

Rancang Bangun Alat Deteksi Bahan Baku Gelatin Menggunakan Multisensor Gas Berbasis *Machine learning*

Febby Trishe Ananda¹, Harmadi^{1*}, Wildan Panji Tresna², Aditya Eka Mulyono²

¹Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

²Pusat Riset Fotonika, Badan Riset dan Inovasi Nasional,
Tangerang Selatan, 15310, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 15 Januari 2026
Direvisi: 10 April 2026
Diterima: 31 Juli 2026

Kata kunci:

Gelatin
Halal
Machine Learning
Sensor Gas

Keywords:

Gelatin
Halal
Machine Learning
Gas Sensor

Penulis Korespondensi:

Harmadi
Email: harmadi@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan gelatin untuk bahan makanan halal di Indonesia sangat tinggi. Gelatin berbahan dasar babi yang sulit dikenali setelah melalui proses produksi masih banyak digunakan dalam industri makanan dan farmasi. Metode analisis seperti PCR dan FTIR menawarkan akurasi tinggi, namun biaya operasional besar dan perlunya fasilitas laboratorium khusus. Penelitian ini mengembangkan sistem hidung elektronik (e-nose) berbasis *machine learning* untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis gelatin berdasarkan sumber bahan bakunya. Sistem ini mengintegrasikan delapan jenis sensor gas untuk mendeteksi senyawa organik volatil (VOC) yang dihasilkan setiap jenis gelatin, kemudian diklasifikasikan oleh PCA dan diprediksi oleh LDA. Penelitian akan menggunakan gelatin dengan sumber bahan baku sapi, babi, dan ikan dengan variasi konsentrasi gelatin 1%, 3%, 5%, dan 7%. Pengujian akan dilakukan selama 30 menit untuk setiap sampel. Hasil dari pengujian membuktikan alat mampu mendeteksi dan membedakan gelatin berdasarkan bahan bakunya dengan akurasi pendeteksian 95%.

In The demand for gelatin for halal food ingredients in Indonesia is very high. Pork-based gelatin, which is difficult to identify after undergoing the production process, is still widely used in the food and pharmaceutical industries. Analytical methods such as PCR and FTIR offer high accuracy, but they require high operational costs and specialized laboratory facilities. This study develops a machine learning-based electronic nose (e-nose) system to detect and classify gelatin types based on their raw material sources. This system integrates eight types of gas sensors to detect volatile organic compounds (VOCs) produced by each type of gelatin, which are then classified by PCA and predicted by LDA. The study will use gelatin with raw materials sourced from cows, pigs, and fish with varying gelatin concentrations of 1%, 3%, 5%, and 7%. Testing will be conducted for 30 minutes for each sample. The results of the testing prove that the device is capable of detecting and distinguishing gelatin based on its raw materials with a detection accuracy of 95%.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan populasi Muslim terbesar di dunia, sehingga isu kehalalan produk pangan menjadi perhatian utama. Berdasarkan Keputusan Menteri Agama Republik Indonesia Nomor 518 Tahun 2001 Pasal 1, pangan halal adalah pangan yang tidak mengandung unsur haram serta tidak diproses dengan cara yang bertentangan dengan syariat Islam. Namun, hingga saat ini, Indonesia masih bergantung pada impor gelatin dari beberapa negara, seperti Tiongkok, Jepang, Prancis, Australia, dan Selandia Baru, untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri (Dwi Oktaviani, 2023). Sebagian besar gelatin impor tersebut berasal dari bahan baku yang tidak halal, seperti kulit babi (46%) serta daging dan tulang babi (23,1%) (Gomez-Guillen et al., 2011). Kondisi ini menimbulkan tantangan dalam menjamin kehalalan produk yang beredar di pasar.

Gelatin merupakan polipeptida dengan berat molekul tinggi yang berasal dari kolagen, yaitu komponen protein utama dari jaringan ikat hewan, yang meliputi tulang, kulit, dan tendon. Berdasarkan bentuk fisiknya, gelatin berwujud padat (baik itu berbentuk butiran, serbuk, maupun lembaran), tembus cahaya, tidak berwarna dan tidak berasa (Nugroho, A., dan Kurniawan, 2015). Sifat khas gelatin yaitu kemampuan membentuk gel membentuk struktur jaringan yang stabil. Gelatin bersifat hidrofilik yang dapat menarik dan menahan air dan bersifat emulsifikasi yang membantu mencampurkan bahan-bahan yang tidak dapat bercampur seperti minyak dan air (GMIA, 2019).

