

STUDI SPEKTRUM DERIVATIF FTIR DAGING SAPI DAN DAGING BABI SETELAH MELALUI REAKSI ENZIMATIS

Adang Firmansyah, Melvia Sundalian, O. Suprijana, Resti Pahlawati Fauziah

Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia

Abstrak

Kasus pemalsuan daging sapi dengan daging babi masih tetap ditemukan dan memiliki perhatian serius terkait dengan masalah halal terutama di Indonesia yang merupakan negara mayoritas muslim. Analisis spektrum FTIR memungkinkan untuk dapat menganalisis perbedaan kandungan protein pada daging babi dan sapi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daging sapi dan daging babi dengan FTIR dengan reaksi enzimatik menggunakan enzim protease. Sampel dibuat dalam beberapa kelompok yaitu sampel daging tanpa penambahan enzim, sampel dengan enzim protease, sampel yang tidak dikeringkan, serta sampel yang dikeringkan. Hasil penelitian menunjukkan FTIR dapat membedakan daging sapi dan daging babi. Spektrum FTIR yang dihasilkan memiliki keterulangan yang baik dan serapan khas dari daging sapi maupun daging babi. Spektrum derivatif pertama FTIR daging babi menghasilkan perbedaan pita-pita serapan pada bilangan gelombang 1318 cm^{-1} , $1019\text{-}1066\text{ cm}^{-1}$, 705 cm^{-1} , 681 cm^{-1} yang tidak ditemukan pada daging sapi.

Kata kunci : daging sapi, daging babi, reaksi enzimatik, spektrofotometri FTIR, spektrum derivatif pertama

Abstract

Adulteration case of beef with pork still remain found and had serious attention due to halal issue especially in Indonesia as a moslem majority country. FTIR spectrum analysis makes it possible to analyze differences in protein content in pork and beef. This study aims to analyze the beef and pork with FTIR with enzymatic reaction using protease enzymes. Samples were made in several groups, namely samples without enzyme addition, samples with protease enzymes, non-dried samples, and dried samples. The result of this research indicate that FTIR method successfully differentiate beef to pork. The analysis result showed the measurement using FTIR spectrum were relative repeatable and produced some unique bands both pork or beef. The first derivative spectrum FTIR of pork produced different absorption bands at wave numbers 1318 cm^{-1} , $1019\text{-}1066\text{ cm}^{-1}$, 705 cm^{-1} , 681 cm^{-1} which were not found in beef.

Keywords : *beef, pork, denaturation of enzyme, spektrofotometri FTIR, first derivative spectrum*

PENDAHULUAN

Protein merupakan unsur makanan yang terdiri dari asam-asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh. Sumber-sumber protein terdiri dari dua macam yaitu protein nabati dan hewani. Protein hewani yang menghasilkan kandungan protein terbesar adalah daging di mana yang relatif sering dikonsumsi adalah daging sapi dan daging babi (Winarno, 1992).

Daging merupakan salah satu hasil ternak sumber protein hewani yang bermutu tinggi dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan asam-asam amino esensial tubuh. Daya beli konsumen yang meningkat mengakibatkan konsumen memilih daging yang bermutu, di samping kuantitas. Daging yang banyak dikonsumsi di Indonesia adalah daging ayam, sapi, domba, kambing dan babi. Data pada tahun 1999 menunjukkan bahwa produksi daging ayam 682.000 ton, daging sapi 354.000 ton, daging domba 37.000 ton, daging kambing 47.000 ton dan daging babi 138.000 ton (BPS, 2000).

Kasus pencampuran daging sapi dan makanan yang mengandung bahan dari daging babi marak terjadi di Indonesia sejak tahun 1980-an sampai sekarang (Fibriana, 2010). Untuk mengetahui kandungan daging babi pada suatu bahan atau produk makanan, dapat dilakukan dengan mengidentifikasi bagian lemak, protein atau DNANYA. Metode PCR (*Polymerase Chain Reaction*) merupakan metode pilihan yang dapat mengidentifikasi

kontaminan daging babi pada berbagai produk daging dengan bobot rendah yaitu 0,5% (Irfan dan Arslan, 2006). Dalam aplikasinya metode PCR dinilai cukup rumit karena membutuhkan waktu yang lama dalam preparasi sampel, serta membutuhkan bahan kimia yang digunakan cukup banyak (Yulia, 2011).

