
**DETEKSI AROMA DAGING SAPI DAN DAGING BABI MENGGUNAKAN
ELECTRONIC NOSE BERBASIS SENSOR MQ3 DAN MQ5
AROMA DETECTION OF BEEF AND PORK USING ELECTRONIC NOSE BASED
ON MQ3 AND MQ5 SENSORS**

Ahmad Nafi^{1)*}, Mia Retno Ambarsari¹⁾, Giyarto¹⁾, Maria Belgis¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

*email: ahmadnafi.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

The unstable availability and trading system of beef has resulted in many acts of pork adulteration by irresponsible parties. This action disadvantages consumers, especially Muslim consumers. Based on this, a rapid detection method for aroma identification is needed. The rapid aroma detection in this research uses an electronic nose based on MQ3 and MQ5 sensors with Arduino Mega as a microcontroller. Digital data displayed using Cool Term software is processed using Microsoft Excel and analyzed descriptively. The sensing process uses beef and pork with a temperature of 40 to 120°C at every 10°C increase. Based on the results, the optimum sensing temperature to differentiate beef and pork is at 70°C. The sensor response pattern and beef and pork flavor print showed significant differences. Using PCA analysis with a total score plot of 100% shows that the electronic nose based on MQ3 and MQ5 sensors can detect differences in the aroma of beef and pork.

Keywords: Beef, Electronic Nose, MQ3, MQ5, Pork

ABSTRAK

Ketersediaan dan tata niaga daging sapi yang belum stabil mengakibatkan banyaknya tindakan pemalsuan menggunakan daging babi oleh pihak yang tidak bertanggungjawab. Tindakan ini merugikan konsumen utamanya konsumen muslim. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan adanya metode deteksi cepat untuk identifikasi aroma. Deteksi cepat aroma pada penelitian ini dilakukan menggunakan electronic nose berbasis sensor MQ3 dan MQ5 dengan Arduino mega sebagai mikrokontroler. Data digital yang ditampilkan menggunakan software CoolTerm diolah menggunakan Microsoft Excel dan dianalisis secara deskriptif. Proses sensing menggunakan daging sapi dan daging babi dengan pemanasan suhu 40°C sampai 120°C pada setiap kenaikan 10°C. Berdasarkan hasil penelitian, suhu sensing optimum untuk mendiferensiasi daging sapi dan daging babi adalah pada 70°C. Pola respon sensor dan flavor print daging sapi dan babi menunjukkan perbedaan yang nyata. Menggunakan analisis PCA dengan total score plot 100% menunjukkan bahwa electronic nose berbasis sensor MQ3 dan MQ5 mampu mendeteksi perbedaan aroma daging sapi dan babi.

Kata kunci: Daging Babi, Daging Sapi, Electronic Nose, MQ3, MQ5.

PENDAHULUAN

Daging sapi merupakan salah satu sumber asupan protein penting bagi masyarakat. Namun, tata niaga dan ketersediaan daging sapi di Indonesia belum stabil. Hal ini berakibat pada banyaknya tindak pemalsuan (adulterasi) daging sapi menggunakan daging babi untuk menekan biaya produksi. Praktik kecurangan ini sangat merugikan konsumen khususnya konsumen muslim. Oleh karena itu, diperlukan adanya metode deteksi cepat untuk membedakan daging sapi dengan daging babi. Selama beberapa dekade terakhir, telah berkembang metode deteksi berdasarkan perbedaan aroma produk pangan. Aroma dapat

digunakan sebagai pembeda antara daging sapi dan daging babi. Hal ini dikarenakan aroma akan tetap dapat dibedakan meskipun telah terjadi pencampuran maupun kamuflase pada warna daging [1].

