

**PENGEMBANGAN PUSAT STUDI  
PENELITIAN PRODUK HALAL  
BERBASIS PENGUJIAN SAINTIFIK**  
[STUDI KASUS PENGUJIAN PRODUK HALAL PADA  
MAKANAN MENGGUNAKAN INSTRUMEN GC/MS,  
FTIR, PCR DAN ELECTRONIC NOSE]

*Fajar Hardoyono*

Intstitut Agama Islam Negeri Purwokerto

**Abstract:** This article discusses the testing of food products processed meat using real time PCR instrument, an infrared spectrophotometer FTIR, GCMS, and electronic nose. Samples tested were processed meat products that include pure beef, mutton pure, pure pork, beef sausage, chicken sausage, goat sausage, pork sausage, veal nuggets, chicken nuggets, as well as processed products deliberately contaminated with the pigs. Testing of samples using four types of instruments that includes real-time PCR, spectrophotometry infrared FTIR, GC/MS, and the electronic nose was able to distinguish good quantitative differences between one sample with another sample. In the sample testing of food products manufactured by large-scale manufacturer of Small and Medium Enterprises (SMEs) and have not labeled halal, researchers have not found contamination pork elements on sausages nuggets, beef, and meatballs products.

**Keywords:** Authentication Halal, Real Time PCR, FTIR, GC/MS, E-nose, Meat

**Abstrak:** Telah dilakukan pengujian produk pangan olahan daging menggunakan instrumen real time PCR, spektrofotometer infra merah FTIR, GC/MS dan elektronik nose. Sampel yang diuji merupakan produk daging olahan yang meliputi daging sapi murni, daging kambing murni, daging babi murni, sosis sapi, sosis ayam, sosis kambing, sosis babi, nugget sapi, nugget ayam, serta produk olahan yang sengaja dicampur dengan babi. Pengujian sampel menggunakan empat jenis instrumen yang meliputi rela time PCR, spektrofotometri infra merah FTIR, GC/MS, dan *electronic nose* telah mampu membedakan dengan baik perbedaan secara kuantitatif antara satu sampel dengan sampel yang lain. Pada pengujian sampel produk makanan yang diproduksi oleh produsen berskala Usaha Kecil dan Menengah (UMKM)

dan belum mencantumkan label halal, peneliti belum menemukan kontaminasi unsur babi pada produk sosis, nugget, beef dan bakso.

**Kata kunci:** Autentikasi Halal, Real Time PCR, FTIR, GC/MS, E-nose, Daging.

## PENDAHULUAN

Sesuai dengan jargon unifikasi agama, sains dan teknologi yang sedang disuarakan, PTAIN memiliki tanggungjawab untuk menjawab permasalahan umat melalui kegiatan tri dharma perguruan tinggi. Salah satu tema penelitian baru sebagai implementasi unifikasi agama, sains dan teknologi yang belum banyak dikerjakan oleh dosen dan peneliti dari kalangan PTAIN di Indonesia adalah melakukan kegiatan penelitian halal produk pangan, obat-obatan, dan kosmetik menggunakan instrumen dan metode berstandar ilmiah. Pengembangan tema penelitian ini sangat mungkin dilakukan dengan semakin bertambahnya PTAIN yang memiliki fasilitas instrumen, peralatan dan fasilitas laboratorium canggih yang setara dengan fasilitas di laboratorium yang dimiliki oleh lembaga penelitian di luar PTAIN. Selain itu, jumlah dosen-dosen dan peneliti di kalangan PTAIN berlatarbelakang ilmu-ilmu sains dan teknologi yang mendukung riset halal seperti jurusan kimia, fisika, biologi, dan teknologi pangan semakin bertambah.

