

ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN LDA (*LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS*) DAN PLS (*PARTIAL LEAST SQUARE*) DARI SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK SAWIT BERBASIS DATA FTIR

SKRIPSI

Oleh:

ATHI INAYAH

NIM. 14640001



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN LDA (*LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS*) DAN PLS (*PARTIAL LEAST SQUARE*) DARI SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK SAWIT BERBASIS DATA FTIR

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

ATHI INAYAH

14640001

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

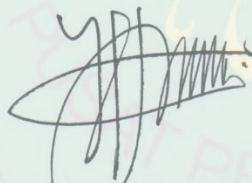
ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN LDA (*LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS*) DAN PLS (*PARTIAL LEAST SQUARE*) DARI SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK SAWIT BERBASIS DATA FTIR

SKRIPSI

Oleh:
Athi Inayah
NIM.14640001

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal: 27 September 2018

Pembimbing I



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002


Pembimbing II



Umaiatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005



Mengetahui,
Ketua Jurusan


Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

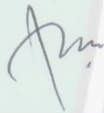
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN LDA (*LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS*) DAN PLS (*PARTIAL LEAST SQUARE*) DARI SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK SAWIT BERBASIS DATA FTIR

SKRIPSI


Oleh:
Athi Inayah
NIM. 14640001

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 27 September 2018

Penguji Utama	:	<u>Farid Samsu Hananto, MT</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	:	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	:	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	:	<u>Umairatus Syarifah, M.A.</u> NIP. 19820925 200901 2 005	



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika


Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Athi Inayah

NIM : 14640001

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Kemometrik Menggunakan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*) dari Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit Berbasis Data FTIR

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 27 September 2018
Yang Membuat Pernyataan,



Athi Inayah
14640001

MOTTO

“YOU BELIEVE IF YOU CAN BELIEVE DO IT”

“ Semua Mimpimu Akan Terwujud Asalkan Kamu Punya Keberanian Untuk Mengejanya”
(Walt Disney)

“ Jangan Pernah Menyerah, Karena ada Tempat dan Saat Dimana Ombak Paling Tinggi Sekalipun Akan Berbalik Arah”
(Harriet Beecher Stowe)

“ MAN JADDA WA JADDA”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segenap hati kucurahkan rasa syukur yang begitu besar pada Allah SWT skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya Abah Rofi Usyani dan Mamah Rokhilah yang segenap hati memeberikan doa dan dukungan baik materil dan non materil, yang selalu memotivasi untuk terus maju dan tidak menyerah, selalu menghapus air mata duka dan lara. Terima asih atas pengorbanan dan kasih sayang tanpa batas. Saya sangat bersyukur dikirimkan oleh Allah dua Malaikat terbaik di dunia ini

Suamiku Tercinta, Aulia Rachman Terimakasih atas segala Ridho yang engkau berikan, tanpa Ridho dan keikhlasanmu yang begitu besar aku tak mungkin bisa mencapai titik ini. Selalu mendukungku dan menjadi tempat curhatku yang nasehatnya selalu menjadi penyejuk hati dan selalu menjadi imam yang menuntunku menjadi insan yang lebih baik lagi.

Adikku tersayang Muhammad Arif Maulana, yang senantiasa mendoakanku dan menjadikanku berusaha menjadi kakak yang bisa memberikan contoh terbaik.

Terimakasih kuucapkan, UHIBBUKUM FILLAH

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puja dan puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Yang Maha Esa yang telah memberikan taufik dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Kemometrik Menggunakan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*) dari Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit Berbasis Data FTIR” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dapat terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan partisipasi dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik dan benar, oleh karena itu tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. Prof. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku pembimbing yang memberi pengarahan, petunjuk dan pembimbing skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing agama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dibidang integrasi sains, al quran dan Hadist.
6. Segenap dosen, laboran, admin dan karyawan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua saya tercinta Bapak Rofi Usyani dan Ibu Rokhilah serta suamiku Aulia Rachman semua anggota keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan material serta restu dan doa disetiap langkah penulis.