Metode deteksi gelatin yang ada seperti *Polymerase Chain Reactor* (PCR) (Roswien dan Kusuma, 2018) dan *Fourier Transform Infrared Spektroskopi* (FTIR). meskipun akurat, tetapi membutuhkan biaya yang tinggi, waktu yang lama, dan peralatan laboratorium khusus. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan menggunakan teknologi sensor gas yang mampu menganalisis senyawa organik volatil dari gelatin. Senyawa volatil yang dihasilkan gelatin ini berpotensi menjadi penanda utama dalam proses identifikasi dan klasifikasi gelatin. Analisis senyawa volatil bisa dilakukan pada hewan yang memiliki kesamaan senyawa volatil namun berbeda kadarnya (Ma et al., 2020)

Pengembangan sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) yang dimodifikasi dengan nanopartikel Polianilin/Nikel Oksida (PANI/NiO) untuk membedakan secara cepat antara *porcine* (gelatin bahan baku babi) dan *bovine* (gelatin bahan baku sapi) telah dilakukan oleh Kurniawan et al., (2022). Penelitian ini menunjukkan bahwa sensor tersebut bersifat selektif dan efektif dalam menganalisis kontaminasi gelatin dalam sampel campuran. Kelemahan sensor ini adalah hanya dapat bekerja optimal dalam kondisi basa, sementara dalam kondisi netral dan asam, sensor tidak menunjukkan respons yang signifikan.

Sarno et al., (Sarno et al., 2020) mengembangkan *Optimized Electronic Nose System* (OENS) untuk mendeteksi pencampuran daging babi dalam daging sapi. Alat ini mengombinasikan penyaringan noise, array sensor yang dioptimalkan, serta parameter *Support Vector Machine* (SVM) yang disempurnakan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi pencampuran daging babi dalam daging sapi dengan akurasi tinggi, mencapai 98,10%. Keterbatasan alat ini terletak pada analisis campuran dengan proporsi daging babi yang masih relatif besar, yaitu mulai dari 10%.

Penelitian terkait identifikasi sumber gelatin juga telah dilakukan untuk mendukung kehalalan bahan tambahan pangan, pada tahun (2020) Sarno et al., meneliti perbedaan antara gelatin sapi dan babi berdasarkan komposisi asam amino serta karakteristik molekulernya setelah dihidrolisis dengan pepsin. Berbagai metode analisis seperti *Fourier Transform Infrared Spektroskopi* (FTIR) dan elektroforesis SDS-PAGE digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan yang signifikan pada gelatin dari kedua sumber tersebut. Hasil penelitian menunjukkan variasi nyata dalam profil asam amino dan distribusi berat molekul, yang menegaskan pentingnya karakteristik gelatin dalam proses identifikasi. Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan peralatan laboratorium khusus yang relatif mahal dan tidak mudah diakses untuk aplikasi skala luas.

Penelitian ini merancang alat yang mampu mendeteksi bahan baku gelatin menggunakan sensor gas (Jayasree dan Muttan, 2014). Senyawa organik volatil yang dihasilkan oleh gelatin sangat kompleks dan bervariasi tergantung pada sumber bahan bakunya (Hibaturrahman et al., 2023; I. A. Saputra, 2025). Solusi untuk mengatasi tantangan ini yaitu menggunakan multisensor (Mahmudah et al., 2025). Setiap sensor gas memiliki sensitivitas terhadap jenis gas tertentu, sehingga kombinasi delapan sensor memungkinkan pengukuran lebih komprehensif dan akurat. Machine learning digunakan untuk

menganalisis respon sensor gas yang kompleks dan mengklasifikasikan gelatin berdasarkan bahan bakunya (Sarno et al., 2020, Sharma dan Chaudhary, 2023). Alat ini tidak hanya dapat mengatasi keterbatasan sensor tunggal, tetapi juga mendukung pengklasifikasian dan analisis data melalui penerapan *machine learning*, sehingga memastikan keandalan alat dalam aplikasi seperti deteksi kehalalan makanan.