Fakta menunjukkan bahwa baru satu Perguruan Tinggi Agama Islam Negeri UIN Yogyakarta yang memiliki pusat penelitian halal (<http://saintek.uin-suka.ac.id/index.php/page/unit/1-Halal-Research-Center>). Namun demikian, kegiatan penelitian dan publikasi belum dihasilkan oleh lembaga ini. Hal inilah yang mengusik peneliti yang memiliki latar belakang pendidikan dan pengalaman riset bidang kromatografi gas, spektroskopi FTIR, *Polymerase Chain Reaction* (PCR) serta *electronic nose* untuk mencoba merintis pusat penelitian produk halal berbasis pengujian saintifik di STAIN Purwokerto.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, peneliti tertarik untuk membuat penelitian pioner untuk meneliti produk pangan. Sebagai lembaga pendidikan yang menjalankan fungsi kegiatan penelitian, tema penelitian pengujian halal produk pangan, obat-obatan, dan kosmetik dengan menggunakan instrumen dan metode sebagaimana merujuk pada penelitian Marikkar *et al.*, 2005; Saeed *et al.*, 1989; Wittasinghe *et al.*, 2001; Rohman *et al.*, 2009; Rohman *et al.*, 2011; Aida *et al.*, 2005; dan Che Man *et al.*, 2007 dan Nurjulina *et al.*, 2011 yang belum banyak dikerjakan oleh para dosen dan peneliti dari kalangan PTAIN.

## PUSAT STUDI HALAL DI BEBERAPA NEGARA

Di beberapa negara muslim, pusat-pusat penelitian halal di bawah lembaga riset dan perguruan tinggi menjadi acuan produsen untuk dijadikan tempat pengujian awal sebelum diuji oleh otoritas sertifikasi halal. Di Malaysia, Universiti Putra Malaysia (UPM) memiliki pusat riset halal yang bernama *Halal Products Research Institute* ([www.halal.upm.edu.my](http://www.halal.upm.edu.my)). Lembaga riset ini fokus melakukan penelitian produk-produk halal halal di Malaysia melalui kegiatan pengujian secara saintifik.

Selain di Universiti Putra Malaysia, pusat penelitian halal juga dikembangkan oleh *International Institute for Halal Research and Training* yang dimiliki oleh International Islamic University Malaysia (<http://www.iiu.edu.my/inhart>). Sama halnya dengan pusat riset halal Universiti Putra Malaysia, pusat penelitian halal IIUM melakukan penyelidikan, pengawasan dan publikasi berkaitan dengan produk halal.

Thailand yang mayoritas masyarakatnya beragama Budha juga mendirikan lembaga penelitian halal. Hal ini dilakukan mengingat mayoritas produk industri pertanian dan peternakan Thailand dipasarkan di negara-negara Muslim di Asia Tenggara dan Timur Tengah. Untuk memenuhi standarisasi halal Thailand mendirikan *Halal Science Center* di bawah binaan Chulalongkorn University, Thailand ([www.halalscience.org](http://www.halalscience.org)).

Sementara itu, di Indonesia baru ada satu lembaga penelitian halal yang fokus melakukan penelitian produk halal berbasis metode saintifik dan telah eksis menerbitkan publikasi pada jurnal internasional. Lembaga ini dimiliki oleh Universitas Gadjah Mada bernama *Halal Research Group* Universitas Gadjah Mada (<http://halal.wg.ugm.ac.id>). Sementara beberapa perguruan tinggi lain baru memulai melakukan merintis pusat penelitian halal.

## METODE PENGUJIAN HALAL BERBASIS SAINTIFIK

### 1. Metode GC/MS

Kromatografi adalah teknik untuk memisahkan komponen-komponen dari senyawa kimia atsiri (volatil) dalam fase gas melalui fase diam. Pengembangan dari kromatografi gas (GC) adalah kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS). Instrumen ini dilengkapi dengan spektroskopi massa yang berfungsi untuk

mengidentifikasi senyawa yang telah terpisah oleh proses kromatografi gas berdasarkan berat molekul (Hites, 1998). Instrumen GC dan GC-MS terdiri dari 5 bagian meliputi: bagian pembawa gas, injeksi cuplikan, kolom, detektor dan pengolah data.

Kromatografi bekerja dengan cara menginjeksikan sampel uji dalam fase uap atau gas melalui bagian injektor. Sebelum sampel uji dalam fase uap diinjeksikan, proses preparasi sampel harus dilakukan. Fase uap atau gas sampel uji akan didorong oleh gas pembawa (He atau N<sub>2</sub>) menuju kolom kromatografi. Pada bagian kolom kromatografi fase uap atau gas dari sampel akan mengalami pemanasan secara bertahap dari suhu rendah sampai suhu tinggi (sekitar 450°C). Fase uap atau gas dari sampel akan terpisah ke dalam komponen-komponen penyusunnya menurut titik didih masing-masing komponen penyusun senyawa pada sampel pada proses ini (Hites, 1998). Komponen penyusun senyawa yang memiliki titik didih lebih rendah akan terlepas terlebih dahulu dari senyawa, sementara komponen penyusun senyawa yang memiliki titik didih lebih tinggi akan terlepas paling akhir dari komponen penyusunnya. Komponen penyusun dari senyawa yang terlepas selanjutnya akan dideteksi oleh bagian detektor.

