

# DETEKSI CEPAT DAGING BABI DAN DERIVAT BABI BERDASARKAN AROMA SENYAWA VOLATIL DENGAN MENGUNAKAN HIDUNG ELEKTRONIK

## RAPID DETECTION OF PORK AND PIG DERIVATIVES BASED ON VOLATILE COMPOUNDS AROMA USING ELECTRONIC NOSE

---

Received: 10/10/2020; Revised: 04/02/2021; Accepted:27/04/2021; Published: 30/11/2021

---

Ismarti\*

Program Studi Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Riau Kepulauan  
Jalan Batuaji Baru No. 99, Batuaji, Batam, Kepulauan Riau, Indonesia

\*Corresponding author: ismarti78@gmail.com

### ABSTRAK

Berkembangnya teknologi pengolahan pangan telah meningkatkan jumlah dan jenis produk makanan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Kualitas suatu produk pangan tidak hanya dilihat dari nilai gizi dan keamanannya, namun juga dari aspek kehalalannya. Untuk keperluan kualiti kontrol dan autentikasi halal, keberadaan metode pengujian makanan yang cepat, akurat dan mudah dilakukan sangat dibutuhkan. Penggunaan hidung elektronik untuk berbagai keperluan deteksi senyawa volatil sudah banyak dilaporkan. Paper ini membahas aplikasi hidung elektronik untuk keperluan kualiti kontrol dan pengujian halal pada produk pangan. Lebih lanjut, juga dibahas keunggulan dan kelemahan pengujian dengan hidung elektronik. Berdasarkan pemaparan, hidung elektronik merupakan alat deteksi portabel yang mudah digunakan, cepat dan akurat untuk identifikasi dan deteksi produk pangan berdasarkan keberadaan aroma senyawa volatil dalam bahan tersebut. Keunggulan hidung elektronik ini berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif instrumen deteksi cepat dalam pengujian makanan terutama dalam autentikasi produk babi dan turunan babi.

**Kata kunci:** autentikasi halal, keamanan pangan, deteksi daging babi, hidung elektronik

### ABSTRACT

*The development of food processing technology has increased the number and types of food products to meet human needs. The quality of a food product is not only seen from nutritional value and safety, but also from halalness aspect. For the purposes of quality control and halal authentication, the existence of a food testing method that is fast, accurate and easy to handling is needed. The application of electronic nose for various volatile compound detection purposes has been widely reported. This paper discusses electronic nose applications for quality control and halal testing purposes on food products. Furthermore, it also discussed the advantages and disadvantages of testing with an electronic nose. Based on the discussion, the electronic nose is a portable detection tool that is user friendly, fast and accurate for the identification and detection of food products based on the presence of the aroma of volatile compounds in the material. The advantages of this electronic nose have the potential to be used as an alternative rapid detection instrument in food testing, especially in authenticating pork and pig derivative.*

**Keywords:** halal authentication, food safety, pork detection, electronic nose

---

**How to cite:** Ismarti. 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://dx.doi.org/10.20473/jhpr.vol.4-issue.2.59-64>.

---

## PENDAHULUAN

Saat ini pengolahan pangan di Indonesia dan negara-negara di dunia semakin kompleks. Berbagai produk pangan meliputi produk pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan, dan perairan diolah untuk memenuhi kebutuhan konsumsi manusia. Pengelolaan pangan sepatutnya memenuhi persyaratan dari kualitasnya yang meliputi pemenuhan gizi dan nutrisi, keamanan dan kehalalan produk pangan. Hal ini untuk menjamin bahwa produk yang dihasilkan tidak memberikan mudharat yang berpotensi bahaya atau dapat mengancam kelangsungan jiwa konsumennya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 69 Tahun 2009 tentang Label dan Iklan Pangan, pangan halal adalah pangan yang tidak mengandung unsur atau bahan haram atau yang dilarang dikonsumsi umat Islam, baik yang menyangkut bahan baku pangan termasuk pangan segar, bahan tambahan pangan, bahan bantu atau penolong lainnya, termasuk bahan pangan yang diolah melalui proses rekayasa genetika dan iradiasi pangan dan yang pengelolaannya dilakukan sesuai dengan ketentuan hukum agama Islam. Sedangkan keamanan pangan berdasarkan Undang-undang No. 18 tahun 2012 tentang Pangan mengandung pengertian kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, serta budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi.