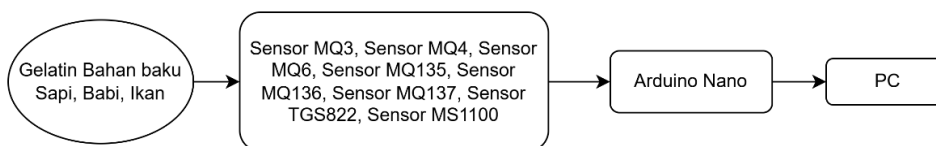
II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu solder, multimeter, *power supply*, laptop, kabel *jumper*, kotak pelindung, dan kabel USB. Bahan yang digunakan yaitu Arduino Uno, sensor MQ3, sensor MQ4, sensor MQ6, sensor MQ135, sensor MQ136, sensor MQ137, sensor TGS822, sensor MS1100, sensor BME280, PCB, ADS1115, *black regulator*, dan gelatin bubuk.

2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

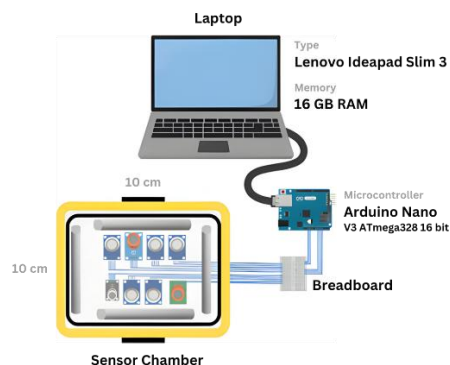
Diagram blok perancangan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1. Sampel akan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *hot plate*, kemudian diletakkan di dalam kotak alat. Alat kemudian disambungkan ke PC dan sumber tegangan listrik. Sampel akan dideteksi oleh sensor dan menghasilkan data dalam nilai digital (ADC). Data ini diolah oleh Arduino nano kemudian dikirimkan ke PC. PC akan menampilkan data hasil pengukuran setiap tiga detik sekali. Pengambilan data akan dilakukan selama 30 menit. Data hasil pengukuran yang telah didapatkan kemudian diolah dengan *machine learning* untuk proses klasifikasi. Hasil dari pengolahan data ini akan divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk di analisa.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

2.3 Perancangan Perangkat Keras Sistem

Perancangan perangkat keras mengintegrasikan komponen dengan arduino nano seperti pada Gambar 2. Perangkat keras alat ini terdiri dari delapan sensor gas yang berfungsi mendeteksi senyawa organik volatil (VOC) dari sampel gelatin (Mahmudah et al., 2025). Sensor menghasilkan nilai tegangan analog yang kemudian dikonversi menjadi data digital oleh mikrokontroler Arduino Nano melalui ADC 10 bit. Data tersebut merepresentasikan perubahan konsentrasi gas akibat karakteristik kimia masing-masing jenis gelatin. Sistem ini dilengkapi dengan kotak tertutup berbahan akrilik untuk menampung sampel dan mencegah kebocoran gas volatil. Data hasil pengukuran dikirim ke komputer melalui komunikasi serial untuk disimpan dan dianalisis lebih lanjut menggunakan *machine learning*.



Gambar 2 Rangkaian Keseluruhan Sistem

2.4 Perancangan Analisis *Machine Learning*

Data hasil pengukuran akan dianalisis menggunakan machine learning untuk mengklasifikasikan sampel gelatin berdasarkan bahan bakunya seperti sapi, babi, dan ikan. Model *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mereduksi dimensi data sensor yang kompleks menjadi lebih sederhana (Chen dan Wu, 2021). PCA bertujuan untuk melihat pengaruh konsentrasi terhadap gas volatil yang dihasilkan. Machine learning kedua yang digunakan untuk memprediksi sumber bahan baku gelatin digunakan model *Linear Discriminant Analysis* (LDA) (Lestari et al., 2022). Sampel yang tidak diketahui sumber bahan bakunya akan diprediksi oleh LDA berdasarkan data latih yang telah diberikan.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengukuran Gelatin

Hasil pengukuran gelatin ditampilkan secara real time melalui serial monitor PC. Data yg diperoleh terdiri dari waktu pengukuran, nilai ADC dari delapan sensor gas, parameter suhu, kelembapan, dan tekanan. Tampilan hasil pengukuran pada serial monitor dapat dilihat pada Tabel 1.