GC-MS menggunakan detektor *Mass Spectroscopy* (MS) dan dilengkapi dengan sistem *library* data yang digunakan untuk identifikasi semua senyawa yang muncul berdasarkan berat molekul. Berat molekul terhitung dalam proses spektroskopi digunakan sebagai data masukkan ke sistem *library* data untuk melakukan penghitungan konsentrasi dan identifikasi jenis senyawa organik/non organik penyusun sampel.

## 2. Metode FTIR

*Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merupakan metode spektroskopi dengan memaparkan radiasi infra merah (*infra red*) pada sampel yang sedang menjalani proses spektroskopi (Dong *et al.*, 2014). Radiasi infra merah sebagian akan diserap oleh sampel, sementara sebagian yang lain akan diteruskan dan dipantulkan oleh sampel. Spektrum yang dihasilkan oleh spektroskopi infra merah merepresentasikan fungsi serapan dan terusan molekul dari sampel yang diuji. Setiap sampel yang diuji memiliki fungsi serapan dan terusan yang berbeda-beda.

Beberapa literatur menyebutkan kemampuan instrumen spektroskopi FTIR untuk pengujian sampel di antaranya adalah kemampuan untuk mengidentifikasi sampel yang

tidak diketahui jenisnya, menguji kualitas sampel, dan menguji kandungan senyawa tertentu dalam campuran. Spektrum infra merah merepresentasikan puncak-puncak serapan radiasi infra merah oleh sampel. Puncak-puncak serapan yang terjadi berhubungan dengan frekuensi vibrasi antara ikatan-ikatan atom pada sampel uji. Karena setiap materi memiliki ikatan atom yang bersifat unik, maka tidak ada satupun materi yang menghasilkan bentuk spektrum infra merah yang sama. Prinsip ini yang digunakan sebagai landasan teoritis menggunakan spektroskopi FTIR untuk identifikasi senyawa tertentu pada sampel uji.

### 3. Metode PCR

*Polimerase Chain Reaction* (PCR) adalah metode pengujian sampel dengan cara melakukan sintesis atau memperkuat keberadaan jejak DNA tertentu dalam sampel secara *in-vitro* (Handoyo dan Rudiretna, 2000). Teknik ini dapat memperkuat jejak keberadaan segmen DNA makhluk hidup tertentu sampai dengan jutaan kali lipat dalam waktu beberapa jam.

PCR melibatkan beberapa siklus untuk melakukan proses duplikasi jumlah target DNA untai ganda. Siklus awal ditandai dengan proses pemisahan untai untai ganda DNA dengan denaturasi termal. Untai DNA yang telah terisah didinginkan hingga mencapai suatu suhu tertentu untuk memberi waktu primer menempel (*anneal primers*) pada daerah tertentu dari target DNA. *Polimerase* DNA digunakan untuk memperpanjang primer (*extend primers*) dengan adanya dNTPs (dATP, dCTP, dGTP dan dTTP) dan buffer yang sesuai.

### 4. Metode *E-nose*

*E-nose* merupakan suatu sistem yang mampu mengenali sebuah bahan berdasarkan respon bau dan aroma yang diterima (Osuna *et al.*, 1999). *E-nose* bekerja berdasarkan prinsip penciuman pada hewan dan manusia. Sel reseptor yang ada pada hewan dan manusia diganti dengan sensor gas yang sangat sensitif. Sensor gas bekerja berdasarkan prinsip bahwa perubahan komposisi gas yang ada di sekitar sensor akan ditangkap oleh sensor dan diubah menjadi sinyal listrik melalui transduser (Gardner dan Bartlett, 1994).