Pengembangan metode alternatif masih sangat diperlukan untuk mendapatkan cara yang cepat, mudah, dan murah. Metode analisis menggunakan Spektrometri FTIR telah dikembangkan sejak tahun 2003 oleh kelompok peneliti dari *Departement of Biothechnology, International Islamic University Malaysia* (IIUM). Spektrometri FTIR merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa (Kusumastuti, 2011).

Spektrum FTIR dapat menunjukkan serapan dari setiap ikatan dalam suatu molekul sehingga setiap molekul atau senyawa memiliki pola spektrum yang berbeda-beda (*fingerprint*). Penelitian Riesmawati (2014) menyimpulkan bahwa spektrum FTIR dapat menunjukkan perbedaan serapan pada daerah sidik jari pada spektrum FTIR daging babi dan daging sapi.

Mengacu pada penelitian sebelumnya, pada penelitian ini dilakukan identifikasi lanjutan terhadap pola spektrum protein daging sapi dan babi menggunakan reaksi enzimatik yang diharapkan dapat memberikan pola spektrum yang

reproduksibel dan memiliki perbedaan yang khas.

METODOLOGI

Alat

Alat-alat yang digunakan antara lain; Spektrofotometer FTIR (*Thermo Nicolet is5*), timbangan analitik, blender, gelas ukur, tabung reaksi, oven dan alat gelas lainnya.

Bahan

Daging sapi dan daging babi daging yang digunakan adalah daging bagian paha belakang. Daging sapi dan daging babi diperoleh dari Pasar Tradisional di Bandung. Bahan lainnya berupa enzim protease asam (*Suntaq International Limited*), buffer sitrat 0.1M (pH 3.6), dan larutan TCA (trikloroasetat) 5%.

Preparasi Sampel Daging Sapi dan Daging Babi

Daging sapi dan daging babi mentah dicuci dengan aquadest. Masing-masing daging ditambahkan buffer sitrat 0,1 M pH 3,6 sebanyak 2 ml, selanjutnya dihaluskan menggunakan blender. Daging sapi dan daging babi masing-masing dibagi menjadi 7 bagian masing-masing bagian sebanyak 1 gram. Bagian 1 sebagai kontrol yaitu daging yang tidak melalui reaksi enzimatik. Bagian 2-7 merupakan daging yang sudah melalui reaksi enzimatik, yaitu dengan penambahan enzim protease asam dengan bobot yang berbeda beda. Bobot enzim

yang digunakan adalah 0,05 gram, 0,075 gram, 0,15 gram, 0,3 gram, 1,5 gram, dan 3 gram, selanjutnya, diinkubasi pada suhu 40 °C selama 25 menit. Reaksi enzimatik dihentikan dengan penambahan larutan TCA 5% sebanyak 2 mL, kemudian sampel daging diukur dengan FTIR pada panjang gelombang 4000-500 cm⁻¹, selanjutnya daging dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70-80°C sampai kering. Daging digerus hingga diperoleh dalam bentuk serbuk, kemudian diukur kembali menggunakan FTIR pada panjang gelombang 4000-500 cm⁻¹.

Analisis Spektrum FTIR

Analisis pita serapan inframerah dilakukan dengan spektrofotometri FTIR pada sampel daging hasil denaturasi pada rentang bilangan gelombang 4000-500cm⁻¹. Pita-pita serapan inframerah spektrum utama FTIR yang diperoleh dianalisis pada :

a. Perbedaan spektrum FTIR daging sapi dan daging babi

Spektrum FTIR daging sapi dan daging babi dari tiap masing – masing preparasi dianalisis untuk mengetahui perbedaan dari kedua spektrum tersebut. Analisis berdasarkan pada *repeatabilitas* dan analisis gugus fungsi.

b. Analisis spektrum derivative

Spektrum utama FTIR dibuat turunan pertamanya untuk mempertajam puncak spektrum dan memperbesar pemisahan puncak yang mungkin bertumpukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Sampel Daging Sapi dan Daging Babi

Sampel daging yang belum melalui reaksi enzimatik dengan sampel daging hasil reaksi enzimatik tidak memiliki perbedaan secara organoleptis. Warna daging babi lebih putih dibandingkan daging sapi.