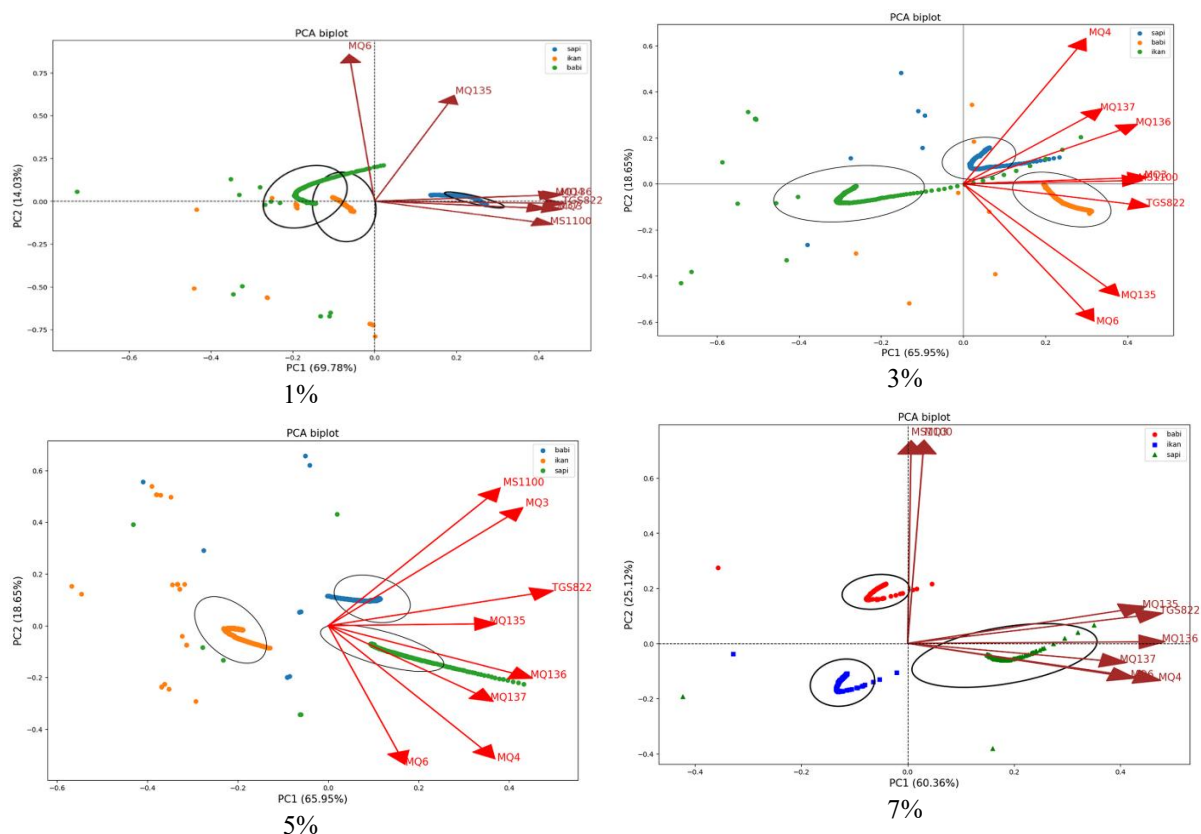
Tabel 1 Data Hasil Pengukuran Gelatin

Hasil Pengukuran											
Waktu	MQ6	MQ135	TGS822	MQ3	MQ136	MQ137	MS1100	MQ4	T (°C)	Rh (%)	P (Pa)
10:50:32	12646	7611	1306	6323	8902	11075	14644	5221	30,41	49,85	100795,6
10:51:41	12449	7514	1302	6336	8982	11277	14902	5049	30,93	49,76	100794
10:52:35	12267	7432	1306	6363	9035	11369	15107	4898	31,42	49,98	100795,1
10:53:59	12040	7337	1305	6393	9063	11409	15277	4723	32	49,08	100792,4
10:54:54	11922	7280	1302	6402	9066	11417	15340	4654	32,35	48,9	100788,8
10:55:57	11772	7208	1298	6419	9072	11422	15421	4562	32,63	48,53	100790,7
10:56:42	11675	7154	1299	6430	9070	11416	15467	4517	32,84	48,48	100779,7
10:57:45	11542	7082	1293	6436	9056	11401	15502	4457	33,11	48,29	100783
10:58:48	11420	7011	1291	6444	9047	11388	15537	4414	33,35	47,94	100781,8