Mekanisme kerja sistem penciuman elektronik (*e-nose*) mirip dengan mekanisme kerja penciuman pada manusia dan hewan. Sel reseptor yang ada pada hewan dan manusia digantikan dengan sensor gas yang sangat sensitif dengan gas tertentu. Bagian utama dari *e-nose* adalah larik sensor gas yang menerima respon bau dan aroma dan diubah menjadi sinyal elektrik melalui transduser (Gardner dan Bartlett, 1994; dan Qu *et al.*, 2008). Tipe sensor gas yang digunakan pada *e-nose* umumnya menggunakan bahan semikonduktor oksida logam campuran Sn, Zn, Cu dan lainnya dengan oksigen.

Proses deteksi sampel dilakukan dengan memaparkan senyawa organik volatil dari sampel pada bagian larik sensor gas. Pada umumnya, sampel yang dipaparkan pada larik sensor tanpa melewati proses preparasi. Serapan atom oksigen yang dipaparkan oleh senyawa organik volatil sampel pada permukaan semikonduktor menyebabkan terjadinya perubahan resistivitas material sensor.

## HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN REAL TIME PCR

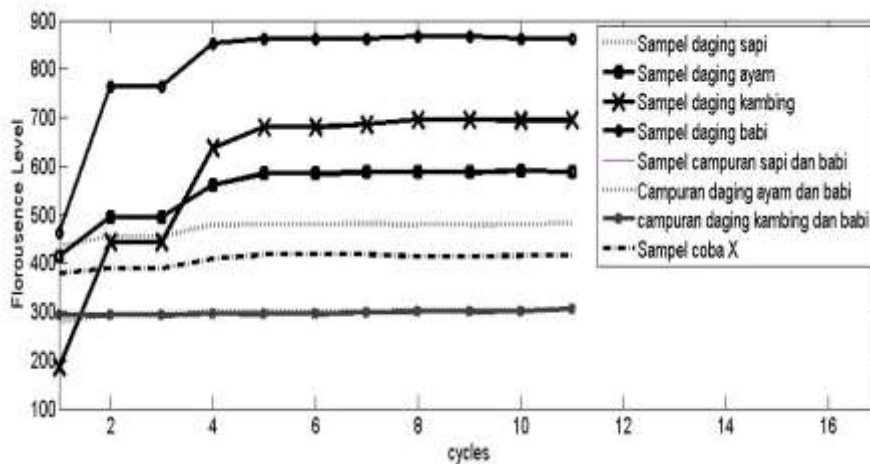
Berdasarkan hasil uji analisis terhadap tujuh sampel, hampir semua sampel DNA dapat teramplifikasi secara eksponensial mulai siklus ke-4 sampai dengan siklus ke-20. Setelah menjalani proses selama 4-20 siklus, target DNA yang hendak diujikan meningkat secara eksponensial setelah siklus keempat dan DNA non-target (*long product*) akan meningkat secara linier seperti tampak pada bagan di atas (Newton and Graham, 1994).

Analisis kurva eksponensial pada Gambar 4.1, tingkat amplifikasi DNA ditunjukkan dari sloop / gradien kurva eksponensial amplifikasi DNA. Berdasarkan analisis kurva amplifikasi DNA, nilai sloop gradien ditampilkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai *sloop* kurva amplifikasi DNA pada siklus 2-12

Jenis sampel	Nilai sloop kurva amplifikasi
Sampel daging sapi	4,54
Sampel daging ayam	17,27
Sampel daging kambing	42,50
Sampel daging babi	28,18
Sampel campuran sapi dan babi	2,32

Sampel campuran ayam dan babi	2,46
Sampel campuran kambing dan babi	2,83
Sampel coba X	1,67



Berdasarkan nilai sloop amplifikasi DNA, hasil pengujian menunjukkan bahwa DNA sampel daging murni tanpa campuran teramplifikasi sangat signifikan dibandingkan dengan sampel daging yang sengaja dicampur. Berdasarkan tingkat amplifikasinya, sampel daging kambing dan babi jauh lebih terduplikasi jika dibandingkan dengan sampel daging ayam dan daging sapi.

Selanjutnya, hasil *print-out* elektroforesis ketujuh jenis sampel yang diuji dengan *real time PCR* menunjukkan bahwa jejak DNA daging sapi, daging ayam, daging kambing dan daging babi murni terlihat sangat signifikan. Citra elektroforesis daging sapi, ayam, kambing, dan babi menunjukkan pola-pola yang sangat berbeda satu dengan yang lain. Pita elektroforesis yang terbentuk pada citra elektroforesis sampel daging sapi, daging ayam, daging kambing dan daging babi menunjukkan bahwa keberadaan jejak DNA sapi, ayam, kambing dan babi pada masing-masing sampel.