Electronic nose menjadi metode deteksi cepat aroma yang terus dikembangkan sejak ditemukan oleh Gardner dan Barlett pada tahun 1988. Perangkat *electronic nose* tersusun atas beberapa sensor kimia yang berfungsi sebagai pendeteksi aroma [2]. *Electronic nose* memiliki beberapa kelebihan seperti biaya yang lebih murah, penggunaannya yang mudah, aman, dan memiliki kecepatan deteksi tinggi [3]. Metode deteksi aroma ini telah banyak diaplikasikan dalam bidang pangan diantaranya adalah untuk mengetahui mutu beras aromatik secara cepat [4], mendeteksi keberadaan campuran minyak babi pada minyak zaitun [5], mendeteksi keberadaan campuran minyak babi pada kanola [6], mendeteksi campuran daging babi pada daging sapi [7], mendeteksi campuran daging babi pada daging kambing [8], klasifikasi teh hitam [9], dan klasifikasi kopi berdasarkan aromanya [10].

Sensor adalah salah satu bagian penting pada perangkat *electronic nose* yang meniru cara kerja hidung manusia [11]. Sensor bertanggungjawab dalam membaca kondisi udara disekitar alat dan mengirimkan datanya kepada mikrokontroler [2]. Sensor MQ3 dan MQ5 adalah jenis sensor MOS (*Metal-Oxide Semiconductor*) [12]. Sensor jenis ini terbuat dari material SnO₂ yang diketahui memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas. Sensor MQ3 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap alkohol [13]. Sensor MQ5 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas hidrokarbon yang mudah terbakar seperti alkohol, hidrogen, dan LPG [14]. Sensor MQ3 mampu mendeteksi gas LPG, alkohol, benzine, dan hexane, sedangkan sensor MQ5 dapat mendeteksi gas LPG, alkohol, H₂, CH₄, dan CO.

Penelitian terhadap deteksi aroma daging sapi dan daging babi menggunakan *electronic nose* berbasis sensor MQ3 dan MQ5 dilakukan dengan pemanasan. Seperti telah diketahui sebelumnya pemanasan pada suhu berbeda akan dapat menghasilkan aroma dan komponen volatile yang berbeda pada beberapa komoditi tertentu seperti pada kopi dan daging. Pemanasan pada suhu tertentu akan dapat memudahkan mendiferensiasi aroma pada daging. Pemanasan daging pada suhu 40°C hingga 120°C dengan interval 10°C belum pernah dilaporkan sebelumnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk dapat mendeteksi perbedaan aroma daging sapi dan daging babi menggunakan *Electronic Nose* berbasis sensor MQ3 dan MQ5. Dan mengetahui suhu terbaik untuk dapat membedakan daging sapi dan daging babi.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain pisau daging, *cooler box*, talenan, sarung tangan plastik, timbangan (Arashi AKS 04), *electronic nose* yang dirancang di Laboratorium Mekatronika Politeknik Negeri Jember dengan sensor MQ3 dan MQ5 (HANWEI), *constant temperature heating table* (HDCSUN), *personal computer* (ASUS) yang telah terinstal *software* CoolTerm 1.4.7 dan Unscramble X.2, dan cawan petri (Pyrex). Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daging sapi dan daging babi segar bagian paha belakang. Daging sapi dan daging babi segar yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pasar tradisional Jember, Jawa Timur, Indonesia.

Metode

Penelitian ini berupa penelitian deskriptif dengan dua faktor penelitian yaitu jenis daging (A) dan suhu pemanasan daging (B) yang menghasilkan kombinasi perlakuan sebagai berikut:

Tabel 1 Kombinasi perlakuan

Suhu Pemanasan °C (A)	Jenis Daging (B)	
	Sapi (B1)	Babi (B2)
40 (A1)	A1B1	A1B2
50 (A2)	A2B1	A2B2
60 (A3)	A3B1	A3B2
70 (A4)	A4B1	A4B2
80 (A5)	A5B1	A5B2

90 (A6)	A6B1	A6B2
100 (A7)	A7B1	A7B2
110 (A8)	A8B1	A8B2
120 (A9)	A9B1	A9B2

Deteksi Aroma

Proses deteksi aroma pada penelitian ini meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Preparasi sampel

Sampel berupa daging sapi dan daging babi pada penelitian ini dipotong dengan ukuran yang seragam yaitu berdiameter 4 cm dan ketebalan 0,5 cm dengan berat masing-masing sampel adalah 5 gram. Sampel yang telah dipotong secara seragam kemudian diletakkan didalam cawan petri yang telah disiapkan.