Saat ini, konsumsi produk pangan olahan semakin meningkat. Penyelenggaraan keamanan pangan dilakukan melalui pemberian Jaminan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan dan Jaminan Produk Halal terhadap produk-produk yang akan diedarkan pada konsumen. Pendekatan dengan analisis laboratorium sangat dibutuhkan sebagai penunjang dalam mengembangkan dan mengawasi implementasi kebijakan pangan tersebut. Berbagai metode analisis dikembangkan untuk pengujian berbagai macam produk, baik secara fisika, kimia maupun biologi. Meningkatnya permintaan akan produk halal juga telah memicu persaingan di kalangan pelaku usaha sehingga seringkali ditemukan pemalsuan produk untuk menekan biaya produksi atau mendapatkan profit lebih tinggi. Oleh karena itu, pengujian di laboratorium dibutuhkan untuk mendeteksi keberadaan kontaminan dan material non-halal dalam produk pangan tersebut. Teknik spektroskopi dan kromatografi telah banyak digunakan dalam penentuan bahan aditif maupun kontaminan untuk berbagai produk pangan. Selanjutnya, untuk pengujian material non-halal (derivat babi), metode analisis fisika kimia meliputi spektroskopi, kromatografi, DSC, PCR, ELISA serta elektronik nose telah pula dikembangkan (Rohman dan Man, 2012; Abbas *et al*, 2018).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendeteksi kontaminan dan kehalalan makanan untuk menjamin keamanan produk. Namun diantara metode tersebut perlu keahlian khusus, waktu yang lama, biaya mahal, tidak praktis, harus dikerjakan di laboratorium, dan tidak portable (Muniroh, 2014). Oleh karena itu, dibutuhkan metode pengujian yang mudah dilakukan, murah, reliabel dan akurat (M. Ali, *et al* 2012) untuk mendukung pengujian produk-produk yang beredar di pasaran. Pengembangan alat portable berupa kit tes dan metode deteksi cepat berbasis sensor perlu dilakukan dalam menunjang untuk mendeteksi keamanan makanan baik dari sisi kesehatan maupun aspek kehalalan (Muniroh, 2014). Paper ini membahas penggunaan elektronik nose dalam pengujian makanan dengan fokus pada daging babi dan derivat babi untuk mendukung autentikasi halal..

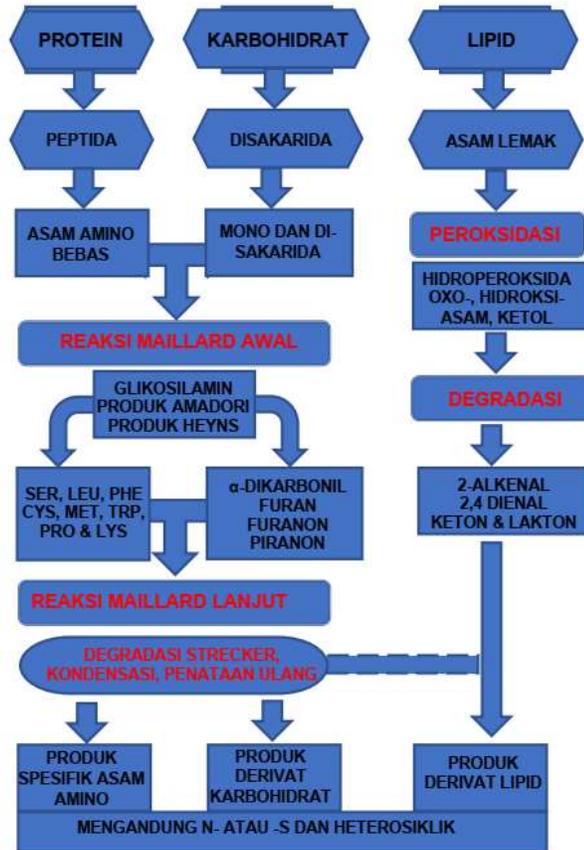
## PEMBAHASAN

### Flavor sebagai Karakteristik Produk Pangan

Flavor merupakan atribut sensorik yang paling signifikan bagi konsumen dalam hal penerimaan produk olahan pangan. Stimulus utama yang berkontribusi terhadap persepsi rasa selama konsumsi makanan adalah aroma, rasa, tekstur, dan rasa di mulut. Senyawa volatil dari bahan-bahan kimia dicirikan dengan berat molekul rendah yaitu antara 30 hingga 300 Da dan tekanan uap jenuh yang tinggi. Senyawa-senyawa ini terdistribusi diantara produk makanan dan fase gas. Dalam keadaan gas, senyawa-senyawa ini dapat mencapai epitel indera penciuman dan beberapa diantaranya menimbulkan rangsangan baik sebagai bau ketika dihidu (cara ortonasal), maupun sebagai aroma ketika produk tersebut dimakan (cara retronasal)(Porst, 2012).