Sementara itu, uji *real time PCR* pada sampel produk olahan daging yang dicampur menunjukkan bahwa jejak DNA masing-masing campuran masih dapat ditemukan meskipun pita elektroforesisnya terlihat samar. Pita elektroforesis yang terlihat samar menunjukkan bahwa jejak DNA sampel tidak utuh, gagal berpisah, maupun terpotong. Namun demikian, keberadaan jejak DNA dari sampel masih dapat terdeteksi. Data citra elektroforesis empat sampel campuran menunjukkan bahwa jejak DNA babi dapat ditemukan pada campuran sampel daging sapi dengan daging babi dan

sampel daging kambing dengan daging babi. Untuk sampel campuran daging ayam dengan daging babi, jejak DNA babi terlihat samar.

## HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER INFRA MERAH FTIR

Untuk keperluan analisis, peneliti merujuk hasil penelitian Rohman dan Che Man (2011). kurva serapan gelombang infra merah pada panjang gelombang  $4000\text{ cm}^{-1} - 650\text{ cm}^{-1}$  ditampilkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan referensi nilai jangkauan serapan gelombang infra merah untuk masing-masing sampel berada pada jangkauan panjang gelombang yang berbeda-beda.

Nilai-nilai absorbansi dari kedua puluh sampel uji dengan menggunakan spektrofotometer infra merah FTIR menunjukkan bahwa hampir semua sampel produk daging olahan memberikan respon serapan terhadap radiasi infra merah yang dipaparkan kepada sampel. Nilai absorbansi serapan pada masing-masing daerah bernilai bervariasi dari data literatur menurut Rohman dan Che Man (2011). Karakteristik absorbansi dari masing-masing sampel ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Karakteristik absorbansi dari masing-masing sampel

Jenis sampel	Nilai absorbansi			
	4000-650 $\text{cm}^{-1}$	3050-2825 $\text{cm}^{-1}$	1500-1000 $\text{cm}^{-1}$	3050-2825 $\text{cm}^{-1}$
Lemak sapi	Rendah	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Lemak ayam	Sedang	Lemah	Tinggi	Sedang
Lemak kambing	Tinggi	Sedang	Tinggi	Sedang
Lemak babi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

Berdasarkan Tabel 4.2, karakteristik semua sampel dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- Sampel yang mengandung lemak sapi akan memiliki absorbansi yang rendah pada daerah  $4000-650\text{ cm}^{-1}$ , sementara daerah yang lain bernilai tinggi.
- Sampel yang mengandung lemak ayam hanya memiliki nilai absorbansi yang tinggi pada daerah  $1500-1000\text{ cm}^{-1}$ .



- c. Sampel lemak kambing memiliki variasi dimana absorbansinya tinggi pada daerah  $4000-650\text{ cm}^{-1}$  dan  $1500-1000\text{ cm}^{-1}$  serta absorbansi sedang pada daerah  $3050-2825\text{ cm}^{-1}$  dan  $3050-2825\text{ cm}^{-1}$ .
- d. Sampel yang mengandung lemak babi memiliki nilai absorbansi yang tinggi pada semua daerah.