Sampel daging yang telah dikeringkan menunjukkan bahwa secara organoleptis daging babi memiliki warna yang lebih terang dibandingkan daging sapi.

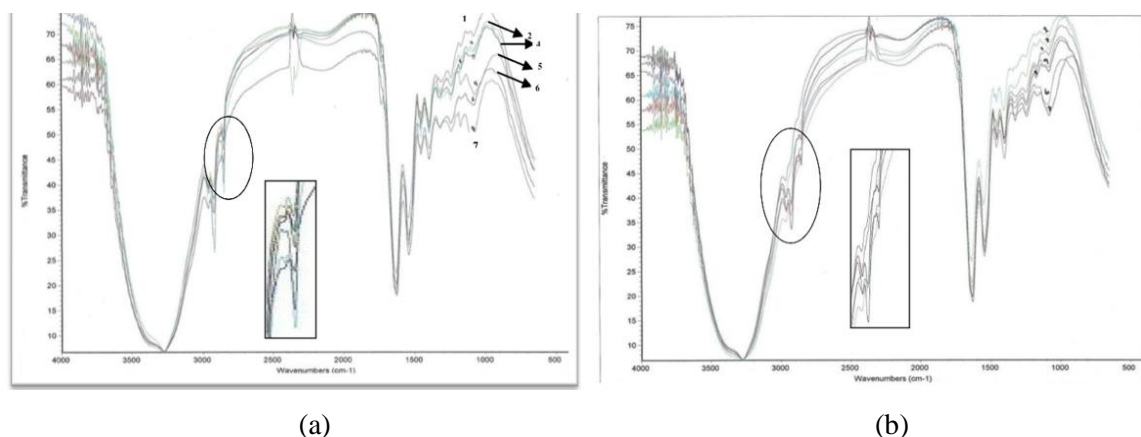
Analisis Spektrum FTIR Daging Sapi dan Daging Babi Dalam Keadaan Basah

Spektrum FTIR Daging Sapi

Pada spektrum semua sampel daging sapi menghasilkan pita serapan pada bilangan gelombang 3000-3600 cm^{-1} yang menunjukkan adanya regang O-H, terdapat

serapan pada bilangan gelombang 1600-1670 cm^{-1} yang menunjukkan serapan amida I (vibrasi regang C=O), serta terdapat serapan pada bilangan gelombang 1480-1575 cm^{-1} yang menunjukkan serapan amida II (ikatan N-H dan regang C-N). Spektrum FTIR sampel daging sapi dapat dilihat pada gambar 1.b.

Terdapat perbedaan antara daging sapi yang tidak direaksikan secara enzimatik dengan yang telah direaksikan. Pada spektrum FTIR daging sapi enzimatik dengan bobot enzim 0,05 gram, 0,15 gram dan 1,5 gram menghasilkan pergeseran serapan pada vibrasi ulur ikatan CH_3 pada bilangan gelombang 2851 cm^{-1} yang tidak ditemukan pada daging sapi dengan bobot enzim 0,075 gram, 0,3 gram dan 3 gram. Pita serapan pada bilangan gelombang 2872 cm^{-1} yang menunjukkan adanya regang CH_3 simetris hanya muncul pada sampel daging sapi enzimatik bobot enzim 3 gram.



Ket : Spektrum 1 (tanpa enzim) ; spektrum 2 (0,05 gram enzim) ; spektrum 3 (0,075 gram enzim) ; spektrum 4 (0,15 gram enzim) ; spektrum 5 (0,3 gram enzim) : spektrum 6 (1,5 gram enzim) : spektrum 7 (3 gram enzim)