Pada dasarnya, senyawa flavor dapat ditemui secara alami pada berbagai makanan yang tidak dimasak sebagai produk dari aktivitas enzim (Bessiere dan Thomas, 1990). Pada proses pengolahan makanan, flavor terbentuk dari reaksi karbohidrat dengan asam amino dengan melibatkan pemanasan melalui rangkaian reaksi Maillard. Reaksi Maillard bertanggung jawab terhadap perubahan warna, rasa, aroma, nilai gizi, kestabilan makanan dan pembentukan senyawa mutagen dalam makanan (Bessiere dan Thomas, 1990; Nursten, 2005; Van Boekel, 2006). Komponen flavor yang terbentuk sangat bervariasi tergantung pada pola prekursor dan kondisi proses pengolahan atau

reaksi. Produk reaksi Maillard sangat dipengaruhi oleh reaktan, pH, suhu, serta lama reaksi (Nursten, 2005). Gambar 1 menggambarkan jalur utama pembentukan aroma pada makanan secara termal.



**Gambar 1.** Skema jalur pembentukan aroma pada proses pengolahan makanan secara termal

Volatil dari reaksi Maillard yang menentukan aroma suatu produk makanan umumnya berada pada level *trace*, yaitu pada rentang 1µg/kg hingga 1mg/kg. Namun, mereka berkontribusi terhadap flavor masing-masing karena ambang batas persepsi bau yang rendah itu (Cerny, 2008). Ekstraksi sampel yang diikuti dengan analisis menggunakan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS) merupakan strategi analisis yang sudah sangat umum digunakan untuk analisis flavor. Sedangkan Kromatografi Gas-Olfaktometri (GC-O atau GC-*sniffing*) digunakan untuk eksplorasi dan deteksi senyawa 'kunci' untuk deteksi aroma dalam makanan. Namun, metode ini melibatkan serangkaian proses ekstraksi-isolasi yang seringkali cukup rumit dan lama, sehingga kurang cocok untuk analisis rutin. Selain itu, flavor suatu produk pangan belum tentu disebabkan oleh komponen tunggal atau aroma dari satu komponen saja, sehingga pengujian dengan GC-O tidak selalu relevan untuk analisis. Hidung elektronik dapat menjadi alternatif solusi dalam pengujian produk pangan, baik untuk keperluan kualiti kontrol maupun untuk deteksi halal.

### Sistem dan Cara Kerja Hidung Elektronik

Hidung elektronik adalah suatu piranti yang berisi serangkaian sensor kimia elektronik dengan spesifisitas parsial dan sistem pengenalan pola yang sesuai, yang mampu mengenali bau yang sederhana atau kompleks. Hal ini menjadikan hidung elektronik sangat banyak digunakan untuk aplikasi pada berbagai bidang industri komersil termasuk pertanian, biomedik, kosmetik, lingkungan, makanan, industri, militer, farmasi dan berbagai bidang riset yang relevan (Rodriguez *et al* 2014; Peris dan Escuder-Gilabert, 2016). Menurut Wilson dan Baietto (2009), komponen-komponen yang terdapat dalam hidung elektronik adalah sebagai berikut: (1) sistem pengirim aroma yang mentransfer molekul senyawa volatil aromatik dari analit ke sensor; (2) ruang sensor dengan suhu dan kelembaban tertentu yang tidak mempengaruhi adsorpsi molekul senyawa volatil; (3) transistor elektronik yang mengubah sinyal kimia menjadi sinyal listrik; (4) konverter digital yang mengkonversi

sinyal listrik analog ke digital, dan (5) suatu mikroprosesor komputer yang membaca sinyal digital dan menampilkan output setelah analisis secara statistik untuk mengenali atau mengklasifikasikan sampel selesai dilakukan.