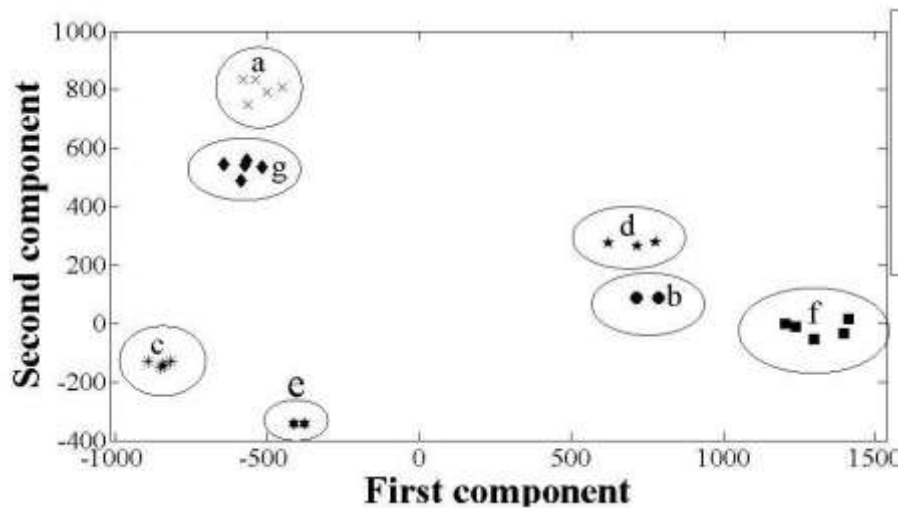
Dengan mengamati nilai absorbansi pada semua daerah serapan infra merah menunjukkan bahwa semua sampel memberikan respon serapan. Dengan demikian dapat dibuktikan bahwa kedua puluh sampel dapat diuji dengan menggunakan spektrofotometer infra merah FTIR. Sampel uji berupa daging murni tanpa campuran memberikan informasi nilai absorbansi yang paling signifikan jika dibandingkan dengan sampel berwujud produk makanan jadi seperti sosis, nugget, bakso dan beef.

## **HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN GC/MS**

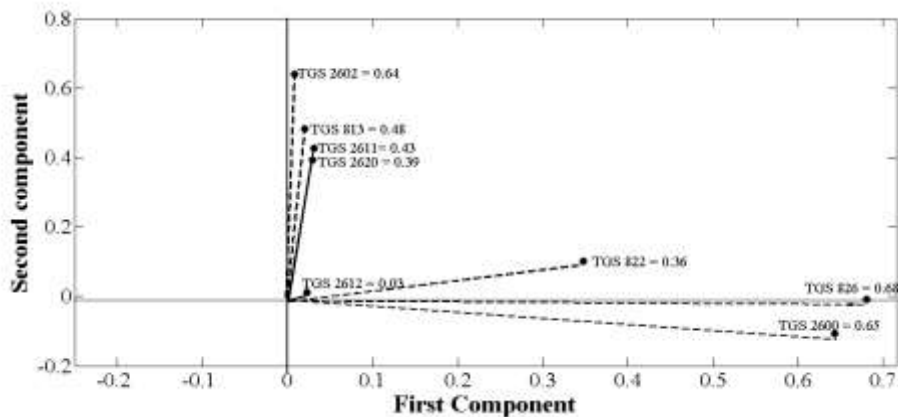
Hasil pengujian sampel menggunakan GC-MS menunjukkan bahwa puncak-puncak kromatogram pada sampel daging sapi, daging ayam, daging kambing, dan daging babi menunjukkan kandungan komponen utama yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian dengan GC/MS, senyawa utama yang membentuk lemak sapi terdiri atas asam palmitat (45,32%), asam stearat (38,23%), asam oleat (27,45%). Pada sampel daging ayam ditemukan asam olet (32,45%), asam palmitat (23,43%), dan linoleat (12,56%). Pada sampel kambing ditemukan asam oleat (56,32%), asam stearat (23,34%) dan asam palmitat 18,27%). Sementara itu ada lemak babi ditemukan kandungan asam oleat (45,12%), asam linoleat (32,54%) dan asam stearat (9,23%).

## **HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN E-NOSE**

Hasil penghitungan semua sampel selanjutnya digambarkan sebagai grafik score plot dan loading plot dari 38 sampel yang diuji. Nilai perhitungan Principal Komponen Pertama dan Principal Komponen Kedua dari analisis PCA ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Skor Plot PC1 dan PC2 terhadap 38 jenis sampel yang dideteksi dengan menggunakan *e-nose* (a) sampel daging sapi, (b) sampel daging ayam, (c) sampel daging kambing (d) sampel daging babi, (e) sampel kelompok daging campuran, (f) sampel sosis, nugget dan beef sapi, dan (g) sampel sosis, nugget dan beef ayam.



Gambar 4.4 Loading Plot PC1 dan PC2 terhadap 38 jenis sampel yang dideteksi dengan menggunakan *e-nose* (a) sampel daging sapi, (b) sampel daging ayam, (c) sampel daging kambing (d) sampel daging babi, (e) sampel kelompok daging campuran, (f) sampel sosis, nugget dan beef sapi, dan (g) sampel sosis, nugget dan beef ayam.