Gambar 1. Spektrum FTIR daging sapi (a) dan daging babi (b) basah

Spektrum FTIR Daging Babi

Pada spektrum FTIR semua sampel daging babi menghasilkan pita serapan pada bilangan gelombang 3000-3600 cm^{-1} yang menunjukkan adanya regang O-H, terdapat serapan pada bilangan gelombang 1600-1670 cm^{-1} yang menunjukkan serapan amida I (vibrasi regang C=O), serta terdapat serapan pada bilangan gelombang 1480-1575 cm^{-1} yang menunjukkan serapan amida II (ikatan N-H dan regang C-N). Spektrum sampel daging babi dapat dilihat pada gambar 1a. Terdapat perbedaan antara daging babi yang tidak direaksikan secara enzimatis dengan yang telah direaksikan. Pada daging enzimatis dengan bobot enzim 0,05 gram memiliki perbedaan dibandingkan spektrum sampel lain karena tidak memiliki pita serapan pada bilangan gelombang 2961 cm^{-1} , 2875 cm^{-1} , 2853 cm^{-1} . Selain itu sampel daging babi enzimatis dengan bobot enzim 0,3 gram juga tidak memiliki serapan pada bilangan gelombang 2875 cm^{-1} dan 2853 cm^{-1} .

Perbedaan Spektrum FTIR Daging Sapi dan Daging Babi Keadaan Basah

Tanpa Enzimatis

Pada spektrum FTIR daging sapi dan daging babi tanpa enzimatis tidak terdapat perbedaan serapan inframerah, terlihat pada Gambar 2(a).

Enzimatis 0,05 gram

Pada spektrum daging sapi dan daging babi enzimatis dengan bobot enzim

0,05 gram, memiliki perbedaan bentuk spektrum. Pada spektrum daging sapi terdapat serapan pada bilangan gelombang 2872 cm^{-1} dan 2851 cm^{-1} , tetapi kedua serapan tersebut tidak ditemukan pada daging babi. Perbandingan spektrum daging sapi dan daging babi enzimatis dengan bobot enzim 0,05 gram dapat dilihat pada Gambar 2(b).

Enzimatis 0,075 gram

Pada spektrum FTIR daging sapi dan daging babi enzimatis dengan bobot enzim 0,075 gram terdapat perbedaan bentuk spektrum. Pada spektrum daging sapi terdapat serapan pada bilangan gelombang 2956 cm^{-1} , 2916 cm^{-1} dan 2851 cm^{-1} , tetapi kedua serapan tersebut tidak ditemukan pada daging babi. Perbandingan spektrum daging sapi dan daging babi enzimatis dengan bobot enzim 0,075 gram dapat dilihat pada Gambar 2(c).

Enzimatis 0,15 gram

Pada spektrum FTIR daging sapi dan daging babi enzimatis dengan bobot enzim 0,15 gram tidak terdapat perbedaan yang dapat teramati antara spektrum daging sapi dan spektrum daging babi seperti terlihat pada Gambar 2(d).

Enzimatis 0,3 gram

Pada spektrum FTIR daging sapi dan daging babi enzimatis dengan bobot enzim 0,3 gram terdapat perbedaan serapan bilangan gelombang yang muncul pada

daging sapi dan daging babi. Perbedaan serapan ini ditandai dengan adanya pergeseran spektrum daging sapi dan daging babi. Daging sapi menghasilkan pita serapan pada bilangan gelombang 2959 cm^{-1} , sedangkan pada spektrum daging babi serapan bergeser pada bilangan gelombang 2962 cm^{-1} . Begitu pula pada serapan daging sapi pada bilangan gelombang 2872 cm^{-1} , sedangkan pada daging babi mengalami pergeseran serapan pada bilangan gelombang 2875 cm^{-1} . Terakhir, daging sapi menghasilkan serapan pada bilangan gelombang 2585 cm^{-1} , sedangkan pada daging babi tidak terdapat serapan pada bilangan gelombang tersebut. Spektrum dari daging enzimatik 0,3 gram dapat dilihat pada Gambar 2(e).

Enzimatik 1,5 gram

Spektrum daging sapi dan daging babi enzimatik dengan bobot enzim 1,5 gram tidak terdapat perbedaan pada pola dan bentuk spektrum FTIR. Spektrum dari daging enzimatik 1,5 gram dapat dilihat pada Gambar 2(f).

