane and other greenhouse gases," *Atmospheric Pollution Research*, vol. 12, no. 5, p. 101035, 2021, doi: 10.1016/j.apr.2021.02.017.
- [7] D. Novita, A. B. Sesunan, M. Telaumbanua, S. Triyono, dan T. W. Saputra, "Identifikasi jenis kopi menggunakan sensor E-Nose dengan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, vol. 9, no. 1, pp. 205–217, 2021.
- [8] R. N. Hidayat, *Analisis Desain Jaring GNSS Berdasarkan Fungsi Presisi*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7289:2011 Tata Cara Pengelolaan Limbah Cair Peternakan Unggas," Jakarta, Indonesia, 2011.
- [10] Y. Liang, L. Pan, E. F. Wheeler, J. S. Zajackowski, P. A. Topper, R. S. Gates, et al., "Ammonia emissions affected by oil sprinkling, ventilation, and floor insulation during broiler production," *Transactions of the ASABE*, vol. 63, no. 2, pp. 341–350, 2020, doi: 10.13031/trans.13620.
- [11] G. Korotcenkov, *Handbook of Gas Sensor Materials: Properties, Advantages and Shortcomings for Applications*, vol. 1. Springer, Cham, Switzerland, 2018.
- [12] R. N. Hidayat, "Analisis Desain Jaring GNSS Berdasarkan Fungsi Presisi (Studi Kasus: Titik Geoid Geometri Kota Semarang)," Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2019.
- [13] B. S. Arora, J. Singh, S. Kumar, and R. K. Sharma, "Performance evaluation of gas sensors for environmental monitoring," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 190, no. 1, pp. 1–11, 2018.