Dengan menganalisis skor plot dan loading plot PCA, terlihat bahwa respon luaran *e-nose* pada pengujian 38 jenis sampel memperlihatkan pola-pola luaran yang spesifik dan unik. Analisis luaran *e-nose* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Hasil *output* luaran sampel daging sapi, daging ayam, daging kambing, dan daging babi yang murni tanpa campuran akan terlihat memisah atau terkluster. Dapat disimpulkan bahwa bau yang dikeluarkan oleh sampel daging sapi, ayam, kambing dan babi tanpa campuran akan direspon sangat berbeda oleh array sensor. Hal ini

dilihat dari skor plot yang terpisah sama sekali antara sampel kelompok a, kelompok b, kelompok c, dan kelompok d.

2. *E-nose* tidak dapat membedakan secara baik respon bau yang dikeluarkan oleh campuran daging sapi dengan ayam, sapi dengan kambing, sapi dengan babi, ayam dengan kambing, ayam dengan babi dan kambing dengan babi dengan komposisi 1:1, 1:2, 1:3, dan 1:4 atau sebaliknya. Dapat disimpulkan bahwa *e-nose* tidak terlalu valid untuk mendeteksi daging segar yang sengaja dioplos. Hal ini terlihat dari skor plot sampel kelompok e yang berkelompok menjadi satu.
3. *E-nose* dapat membedakan dengan baik aroma yang dihasilkan oleh produk daging olahan seperti sosis, nugget, bakso dan beef asalkan sampel tersebut dibuat dari bahan daging sejenis. Hal ini dapat dilihat dari sampel kelompok f dan g yang jelas terpisah.
4. Tingkat kemampuan *e-nose* dalam membedakan satu sampel dengan sampel yang lain sebesar 52,45% untuk principal komponen pertama dan 40,67 % untuk kelompok kedua. Dengan menggunakan gabungan dua variansi maka kemampuan *e-nose* mendeteksi sampel yang berasal dari satu jenis daging mencapai 93,22%.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian sampel secara saintifik dengan menggunakan empat instrumen, peneliti dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian sampel menggunakan empat jenis instrumen yang meliputi rela time PCR, spektrofotometri infra merah FTIR, GC/MS, dan *electronic nose* telah mampu membedakan dengan baik perbedaan secara kuantitatif antara satu sampel dengan sampel yang lain.
2. Hasil pengujian 7 sampel dengan menggunakan rela time PCR menunjukkan bahwa jejak DNA daging sapi, daging ayam, daging kambing dan daging babi murni terlihat sangat signifikan dengan menggunakan analisis citra elektroforesis. Citra elektroforesis daging sapi, ayam, kambing, dan babi menunjukkan pola-pola yang sangat berbeda satu dengan yang lain. Sementara itu, uji real time PCR pada sampel produk olahan daging yang dicampur menunjukkan bahwa jejak DNA masing-masing campuran masih dapat ditemukan meskipun pita elektroforesisnya terlihat samar. Pita elektroforesis yang terlihat samar menunjukkan bahwa jejak DNA

sampel tidak utuh, gagal berpisah, maupun terpotong. Namun demikian, keberadaan jejak DNA dari sampel masih dapat terdeteksi.