Selama pengukuran, terjadi peningkatan suhu karena panas yang dihasilkan oleh sensor, yang berakibat pada penurunan kelembapan di dalam alat. Selain itu, fluktuasi tekanan juga diamati karena ruang alat yang tidak sepenuhnya kedap udara, memungkinkan pertukaran gas dengan lingkungan luar.

3.2 Hasil Analisis PCA

Analisis data menggunakan PCA bertujuan untuk mereduksi dimensi data sensor yang kompleks menjadi lebih sederhana, sekaligus memperjelas pemisahan pola nilai antar jenis gelatin tanpa menghilangkan informasi utama. Analisis ini menggunakan data gelatin yang divariasikan yaitu 1%, 3%, 5%, dan 7%. Hal ini bertujuan untuk melihat pengaruh konsentrasi gelatin terhadap intensitas senyawa volatil yang dihasilkan, serta untuk mengamati sejauh mana perubahan konsentrasi memengaruhi pola klasifikasi pada setiap jenis gelatin (Wangge, 2021). Hasil Grafik analisis PCA untuk masing-masing konsentrasi gelatin dapat dilihat pada Gambar 3.



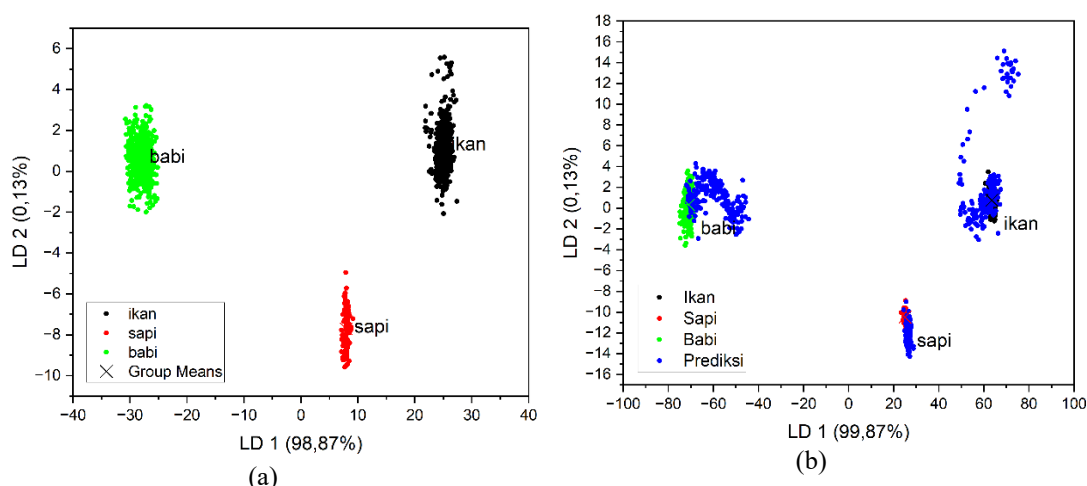
Gambar 3 Pengklasifikasian Gelatin dengan Variasi Konsentrasi 1%, 3%, 5%, dan 7%