Enzimatik 3 gram

Pada spektrum FTIR daging sapi dan daging babi enzimatik bobot 3 gram terdapat perbedaan antara kedua spektrum. Pada daging sapi muncul serapan pada bilangan gelombang 1735 cm^{-1} dan 1175 cm^{-1} , tetapi pada daging babi tidak terdapat serapan pada bilangan gelombang tersebut.

Spektrum dari daging enzimatik 3 gram dapat dilihat pada Gambar 2(g).

Analisis Spektrum FT-R Daging Sapi dan Daging Babi Dalam Keadaan Kering ***Spektrum FTIR Daging Sapi Kering***

Semua spektrum FTIR daging sapi kering menghasilkan pita serapan pada bilangan gelombang $3000\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan regang O-H, terdapat serapan inframerah pada bilangan gelombang $1600\text{-}1670\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan serapan amida I (vibrasi regang C=O), serta terdapat serapan inframerah pada bilangan gelombang $1480\text{-}1575\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan serapan amida II (ikatan N-H dan regang C-N). Spektrum FTIR daging sapi kering dapat dilihat pada Gambar 3.

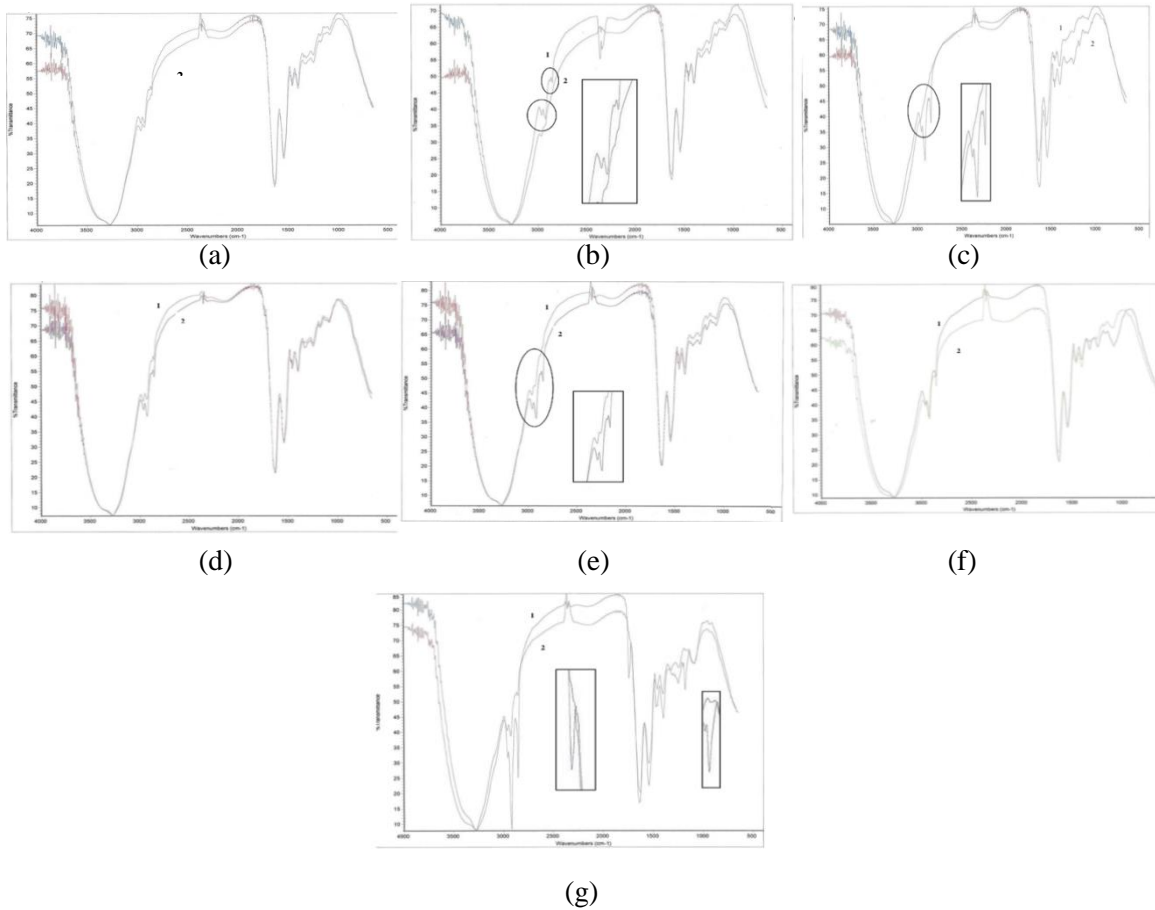
Spektrum FTIR Daging Babi Kering

Semua spektrum FTIR daging babi kering menghasilkan pita serapan inframerah pada bilangan gelombang $3000\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan regang ikatan O-H, terdapat serapan pada bilangan gelombang $1600\text{-}1670\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan serapan amida I (vibrasi regang C=O), serta terdapat serapan inframerah pada bilangan gelombang $1480\text{-}1575\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan serapan amida II (ikatan N-H dan regang C-N).

Terdapat juga beberapa serapan yang muncul secara khas, seperti pada spektrum daging sapi kering enzimatik dengan bobot enzim 0,15 gram, 0,3 gram,