2. Persiapan *Electronic Nose*

Persiapan perangkat *electronic nose* dilakukan dengan memasang selang yang menghubungkan antara ruang sampel dan ruang sensor. Selanjutnya dilakukan pemasangan kabel USB untuk menghubungkan *electronic nose* dengan *personal computer*. Pada penelitian ini, dilakukan juga proses *preheating* alat selama 1 jam untuk mengaktifkan sensor yang digunakan.

3. Deteksi aroma menggunakan *electronic nose*

Deteksi aroma diawali dengan mengatur suhu *constant temperature heating table* sesuai perlakuan. Selanjutnya mengaktifasi pompa vakum untuk memindahkan gas dari ruang sampel menuju ruang sensor. Kemudian dilanjutkan dengan *flushing* selama 3 menit. Setelah *flushing* selesai dilakukan, sampel yang telah disiapkan dimasukkan kedalam ruang sampel untuk dipanaskan selama 10 menit. Selama proses pemanasan, aliran gas dari ruang sampel menuju ruang sensor ditutup. Proses sensing dilakukan setelah proses pemanasan daging. Proses *sensing* ini dilakukan selama 3 menit sambil membuka aliran gas dari ruang sampel menuju ruang sensor. Tahap terakhir dilakukan *cleaning* untuk mengeluarkan gas dari ruang sampel maupun ruang sensor sebelum digunakan deteksi sampel berikutnya.

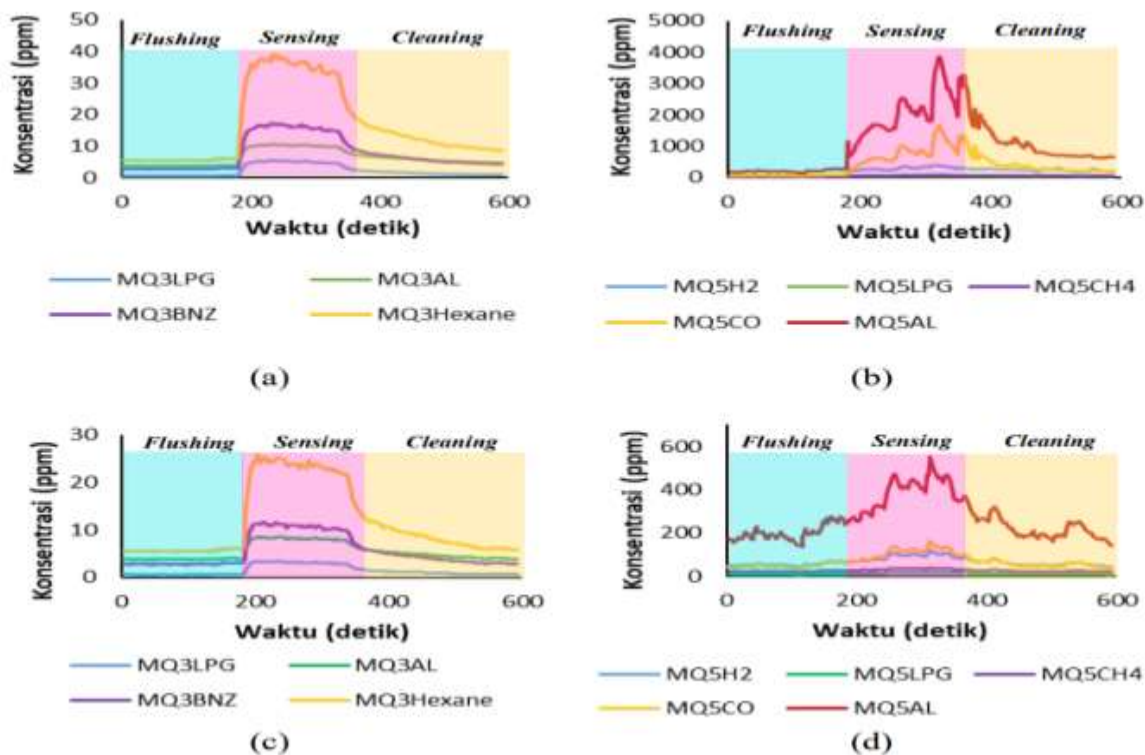
Analisis statistik

Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Data hasil deteksi aroma yang ditampilkan melalui aplikasi CoolTerm diolah menggunakan *Microsoft Excel* serta Unscramble X.2 yang disajikan dalam bentuk grafik serta radar jaring laba-laba. Analisis pada penelitian ini meliputi pola respon sensor, suhu terbaik untuk proses *sensing*, pola *flavor print*, serta analisis PCA (*Principal Component Analysis*). Analisis yang digunakan merupakan analisis deskriptif menggunakan *statistic parametric* berupa rata-rata (*mean*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Digital Signal Pattern