Berdasarkan grafik analisis PCA pada Gambar 5, pada konsentrasi rendah 1%, distribusi data antar kelompok gelatin masih tumpang tindih dan belum mengelompok secara jelas. Masih banyak data outlier khususnya pada gelatin sapi dan ikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, intensitas senyawa volatil yang dihasilkan belum cukup kuat untuk memberikan diferensiasi yang optimal antar masing-masing gelatin. Pada konsentrasi 3% dan 5%, perbedaan data antar kelompok gelatin mulai membaik. Data dari tiap kelompok gelatin sudah mulai mengelompok lebih jelas, meskipun masih ada data outlier. Hal ini disebabkan karena meningkatnya jumlah senyawa volatil yang dilepaskan seiring dengan bertambahnya konsentrasi, sehingga respon sensor menjadi lebih tajam. Pada konsentrasi 7%, perbedaan data dari ketiga jenis gelatin menjadi sangat jelas, ditandai dengan terbentuknya kelompok data yang jelas tanpa ada tumpang tindih antar gelatin babi, sapi, dan ikan. Pada konsentrasi ini, senyawa volatil yang dihasilkan dari masing-masing gelatin sudah cukup untuk membentuk profil bau yang unik dan konsisten sehingga dapat dibedakan dengan optimal.

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa alat mampu mendeteksi dan membedakan senyawa volatil yang dihasilkan dari ketiga jenis gelatin. Pengaruh dari variasi konsentrasi menunjukkan semakin tinggi konsentrasi gelatin, semakin jelas senyawa volatil yang terdeteksi, sehingga mudah diklasifikasikan. Sebaliknya, pada konsentrasi rendah, intensitas senyawa volatil yang dihasilkan masih lemah, hal ini menyebabkan gelatin sulit dibedakan.

3.3 Hasil Analisis LDA

Analisis menggunakan LDA digunakan untuk mendeteksi gelatin yang tidak diketahui sumber bahan bakunya. Analisis ini menggunakan data hasil pengukuran gelatin 7%. LDA memisahkan data menjadi data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk membangun model diskriminan, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengklasifikasikan data yang belum pernah dilihat sebelumnya (Winarnie et al., 2023). Analisis ini menggunakan 1187 data latih dan 500 data tes. Hasil analisis ini menghasilkan nilai akurasi sebesar 95%. Hasil analisis LDA dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil analisis LDA (a) score plot data latih, (b) score plot prediksi data tes

Distribusi sampel gelatin dari ketiga kelas (ikan, sapi, babi) tampak terpisah jelas dengan variasi data sebesar 100% yang menunjukkan semua data terwakilkan pada plot ini. Pemisahan yang jelas pada grafik ini mengindikasikan model LDA berhasil memproyeksikan data ke ruang baru yang memaksimalkan perbedaan antar kelas. Pada grafik ini, data training direpresentasikan oleh titik-titik berwarna hijau (babi), kuning (sapi), dan hitam (ikan), yang membentuk klaster-klaster terpisah. Data prediksi dari sampel gelatin baru divisualisasikan dengan titik-titik berwarna biru. Sebagian besar data prediksi berhasil di kelompokkan sesuai dengan kelasnya. Ada beberapa data outlier yang ditemukan pada klaster ikan. Hal ini terjadi karena semakin lama pengambilan data, maka gas volatile semakin memudar, sebab alat yang dipakai tidak kedap sempurna.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem klasifikasi berbasis sensor gas mampu membedakan jenis gelatin dari sapi, ikan, dan babi dengan baik. Pemanfaatan kombinasi sensor gas seperti MQ6, MQ135, TGS822, MQ3, MQ136, MQ137, dan MS1100 berhasil mendeteksi pola senyawa volatil yang berbeda dari masing-masing sampel gelatin. Analisis data menggunakan model PCA membuktikan alat dapat mendeteksi dan membedakan senyawa volatil dari masing-masing gelatin. Analisis dengan model Linear Discriminant Analysis (LDA) mampu mengklasifikasikan sampel gelatin sesuai bahan bakunya dengan tingkat akurasi sebesar 95%. Hal ini menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mendeteksi dan mengidentifikasi asal-usul gelatin. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif untuk membantu proses verifikasi kehalalan produk berbasis gelatin secara cepat dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, G., Wu, G., 2021, Classification of Electronic Nose Data Using the Least Squares Support Vector Machine, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1894, DOI: 10.1088/1742-6596/1894/1/012080.
- Dwi Oktaviani, E., 2023, Ekstraksi Gelatin dari Kulit Ikan Gabus Menggunakan Jeruk Nipis, *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, Vol. 1, Hal. 22–28, DOI: 10.30631/jssit.v1i2.27.
- GMIA, 2019, *Gelatin Handbook*, Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA), New York.
- Gomez-Guillen, M.C., Gimenez, B., Lopez-Caballero, M.E., Montero, M.P., 2011, Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review, *Food Hydrocolloids*, Vol. 25, Hal. 1813–1827, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.02.007.
- Hibaturrahman, S.N., Kusnandar, F., Yuliana, N.D., Heryani, H., 2023, Sensitivitas Real-Time Polymerase Chain Reaction dengan Primer Tanabe dalam Mendeteksi Gelatin Babi pada