Teknologi hidung elektronik didasarkan pada deteksi senyawa organik volatil yang dihasilkan oleh sampel (Reid *et al.*, 2006; Rohman dan Man, 2012). Identifikasi dan klasifikasi suatu campuran analit dilakukan melalui pengenalan sidik jari (*finger print*) elektronik dari aroma sebagai respon sensor secara kolektif (Wilson dan Baietto, 2009). Cara kerja hidung elektronik meniru hidung manusia. Larik sensor pada sistem hidung elektronik mewakili sensor dalam hidung manusia. Sirkuit mewakili konversi reaksi kimia pada sensor manusia menjadi sinyal listrik ke otak. Sedangkan *software* analisis merepresentasikan otak itu sendiri (Rohman dan Man, 2012). Senyawa volatil dipindahkan ke wadah sampel menggunakan *syringe* dan diinjeksikan ke dalam *sensor chamber* yang dipertahankan pada temperatur konstan. Larik sensor mencatat perubahan konduktivitas sebagai fungsi waktu ketika molekul aroma mencapai sensor. Selanjutnya *sensor chamber* dibersihkan dengan gas referensi (biasanya udara yang difilter atau dikondisikan secara normal). Pola aroma yang dicatat oleh pembacaan sensor selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis multivariat. Analisis Komponen Utama (PCA) dan Analisis Diskriminan Linier (LDA) banyak digunakan untuk tujuan klusterisasi atau klasifikasi (Rodriguez, *et al* 2014).

### Penggunaan Hidung Elektronik untuk Identifikasi Daging Babi dan Derivat Babi

Pada dasarnya daging dapat dibedakan dari warna, serat, tekstur, lemak dan aromanya. Warna daging babi lebih pucat, sedangkan aromanya khas, berbeda dengan daging sapi yang berbau anyir (LPPOM MUI, 2020). Kontributor penting dalam pemberi bau khas spesies pada daging adalah jaringan tanpa lemak dalam daging. Daging babi memiliki lebih banyak *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) asam linoleat di dalam jaringan adiposa dan otot dibandingkan dengan sapi, namun lemak babi tidak berbau dan tidak berasa. Pada produk olahan campuran dari sapi dan babi, bau yang lebih dominan berasal dari jaringan tanpa lemak salah satu dari kedua spesies tersebut dimana komposisi yang lebih besar akan memberikan bau yang lebih dominan (Rosmaya, 2014). Kualitas daging dapat diidentifikasi berdasarkan warna dan baunya. Dengan demikian, identifikasi daging dapat dilakukan menggunakan sensor gas dan sensor warna (Nafiasari dan Handayani, 2018).

Nurjuliana *et al* (2011) berhasil menerapkan zNoseTM dan PCA untuk membedakan daging babi dan sosis babi dari daging sapi, kambing, dan daging ayam beserta sosisnya. Analisis dengan PCA menghasilkan kelompok yang terpisah dan terdefinisi dengan baik untuk daging babi, daging sapi, kambing, ayam, dan sosisnya. PC1 menyediakan 67% dari total varian, membentuk model yang sangat baik untuk diskriminasi daging dan produk daging. Sejalan dengan itu, telah pula dikembangkan suatu model yang mampu mendeteksi dan memperkirakan pemalsuan daging kambing giling dengan daging babi (Tian *et al.*, 2013). Hidung elektronik berbasis *metal oxide semiconductor* (MOS) sensor digunakan untuk mengumpulkan senyawa volatil yang terjadi dalam sampel. Metode ekstraksi ciri, PCA, analisis pembebanan, dan SLDA digunakan untuk mendapatkan matriks data yang optimal. Di antara metode analisis diskriminan yang digunakan untuk mengevaluasi hasil yang dicapai, SLDA ternyata merupakan prosedur yang paling efektif. Selanjutnya, Li *et al.* (2014) mengembangkan prosedur untuk identifikasi cepat spesies daging unggas dan deteksi pemalsuan daging. Pada studi ini, hubungan antara suhu pemanasan dan volatil daging bebek, ayam, dan angsa diperiksa dengan cermat. Hidung elektronik kemudian digunakan untuk mendeteksi suhu pemanasan yang berbeda dari daging unggas, dengan bantuan LDA dan DFA. Hasil yang diperoleh dengan jelas menunjukkan bahwa perangkat elektronik ini mampu membedakan berbagai jenis daging unggas, sehingga dapat digunakan untuk deteksi pemalsuan produk daging.