Digital signal pattern menggambarkan pola respon dari suatu sensor terhadap gas selama proses deteksi (Wakhid, Sarno, & Sabilla, 2022). Proses deteksi *electronic nose* terbagi menjadi tiga tahap, yaitu *flushing*, *sensing*, dan *cleaning*. *Digital signal pattern electronic nose* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Digital signal pattern sensor MQ3 dan MQ5

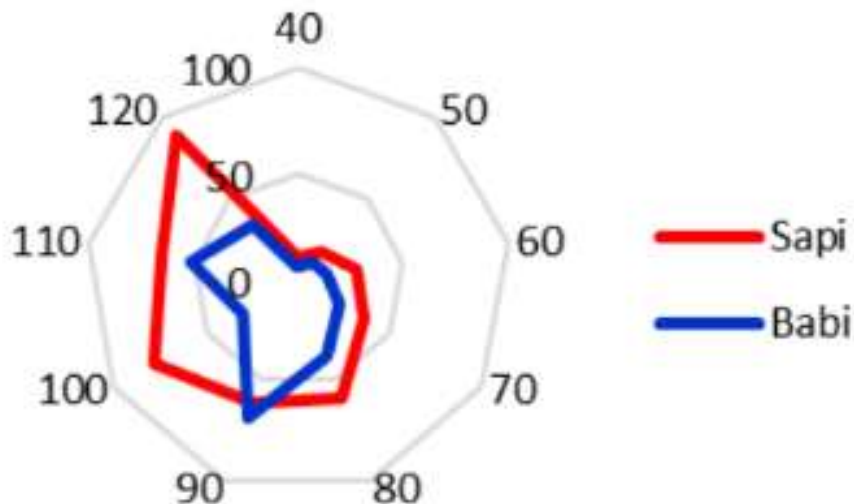
- Keterangan: (a)=Sensor MQ3 daging sapi
 (b)=Sensor MQ5 daging sapi
 (c)=Sensor MQ3 daging babi
 (d)=Sensor MQ5 daging babi

Gambar 1 menunjukkan bahwa selama proses deteksi terjadi kenaikan konsentrasi volatil pada proses *sensing* dan penurunan pada proses *cleaning*. Hal ini dikarenakan selama proses *sensing* terjadi aliran gas dari ruang sampel menuju ruang sensor. Aliran udara tersebut memberikan respon berupa kenaikan konsentrasi gas akibat pelepasan komponen volatil oleh sampel. Pada proses *cleaning*, terjadi pengeluaran menuju udara bebas secara bertahap dengan tujuan membersihkan ruang sampel dan ruang sensor. Oleh karena itu konsentrasi gas terdeteksi menurun secara bertahap oleh *electronic nose*. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Radi *et.al* [15] yaitu terjadi kenaikan konsentrasi gas selama proses *sensing* dan penurunan pada proses *cleaning*.

Berdasarkan Gambar 1, diketahui juga bahwa sensor MQ3 memiliki respon yang berbeda dengan sensor MQ5. Kedua jenis sensor tersebut juga memiliki respon yang berbeda terhadap aroma daging sapi dan daging babi, yang disebabkan keduanya memiliki sensitivitas yang berbeda. Selain sensitivitas, komponen penyusun daging juga turut menentukan respon sensor terhadap aroma suatu sampel. Daging babi diketahui mengandung PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*) berupa asam linoleat yang lebih tinggi dibandingkan dengan daging sapi [16].