- Confectionery, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol. 34, Hal. 119–128, DOI: 10.6066/jtip.2023.34.1.119.
- I. A. Saputra, & A.W., 2025, Klasifikasi aroma volatil organic komponen (VOC) dari bahan gelatin (sapi, babi, dan ikan) berbasis E-NOSE menggunakan metode linier discriminant analysis (LDA) dan principal component analysis (PCA), .
- Jayasree, T., Muttan, S., 2014, Study of gas sensors for the detection of volatile organic compounds in breath, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 573, Hal. 785–790, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.573.785.
- Kurniawan, F., Nugroho, A., Baskara, R.A., Candle, L., Pradini, D., Madurani, K.A., Sugiarso, R.D., Juwono, H., 2022, Rapid analysis to distinguish porcine and bovine gelatin using PANI/NiO nanoparticles modified Quartz Crystal Microbalance (QCM) sensor, *Heliyon*, Vol. 8, Hal. e09401, DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09401.
- Lestari, D., Rohman, A., Syofyan, S., Yuliana, N.D., Abu Bakar, N.K.B., Hamidi, D., 2022, Analysis of beef meatballs with rat meat adulteration using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy in combination with chemometrics, *International Journal of Food Properties*, Vol. 25, Hal. 1446–1457, DOI: 10.1080/10942912.2022.2083637.
- Ma, R., Liu, X., Tian, H., Han, B., Li, Y., Tang, C., Zhu, K., Li, C., Meng, Y., 2020, Odor-active volatile compounds profile of triploid rainbow trout with different marketable sizes, *Aquaculture Reports*, Vol. 17, Hal. 100312, DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100312.
- Mahmudah, K.R., Biddinika, M.K., Hakika, D.C., Tresna, W.P., Sugiarto, I.T., Syafarina, I., 2025, Automated Detection of Porcine Gelatin Using Deep Learning-Based E-Nose to Support Halal Authentication, *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, Vol. 7, Hal. 220–230, DOI: 10.35882/jeeemi.v7i1.654.
- Nugroho, A., dan Kurniawan, F., 2015, Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi Ni (OH) 2 Nanopartikel dengan Quartz, *Jurnal Sains Dan Seni Its*, Vol. 4, Hal. 42–44.
- Roswien, A.P., Kusuma, I., 2018, Identifikasi Gelatin Dalam Obat Bentuk Sediaan Tablet Menggunakan Metode Fourier Transform Infra Red (Ftir) Spectroscopy, *Indonesia Journal of Halal*, Vol. 1, Hal. 58, DOI: 10.14710/halal.v1i1.3442.
- Sarno, R., Triyana, K., Sabilla, S.I., Wijaya, D.R., Sunaryono, D., Fatichah, C., 2020, Detecting Pork Adulteration in Beef for Halal Authentication Using an Optimized Electronic Nose System, *IEEE Access*, Vol. 8, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3043394.
- Sharma, S., Chaudhary, P., 2023, Machine learning and deep learning, *Quantum Computing and Artificial Intelligence: Training Machine and Deep Learning Algorithms on Quantum Computers*, Hal. 71–84, DOI: 10.1515/9783110791402-004.
- Wangge, M., 2021, Penerapan Metode Principal Component Analysis (PCA) Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Lamanya Penyelesaian Skripsi Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNDANA, *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, Vol. 5, Hal. 974–988, DOI: 10.31004/cendekia.v5i2.465.
- Winarnie, W., Kusriani, K., Hartanto, A.D., 2023, Pengurangan Dimensi dengan Metode Linear Discriminant Analist (LDA), *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, Vol. 6, Hal. 228–237, DOI: 10.29408/jit.v6i2.10069.