Suatu piranti hidung elektronik zNose dengan sensor *Surface Acoustic Wave* (SAW) telah digunakan untuk mendeteksi pemalsuan lemak babi dalam minyak sawit yang disuling, dikelantang, dihilangkan bau (Refined-Bleached-Deodorized (RBD) palm olein). Man (2005) dan rekan kerjanya melaporkan bahwa zNose menawarkan metode yang lebih sensitif untuk deteksi lemak babi dalam RBD palm olein. Selain itu, zNose juga dimungkinkan dalam mendeteksi pemalsuan sampel RBD palm olein dengan lemak babi dengan batas deteksi 1%. Studi lain untuk membedakan lemak babi dari jenis lemak tubuh hewan lainnya (ayam, daging sapi dan kambing) dan sampel yang mengandung lemak babi menggunakan hidung elektronik juga dilaporkan oleh Nurjuliana, Che Man, & Mat Hashim (2011). Selanjutnya hidung elektronik juga digunakan untuk deteksi dan diferensiasi lemak babi dari jenis lemak hewani lainnya serta dari bahan makanan yang mengandung lemak babi (Nurjuliana *et al.*, 2011). Dilaporkan bahwa sensor menghasilkan pola individu (jejak bau) dari bau lemak tubuh hewan yang berbeda yang ditampilkan dalam bentuk yang disebut *Vapor Print*. Analisis Komponen Utama (PCA) digunakan untuk menafsirkan hasil yang dicapai dan diperoleh pengelompokan sampel yang memuaskan (61% variasi sesuai dengan komponen utama pertama,

dan 29,3% untuk komponen utama kedua). Semua sampel yang mengandung lemak babi membentuk kelompok terpisah dari yang tidak mengandung lemak babi.

### **Peluang dan Tantangan dalam Penggunaan Hidung Elektronik**

Keterbatasan kemampuan hidung manusia dalam melakukan analisis sensori produk makanan, rumitnya preparasi, serta mahalnya biaya analisis menggunakan GC-MS mendorong dikembangkannya instrumen elektronik dengan sensor yang mampu melakukan diskriminasi secara berulang dengan presisi tinggi. Keunggulan hidung elektronik dibandingkan dengan indera manusia antara lain objektivitas yang lebih tinggi dan respon yang tidak berubah-ubah dengan waktu sangat mendukung keberhasilan analisis rutin (Ismarti *et al*, 2020). Selain itu, analisis daging dan produk turunan daging dengan hidung elektronik dapat dilakukan dengan jumlah sampel yang relatif sedikit, tidak melibatkan metode preparasi yang rumit karena metode ini tergolong metode non-destruktif, cepat, memiliki tingkat keberhasilan yang baik dalam otentikasi berbagai jenis produk, sensitifitasnya tinggi, dan biaya analisis yang relatif rendah (Nurjuliana *et al*, 2012; Rohman dan Man, 2012; Ali *et al*, 2012; Hidayat *et al*, 2019).

Piranti hidung elektronik diharapkan dapat digunakan di lapangan dengan kondisi lingkungan yang tidak selalu dapat dikontrol. Oleh karena itu, rangkaian sensor yang digunakan harus mempunyai sensitivitas yang rendah terhadap variabel parameter lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban udara. Disisi lain, sensor yang digunakan tidak terlalu selektif untuk senyawa tertentu (Rohman dan Man, 2012) sehingga dibutuhkan tambahan instrumen untuk mengidentifikasi spesies atau komponen kimia tunggal tertentu dalam matriks sampel. Ide untuk menggabungkan piranti hidung elektronik dengan instrumen analitik murni akan dapat lebih memperluas cakupan wilayah penggunaannya. Masalah lain adalah kalibrasi sensor dan validasi metode deteksi perlu dikembangkan untuk menjamin pengujian yang valid dan reliabel.