Flavor Print Daging Sapi dan Daging Babi

Komponen volatil daging sapi dan daging babi yang terdeteksi oleh *electronic nose* berbasis sensor MQ3 dan MQ5 diantaranya adalah LPG, alkohol, benzene, hexane, H₂, CH₄, dan CO. Heksana, butana, benzena, dan alkohol adalah beberapa komponen volatil pada daging yang mengalami proses pemanasan [17]. Selain itu, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Bleicher *et al.* [18] selama proses pemanasan daging ditemukan komponen volatil berupa hidrokarbon. *Flavor print* daging sapi dan daging babi disajikan dalam bentuk radar jaring laba-laba yang dapat dilihat pada Gambar 2.



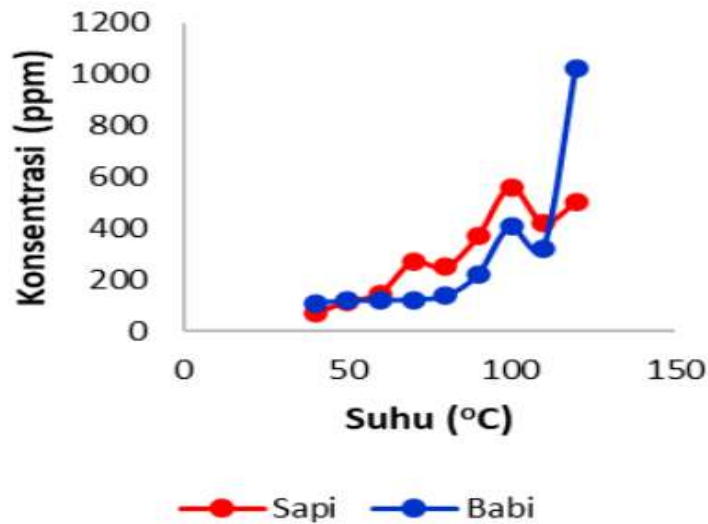
Gambar 2 Flavor print daging sapi dan daging babi pada suhu yang berbeda (40-120 °C)

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa konsentrasi komponen volatil daging sapi berbeda dengan daging babi. Daging sapi cenderung menghasilkan komponen volatil yang lebih tinggi dibandingkan dengan daging babi. Perbedaan konsentrasi komponen volatile daging sapi dan daging babi ini dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jenis daging, pola makan, daerah asal, maupun umur [19]. Komponen volatil daging terbentuk akibat adanya degradasi asam amino, peptida, dan juga lemak. Oleh karena itu, perbedaan komponen penyusun daging pada daging dapat mempengaruhi konsentrasi komponen volatil yang dihasilkan [20].

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat juga bahwa pola aroma daging sapi lebih besar dibandingkan daging babi. Hal ini mengindikasikan bahwa aroma daging sapi lebih kuat dibandingkan daging babi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Lelono & Chairiawan [21], luasan pola radar yang terbentuk dari hasil deteksi aroma menggambarkan sensitivitas sensor. Semakin tinggi sensitivitas suatu sensor, maka semakin tinggi juga intensitas aroma yang terdeteksi oleh sensor. Tingginya sensitivitas sensor tersebut dapat dilihat dari semakin besarnya luasan pola aroma yang dihasilkan dari proses deteksi.

Suhu Optimum untuk Proses *Sensing*

Pemanasan sampel pada penelitian ini salah satunya dilakukan untuk mempermudah proses diferensiasi aroma antara daging sapi dengan daging babi. Selama proses pemanasan sampel, konsentrasi komponen volatil yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini diakibatkan oleh terjadinya reaksi kimia yang melibatkan degradasi asam amino, peptida, gula, ribonukleotida, lemak, dan vitamin selama proses pemanasan [20]. Berdasarkan hal tersebut, penentuan suhu pemanasan daging yang menghasilkan diferensiasi pada proses *sensing* perlu dilakukan. Konsentrasi volatil daging sapi dan daging babi pada suhu pemanasan 40°C sampai 120°C dengan interval 10°C disajikan pada Gambar 3.