3. Hasil pengujian menggunakan instrumen spektrofotometer infra merah FTIR menunjukkan bahwa semua sampel memberikan respon serapan terhadap paparan gelombang infra merah. Sampel uji berupa daging murni tanpa campuran memberikan informasi nilai absorbansi yang paling signifikan jika dibandingkan dengan sampel berwujud produk makanan jadi seperti sosis, nugget, bakso dan beef.
4. Pada pengujian menggunakan instrumen GC/MS menunjukkan bahwa peneliti dapat memetakan komponen penyusun utama dari masing-masing sampel. GC/MS sangat handal digunakan untuk memetakan asam lemak dominan yang merupakan komponen utama penyusun senyawa organik sampel. Asam lemak dari sapi didominasi oleh Asam Palmitat, Asam Stearat dan Asam Oleat. Asam lemak ayam didominasi oleh asam oleat, asam palmitat dan asam lenoleat. Asam lemak kambing didominasi oleh asam oleat sterarat, palmitat. Sementara asam lemak dari babi didominasi oleh asam oleat, asam linoleat, dan asam stearat. Dominasi urutan asam lemak ini dapat dijadikan referensi untuk menelisik campuran atau kontaminasi unsur lemak tertentu pada sampel yang diklaim sebagai daging murni tanpa campuran.
5. Pada pengujian sampel menggunakan e-nose menunjukkan bahwa instrumen ini hanya mampu membedakan respon aroma dari sampel yang bersifat homogen baik dalam wujud daging segar maupun yang telah diolah menjadi produk makanan seperti sosis, nugget, bakso, dan beef. E-nose belum mampu membedakan secara baik respon aroma dari sampel campuran yang heterogen.
6. Pada pengujian sampel produk makanan yang diproduksi oleh produsen berskala Usaha Kecil dan Menengah (UMKM) dan belm mencantumkan label halal, peneliti belum menemukan kontaminasi unsur babi pada produk sosis, nugget, beef, dan bakso.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aida, A. A., Che Man, Y. B., Wong, C. V., Raha, A. R., and Son, R. 2005. Analysis of raw meats and fats of pigs using polymerase chain reaction for Halal authentication. *Meat Science*, 69:47-52.
- Che Man, Y. B., Aida, A. A., Raha, A. R., and Son, R. 2007. Identification of pork derivatives in food products by specific polymerase chain reaction (PCR) for halal verification. *Food Control*, 18:885–889.
- Dong, L., Sun, X., Chao, Z., Zhang, S., Zheng, J., and Gurung, R., 2014. Evaluation of FTIR spectroscopy as diagnostic tool for colorectal cancer. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 122:288-294.
- Gardner, J. W. and Bartlett, P. F. 1994. A Brief History of Electronic Noses. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211-220.
- Handoyo, D., dan Rudiretna, A. 2000. Prinsip Umum Pelaksanaan Polimerized Chain Reaction (PCR). *Unitas*, 9 (1):17-29.
- Hites, R. A. 1998. Gas Chromatography Mass Spectroscopy. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. John Willey and Sons, New York.
- Marikkar, J. M., Ghazali, H. M., Che Man, Y., Peiris, T. G., and Lai, and O. M. 2005. Distinguishing Lard from Other Animal Fats in Admixture of some Vegetable Oils using Liquid Chromatographic Data Couple with Multivariate Data Analysis. *Food Chemistry*, 91: 5-14.
- Newton, C. R., and Graham, A. 1994. *Polimerise Chain Reaction (PCR)*. Bios Scientific Publisher, London.
- Nurjuliana, M., Che Man, Y. B., Mat Hasyim, D., and Mohamed, A. 2011. Rapid Identification of Pork for Halal Authentication Using the Electronic Nose and Gas Chromatography Mass Spectrometer with Headspace Analyzer. *Meat Science*, 88:638–644.
- Qu, G., Omomoto, M. M., El-Din, M. G., and Feddes, J. J. 2008. Development of an Integrated Sensor to Measure Odors. *Environ. Monit. Asses.*, 144, 277-283.
- Osuna, G. R., and Nagle, H. T. 1999. A Method for Evaluating Data Preprocessing Techniques for Odor Classification with an Array of Gas Sensors. *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics Part B*, 29, 35-41.

- Rohman, A., and Che Man, Y. 2009. Analysis of Cod\_Liver Oil Adulteration using Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectroscopy. *Journal of American Oil Chemist Society*, 86:1149-1153.
- Rohman, A., and Che Man, Y. B. 2011. The optimization of FTIR spectroscopy combined with partial least square for analysis of animal fats in quaternary mixtures. *Spectroscopy*, 25:169–176.
- Rohman, A., Sisindari, Erwanto, Y., and Che Man, Y. 2011. Application of FTIR Spectroscopy for Analysis of Pork Adulteration in Meat Ball Formulation. *Meat Science*, 88:91-95.
- Saeed, T., Ali, S. G., Ahman, H. A., and Sawaya, W. N. 1989. Detection of Pork and Lard as Adulterants in Processed Meat: Liquid Chromatographic Analysis of Derivatized Triglycerides. *Journal of the Assosiation of Official Analitical Chemists*, 72(6):921-925.
- Wittasinghe, M., Vasanthan, T., Temely , F., and Swallow, K. 2001. Volatile Flavor Composition of Cooked by Product Blends of Chicken, Beef, and Pork: A Quantitative GC-MS Investigation. *Food Research International* , 34: 149-158.