### **KESIMPULAN**

Pengujian dengan hidung elektronik bersifat sederhana, cepat, dan mudah dilakukan sehingga berpotensi untuk diterapkan pada berbagai produk pangan. Hidung elektronik telah terbukti mampu membedakan secara tepat berbagai jenis daging dan lemak hewan berdasarkan karakter aroma yang dihasilkan dari senyawa volatil. Hal ini membuka peluang untuk diterapkan pada produk-produk olahan daging semisal abon, bakso, nugget, kerupuk dan lainnya, baik untuk keperluan deteksi halal maupun autentikasi halal.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abbas, O., Zdravec, M., Baeten, V., Mikuš, T., Lešić, T., Vulić, A., ... Pleadin, J. 2018. Analytical methods used for the authentication of food of animal origin. *Food Chemistry*, 246 (May 2017), 6–17.
- Ali, M. E., Kashif, M., Uddin, K., Hashim, U., Mustafa, S., and Che Man, Y. Bin. 2012. Species Authentication Methods in Foods and Feeds: The Present, Past, and Future of Halal Forensics. *Food Analytical Methods*, 5(5), 935–955.
- Bessiere, Y. and Thomas, A.F.1990. Flavor Science and Technology. John Willey and Sons Ltd. England 369 hlm
- Cerny, C. 2008. The aroma side of the Maillard reaction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1126, 66–71.
- Hidayat, S. N., Triyana, K., Fauzan, I., Julian, T., Lelono, D., Yusuf, Y., ... Peres, A. M. 2019. The Electronic Nose Coupled with Chemometric Tools for Discriminating the Quality of Black Tea Samples In Situ. *Chemosensors*, 7(3), 29
- Ismarti, I., Triyana, K., Fadzillah, N.A., and Nordin, N.F.H. 2020. Artificial Sensory Technique for Halal Authentication. *Contemporary Issues on Halal Development in Indonesia*. Global Science. Malang 244 hlm
- Li, F., Sun, J., Huang, Q., Zhang, C., and Su, X. 2014. Establish poultry meat detection and identification model with the electronic nose. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 14/2, 255-260
- LPPOM MUI, 2020, Kenali Perbedaan Daging sapi dan Daging Babi, diakses 8 Oktober 2020 pada <http://www.halalmui.org/mui14/main/detail/kenali-perbedaan-daging-sapi-dan-daging-babi>
- Man, Y. B. C. 2005. Detection of lard adulteration in RBD palm olein using an electronic nose, *Food Chemistry*, 90, 829–835.

- Muniroh, L. 2014. Kajian Pengembangan Alat Portabel Deteksi Sederhana Keamanan Pangan dan Kehalalan Produk Pangan. *Prosiding Seminar Nasional Nutrisi, Keamanan Pangan dan Produk Halal Universitas Sebelas Maret, Surakarta*
- Nafiasari, N dan Handayani, A. 2018. Penganalisis kesegaran daging sapi dan daging babi mentah berdasarkan klasifikasi warna dan kelembaban. *Jurnal Teknosains*, 8(1), 66-74.
- Nurjuliana, M., Che Man, Y. B., & Mat Hashim, D. 2011a. Analysis of lard's aroma by an electronic nose for rapid Halal authentication. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(1), 75–82.
- Nurjuliana M, Che Man YB, Mat Hashim D, Mohamed AKS. 2011b. Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer. *Meat Sci* 88(4):638–644
- Nursten, H. 2005. *The Maillard Reaction*. The Royal Society of Chemistry. London. 226 hlm
- Peris, M., & Escuder-Gilabert, L. 2016. Electronic noses and tongues to assess food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science and Technology*, 58, 40–54.
- Prost, C., Pointot, P., Rannou, C., and Arvisenet, G. 2012. Bread aroma. In *Breadmaking: Improving quality* (Second Edi, pp. 523–561). Oniris: Woodhead Publishing Limited.
- Reid, L. M., O'Donnell, C. P., and Downey, G. 2006. Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in Food Science and Technology*, 17(7), 344–353.
- Rodriguez-Mendez, M. L., Apetrei, C., Gay, M., Medina-Plaza, C., De Saja, J. A., Vidal, S., ... Cheynier, V. 2014. Evaluation of oxygen exposure levels and polyphenolic content of red wines using an electronic panel formed by an electronic nose and an electronic tongue. *Food Chemistry*, 155, 91–97.
- Rohman, A., & Che Man, Y. B. 2012. Analysis of Pig Derivatives for Halal Authentication Studies. *Food Reviews International*, 28(1), 97–112.
- Rosmaya, J. 2014. Perbedaan karakteristik Daging Sapi dan daging Babi, diakses 8 Oktober 2020 pada <https://www.academia.edu/8874045/>
- Tian, X., Wang, J., and Cui, S. 2013. Analysis of pork adulteration in minced mutton using electronic nose of metal oxide sensors. *Journal of Food Engineering*, 119, 744-749.
- Van Boekel, M. A. J. S. 2006. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, 24(2), 230–233.
- Wilson, A. D and Baietto, M, 2006. Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies. *Sensor*, 9, 5099-5148