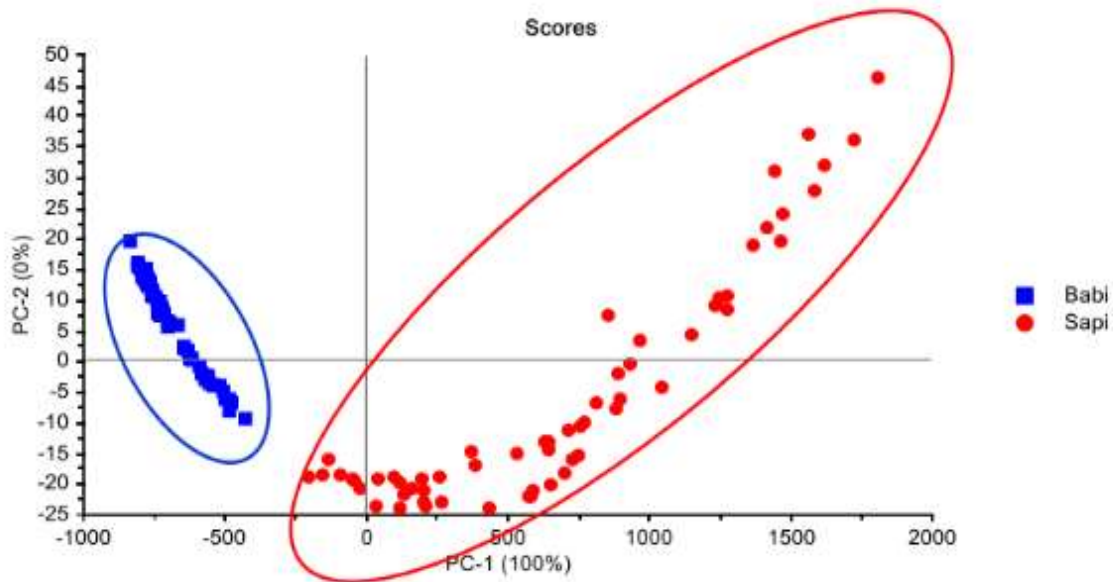


Gambar 3 Konsentrasi komponen volatil daging sapi dan daging babi

Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan suhu akan meningkatkan konsentrasi komponen volatil pada daging sapi dan daging babi. Perbedaan konsentrasi kedua jenis daging tersebut mulai dapat terlihat jelas pada suhu pemanasan 70°C. Pada kenaikan suhu di atas 70 °C deteksi komponen volatile daging sapi menurun selanjutnya meningkat kembali. Namun, seiring dengan kenaikan suhu pemanasan daging, maka proses denaturasi yang terjadi pada daging akan semakin intens [22]. Denaturasi pada protein mengakibatkan menurunnya kemampuan mengikat air oleh bahan. Hal ini disebabkan oleh terputusnya ikatan interaksi non kovalen yang terdapat pada struktur alami protein akibat suhu panas [23]. Oleh karena itu, cairan daging akan terdorong keluar dan menguap [24]. Uap yang dihasilkan selama proses pemanasan daging ini akan ikut terbawa ketika terjadi aliran gas dari ruang sampel menuju ruang sensor pada proses *sensing*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahadian [25] menyebutkan bahwa keberadaan uap air dapat menghalangi penyerapan gas oleh sensor sehingga hasil pembacaan sensor menjadi kurang akurat. Selain itu, uap air yang terbawa menuju ruang sensor dapat mempengaruhi umur masa pakai sensor. Hal ini dikarenakan kinerja dan masa pakai sensor salah satunya dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban [26]. Berdasarkan hal tersebut, maka suhu pemanasan daging yang optimum untuk proses *sensing* menggunakan *electronic nose* berbasis sensor MQ3 dan MQ5 adalah 70°C.