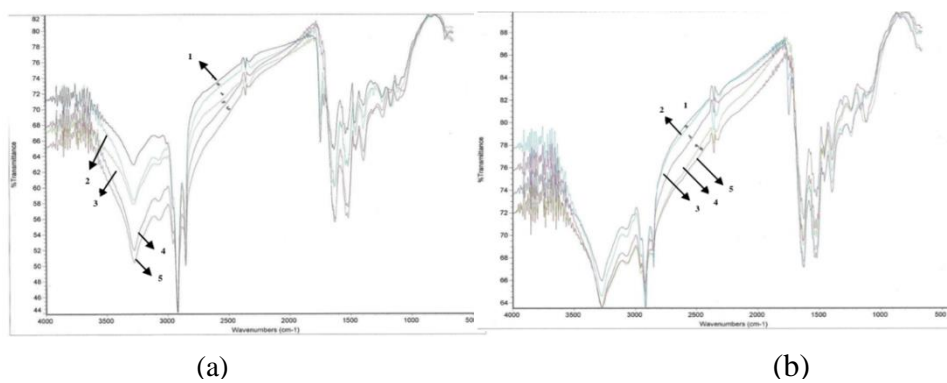
dan 1,5 gram menghasilkan pita serapan inframerah pada bilangan gelombang 2872 cm^{-1} yang menunjukkan *stretching* CH_3

simetris, spektrum daging babi kering dapat dilihat pada Gambar 3.



Ket : Spektrum 1 (daging sapi); spektrum 2 (daging babi)

Gambar 2. Spektrum FTIR daging sapi dan daging babi, (a) tanpa enzim (b) enzimatik 0,05 gram (c) enzimatik 0,075 gram (d) enzimatik 0,15 gram (e) enzimatik 0,3 gram (f) enzimatik 1.5 gram (g) enzimatik 3 gram



Ket : Spektrum 1 (0,3 gram enzim); spektrum 2 (tanpa enzim); spektrum 3 (3 gram enzim); spektrum 4 (0,15 gram enzim); spektrum 5 (1,5 gram enzim)

Gambar 3. Spektrum FTIR daging sapi (a) dan babi (b) kering

Perbedaan Spektrum FTIR Daging Sapi dan Daging Babi Kering

Tanpa enzimatik

Hasil spektrum FTIR daging sapi dan babi kering yang tidak direaksikan enzimatik menunjukkan perbedaan pada bilangan gelombang serapan, dimana pada daging sapi muncul pita serapan pada bilangan gelombang 2851 cm^{-1} , sedangkan pada daging babi serapan tersebut mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 2849 cm^{-1} . Spektrum FTIR daging sapi dan tanpa reaksi enzimatik dapat dilihat pada Gambar 4.

Enzimatik 0,15 gram

Hasil spektrum FTIR daging sapi dan babi kering enzimatik bobot enzim 0,15 gram menunjukkan terdapat perbedaan pada bilangan gelombang serapan, dimana pada daging sapi muncul pita serapan pada bilangan gelombang 2872 cm^{-1} , sedangkan pada daging babi serapan tersebut mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 2871 cm^{-1} . Spektrum FTIR daging sapi dan babi enzimatik bobot 0,15 gram dapat dilihat pada Gambar 4(a).