Principal Component Analysis (PCA)

Analisis PCA (*Principal Component Analysis*), yaitu suatu teknik multivariat yang banyak digunakan dalam pengolahan data untuk mereduksi dimensi variabel tanpa kehilangan informasi [27]. Analisis PCA pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan persebaran data antara aroma daging sapi dan daging babi. Hasil analisis PCA dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Score plot PCA aroma daging sapi dan daging babi menggunakan sensor MQ3 dan MQ5

Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa persentase variansi total dari *score plot* PCA adalah 100% (PC1 100%, PC2 0%). Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan bahwa kumpulan titik-titik (*cluster*) aroma daging sapi terpisah dari daging babi. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa aroma daging sapi berbeda dengan daging babi. Siregar *et al.* [28] menyatakan bahwa PCA mampu mereduksi variabel sehingga terbentuk pengelompokan berdasarkan korelasi informasi variabel dari suatu grup, sehingga semakin dekat jarak antara suatu sampel dengan sampel lain maka semakin besar juga kemiripannya. Hasil analisis yang disajikan pada Gambar 4, juga menunjukkan bahwa *electronic nose* berbasis sensor MQ3 dan MQ5 mampu membedakan daging sapi dan daging babi berdasarkan aromanya. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sarno *et al.* [7] yaitu *electronic nose* berbasis sensor MQ series dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan campuran daging babi didalam daging sapi.

KESIMPULAN

Pola respon sensor terhadap aroma daging sapi dan daging babi berbeda yang mulai nampak pada suhu pemanasan daging pada suhu pemanasan optimum 70°C. Menggunakan PCA menunjukkan bahwa *Electronic nose* berbasis sensor MQ3 dan MQ5 dapat digunakan untuk membedakan daging sapi dan daging babi berdasarkan komponen volatile (gas) yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fajriati, I., & Aisyah, L. (2010). Teknologi Pangan Hewani dalam Wacana Halal dan Haram. *Al-Qanun*, 13(2), 394–423.
- [2] Imam Muslem, R. (2021). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Rumah Tangga Menggunakan MQ-2 Sensor dan Mikrokontroler. *Jurnal TIK*, 6(2), 58–64. <https://doi.org/10.51179/tika.v6i02.456>
- [3] Kadafi, M., & Putra, R. A. (2021). Electronic Nose (E-Nose) Design for Arduino Nano-Based Halal Haram Identification. *Jurnal Neutrino*, 13(1), 8–12. <https://doi.org/10.18860/neu.v13i1.8903>

- [4] Wijayanti, S., Kartikadarma, E., & Wulandari, S. A. (2013). Perancangan Enose sebagai Alat Uji Cepat Mutu Beras Aromatik. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013 (Semantik 2013)*, 340–344. Semarang.
- [5] Tazi, I., Ainur, A., Falah, F., & Sinda Santika, A. (2018). Chemometric-Based Electronic Nose Application to Pork Oil and Olive Oil using Odor Pattern Classification. *Jurnal*, 10(2), 53–59. <https://doi.org/10.18860/neu.v9i1.0001>
- [6] Muthmainnah, M., Tazi, I., Suyono, S., Ainur, A., Falah, F., & Santika, A. S. (2020). Analisis Kandungan Minyak Babi Pada Minyak Kanola Melalui Klasifikasi Pola Hidung Elektronik (E-Nose) Berbasis Linear Diskriminan Analysis (LDA). *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 17(1), 14. <https://doi.org/10.20527/flux.v17i1.5132>
- [7] 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*, 8, 221700–221711. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3043394>
- [8] Tian, X., Wang, J., Ma, Z., Li, M., Wei, Z., & Díaz-Cruz, J. M. (2019). Combination of an E-Nose and an E-Tongue for Adulteration Detection of Minced Mutton Mixed with Pork. *Journal of Food Quality*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/4342509>
- [9] Tudu, B., Kow, B., Bhattacharyya, N., & Bandyopadhyay, R. (2008). Comparison of Multivariate Normalization Techniques as Applied to Electronic Nose Based Pattern Classification for Black Tea. *2008 3rd International Conference on Sensing Technology.*, 254–258. I E E E.
- [10] Vietoris, V., Zajác, P., Čapla, J., Mendelová, A., Križanová, K., & Benešová, L. (2015). Comparison of Coffee Species by Sensory Panel and Electronic Nose. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 5(3), 234–237. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.20115/16.5.3.234-237>
- [11] Novita, D. D., Sesunan, A. B., Telaumbanua, M., Triyono, S., & Saputra, T. W. (2021). Identifikasi Jenis Kopi Menggunakan Sensor E-Nose dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 9(2), 205–217.
- [12] Kuncoro, P. H., Sudarmaji, A., Sulisty, S. B., Wijaya, K., & Margiwiyatno, A. (2023). Respon dan Akurasi Sensor Gas MOS (MQ-Series Module) Dalam Mengidentifikasi Minyak Nilam (Patchouli Oil). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 11(1), 28–40. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.03>
- [13] Ikhsan, A. I., & Munasir. (2022). Rancang Bangun Alat Deteksi Alkohol Dengan Menggunakan Sensor MQ3 Berbasis Arduino Nano V3. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11(3), 81–87.
- [14] Irawati, R. (2017). Model Peringatan Kebakaran Dengan Fuzzy Mamdani. *BIT*, 14(2), 30–37.
- [15] Radi, Barokah, Rohmah, D. N., Wahyudi, E., Adhityamurti, M. D., & Putro, J. P. L. Y. (2021). Implementation of An Electronic Nose for Classification of Synthetic Flavors. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(3), 1283–1290. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i3.3018>
- [16] Ismarti, I. (2021). Rapid Detection of Pork and Pig Derivatives Based on Volatile Compounds Aroma using Electronic Nose. *Journal of Halal Product and Research*, 4(2), 59–64. <https://doi.org/10.20473/jhpr.vol.4-issue.2.59-64>
- [17] Indrasti, D., Mukhlisin, M. F., Darmawan, N., & Yuliana, N. D. (2022). Profil Komponen Volatil Beberapa Jenis Satai Menggunakan Kromatografi Gas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(2), 199–215. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.2.199>
- [18] Bleicher, J., Ebner, E. E., & Bak, K. H. (2022, October 1). Formation and Analysis of Volatile and Odor Compounds in Meat—A Review. *Molecules*, Vol. 27, pp. 1–31. MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules27196703>