Enzimatik 0,3 gram

Hasil spektrum FTIR daging sapi dan babi kering enzimatik dengan bobot enzim 0,3 gram menunjukkan perbedaan pola dan bentuk spektrum. Pada daging sapi menghasilkan pita serapan di bilangan gelombang 2872 cm^{-1} yang menunjukkan adanya regang CH_3 simetris, tetapi puncak

ini tidak dimiliki oleh daging babi. Daging sapi juga menghasilkan serapan pada daerah sidik jari (*fingerprint region*), yaitu pada bilangan gelombang 717 cm^{-1} , sedangkan daging babi tidak memiliki serapan pada bilangan gelombang tersebut. Spektrum FTIR daging sapi dan babi enzimatik bobot 0,3 gram dapat dilihat pada Gambar 4(b).

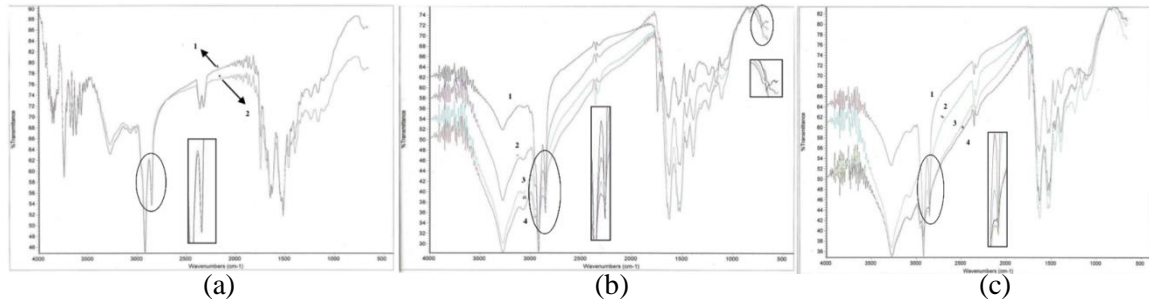
Enzimatik 1,5 gram dan 3 gram

Spektrum FTIR sampel daging sapi dan daging babi kering enzimatik 1,5 gram memiliki beberapa perbedaan pola dan bentuk spektrum. Daging babi kering menghasilkan serapan pada bilangan gelombang 2872 cm^{-1} yang menunjukkan *stretching* CH_3 simetris, sedangkan pada daging sapi serapan tersebut bergeser pada bilangan gelombang 2870 cm^{-1} .

Berbeda dengan sampel daging kering enzimatik dengan bobot 3 gram, spektrum yang dihasilkan tidak menunjukkan adanya perbedaan antara daging sapi dan babi. Spektrum FTIR terlihat pada Gambar 4(c).

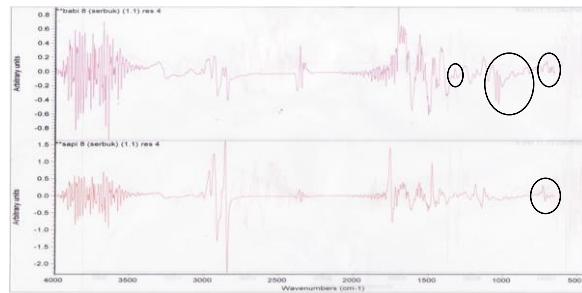
Analisis Spektrum FTIR *First Derivative* Daging Sapi Dan Daging Babi

Hasil analisis spektrum FTIR daging sapi dan daging babi berdasarkan *repeatabilitas* dan analisis gugus fungsi dari masing-masing preparasi sampel menunjukkan perbedaan. Sampel daging enzimatis dengan bobot enzim 0,3 gram hasil pengeringan menunjukkan perbedaan pola dan bentuk spektrum paling signifikan.