- [19] Kosowska, M., Majcher, M. A., & Fortuna, T. (2017). Volatile Compounds in Meat and Meat Products. *Food Science and Technology (Brazil)*, 37(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.08416>
- [20] Górska-Horczyzak, E., Guzek, D., Molęda, Z., Wojtasik-Kalinowska, I., Brodowska, M., & Wierzbicka, A. (2016). Applications of Electronic Noses in Meat Analysis. *Food Science and Technology (Brazil)*, 36(3), 389–395. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.03615>
- [21] Lelono, D., & Chairiawan, M. A. (2013). Karakterisasi Pola Aroma Salak Pondoh dengan E-Nose Berbasis Sensor Metal Oksida. *IJEIS*, 3(1), 71–82.
- [22] Saparudin, Wulandani, D., & Purwanti, N. (2015). Validasi Simulasi Tekanan dan Suhu Air Serta Suhu Daging Sapi Selama Pemasakan Dalam Pressure Cooker Validation of Simulation of Pressure and Temperature of Water and Beef for Cooking in Pressure Cooker. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(3), 343–351.
- [23] Putra, D. A., Zini, A. M., & Handito, D. (2018). Pengaruh Tepung Tempe dan Virgin Coconut Oil (VCO) Terhadap Mutu Nutrisi dan Sensoris Keripik Jagung-Tempe. *Pro Food*, 4(2), 351–362.
- [24] Mastuti, R. (2008). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Menggoreng Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Daging Kambing Restrukturisasi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 3(2), 23–31. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v9i2.241>
- [25] Rahadian, A. M. (2016). *Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Arduino Dengan Interface Komunikasi USB. Skripsi*. Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.
- [26] Rochmania, A., Suchyo, I., & Yantidewi, M. (2021). Monitoring Kandungan CO₂ di Udara Berbasis IoT Dengan Nodemcu Esp8266 Dan Sensor MQ135. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 17(3), 249–259.
- [27] Hassan, N., Ahmad, T., Zain, N. M., & Awang, S. R. (2021). Identification of Bovine, Porcine and Fish Gelatin Signatures Using Chemometrics Fuzzy Graph Method. *Scientific Reports*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89358-2>
- [28] Siregar, Y. D. I., Heryanto, R., Nurlala, Lestari, T. H., & Riyadhi, A. (2015). Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 1(2), 103–116. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3146>