Ket : Spektrum 1 (daging sapi) ; spektrum 2 (daging babi)

Gambar 4. Spektrum FTIR daging sapi dan daging babi kering : (a) tanpa enzim (b) enzimatik 0,15 gram dan 0,3 gram (c) enzimatik 1,5 gram dan 3 gram



Ket :Spektrum atas (daging babi) ; spektrum bawah (daging sapi)

Gambar 5. Spektrum FTIR *first derivative* daging sapi dan daging babi kering dengan bobot enzim 0,3 gram

Untuk memudahkan pengamatan perbedaan bentuk dan pola spektrum, dilakukan analisis lanjutan menggunakan metode *first derivative*. Metode ini dapat mempertajam spektra khas, dan memberikan hasil yang lebih jelas terhadap puncak-puncak yang bertumpukan. Hasil analisis spektrum FTIR *first derivative* daging sapi dan daging babi dapat dilihat pada Gambar 5.

Spektrum FTIR daging sapi dan daging babi *first derivative* menunjukkan beberapa perbedaan serapan. Pada spektrum FTIR daging babi muncul serapan pada bilangan gelombang 1318 cm^{-1} , 1019 cm^{-1} –1066 cm^{-1} , 705 cm^{-1} , 681 cm^{-1} , sedangkan pada daging sapi puncak-puncak tersebut tidak muncul.

Pada spektrum FTIR *first derivative* daging sapi muncul serapan bilangan gelombang pada daerah sidik jari yaitu pada 726 cm^{-1} yang tidak dimiliki oleh daging babi.

SIMPULAN

Dari hasil analisis spektrum FTIR dari daging sapi dan daging babi hasil reaksi enzimatik menunjukkan bahwa spektrum utama FTIR daging sapi dan daging babi dari ketujuh preparasi sampel menghasilkan spektrum yang relatif *repeatable*. Spektrum utama FTIR hasil reaksi enzimatik dengan preparasi bobot enzim 0,3 gram yang dikeringkan dengan oven menunjukkan perbedaan pada daerah sidik jari dan dipertegas dengan spektrum

derivatif pertama pada bilangan gelombang 1318 cm^{-1} , 1019 cm^{-1} – 1066 cm^{-1} , 705 cm^{-1} , 681 cm^{-1} yang tidak ditemukan pada daging sapi.

Hasil analisis data *first derivative* pada spektrum utama FTIR hasil reaksi enzimatis dengan preparasi bobot enzim 0,3 gram kemudian dikeringkan dengan oven menunjukkan perbedaan yang signifikan dan dapat menjadi pita serapan inframerah yang khas untuk membedakan daging sapi dan daging babi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiati, Fifi. 2009. *Pilih-pilih Daging Asuh*. Dalam *Biotrends* (Fifi Afiati, ed), Vol .4(1) : 19-25. Jakarta: Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI.
- Anjarsari, B. 2010. *Pangan Hewan Fisiologi Pasca Mortem dan Teknologi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Barth, Andreas. 2007. "Infrared Spectroscopy of Proteins." *Biochemica et Biophysica Acta*. hal. 1073-1101
- DeMan, John M. 1997. *Kimia Makanan*, edisi kedua. Diterjemahkan oleh : Kosasih Padmawinata. Bandung: ITB.
- Fibriana, Fidia. 2010. "Deteksi Kandungan Daging Babi pada Bakso yang Dijajakan di Pusat Kota Salatiga Menggunakan Teknik *Polymerase Chain Reaction*." *Biosaintifika*, Vol 2 (1): 1-17.
- Irfan, O., Ilhak, Ali, Arslan. 2007. "Idenification of Meat Species by Polymerase Chain Reaction (PCR) Technique." *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 31(3): 159-163.
- Jilie, K., and Shaoning, Yu. 2007. "Fourier Transform Infrared Spectroscopy Anaysis of Protein Secondary Structures". *Acta Biochemica et Biophysica Sinica*.39(8):549-559.
- Kusumastuti, Ari. 2011. "Pengenalan Pola Gelombang Khas Dengan Interpolasi." *Jurnal CAUCHY*, Vol 2(1): 7-12.
- Riesmawati, Yulia. 2014. Studi Spektrum Derivatif FTIR dari Daging Sapi dan Daging Babi. *Skripsi*. Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia, Bandung.
- Yulia, Lhoppy. 2011. Identifikasi Pola Khas Spektra Infra Merah Daging Sapi Dan Babi Rebus Menggunakan Metode Second Derivat (2D). *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Rohman, Abdul., Ibnu, Gholib. 2007. *Metode Kromatografi Untuk Analisis Makanan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.