8. Team sensor Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya Sigma Nur Rismawati yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir.
9. Teman-teman mahasiswa Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, khususnya mahasiswa fisika Fakultas Sains dan Teknologi angkatan 2014.
10. Teman-teman PPTQ AL-FALAH yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta doa selama proses menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman BIOFISIKA yang telah berjuang bersama selama proses perkuliahan.
12. Serta semua pihak yang telah berkenan memberikan bantuan dan dorongan serta kerja sama yang baik, sehingga skripsi ini selesai dengan baik.

Penulis merasa bahwa penulisan skripsi ini banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kesalahan, baik dalam segi penulisan, pembahasan, dan penyusunannya kurang rapi. Maka dari itu, besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca.

Wassalamualaikum. Wr. Wb

Malang, 27 September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 Kajian Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Lemak dan Minyak	9
2.2.2 Minyak Sawit	13
2.2.3 Minyak Babi	16
2.2.4 Spektroskopi FTIR	17
2.2.5 Kemometrik	24
2.2.6 Kajian Integrasi Sains dan Islam	32
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1 Jenis Penelitian	38
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	38
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	39
3.3.1 Alat	39
3.3.2 Bahan	39
3.4 Prosedur Kerja	40
3.4.1 Pengukuran FTIR	41
3.4.2 Analisis Data	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Preparasi Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit	44
4.2 Hasil Uji Sampel Menggunakan FTIR	45
4.2.1 Analisis Hasil FTIR Minyak Babi dan Minyak Sawit	48
4.2.2 Analisis Hasil FTIR pada Campuran Babi dan Minyak Sawit	52
4.3 Analisis Kemometrik LDA dan PLS	53
4.3.1 Analisis Kemometrik LDA	54
4.3.2 Analisis Kemometrik PLS	70

BAB V PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	40
Gambar 3.2 Gelombang yang Dihasilkan dari Pengukuran FTIR	41
Gambar 3.3 Hasil Analisis LDA (<i>Linear Discriminant Analysis</i>)	42
Gambar 3.4 Hasil Analisis PLS (<i>Partial Least Square</i>)	43
Gambar 4.1 Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit dengan Konsentrasi Berbeda	44
Gambar 4.2 Hasil Spektrum FTIR Minyak Babi, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya.....	47
Gambar 4.3 Hasil Spektrum Minyak Babi dan Minyak Sawit Murni.....	48
Gambar 4.4 Hasil Spektrum FTIR Minyak Campuran Minyak Babi dan Minyak Sawit dengan Konsentrasi Berbeda	52
Gambar 4.4 <i>Score Plot</i> LDA.....	68
Gambar 4.5 Validasi PLS Minyak Babi Murni, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya	72
Gambar 4.6 Kalibrasi PLS Minyak Babi Murni, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Tebal Tempurung Varietas Kelapa Sawit	14
Tabel 2.2	Nilai Konversi Buah Kelapa Sawit	15
Tabel 2.3	Sifat Fisika Kimia Minyak Babi.....	17
Tabel 2.4	Penggolongan Sinar Berdasarkan Panjang Gelombang	18
Tabel 2.5	Daerah Spektrum Inframerah	19
Tabel 2.6	Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Babi	23
Tabel 2.7	Gugus Fungsi dari Puncak Absorbansi dalam Spektrum FTIR dari Minyak Babi dan Minyak Inti Kelapa Sawit.....	24
Tabel 2.8	Kelompok Gugus Fungsi Serapan pada Minyak Sawit.....	24
Tabel 3.1	Tabel Hasil Penelitian dengan Menggunakan FTIR	43
Tabel 4.1	Konsentrasi Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit dan Campuran Keduanya	44
Tabel 4.2	Pita Serapan Inframerah	46
Tabel 4.3	Gugus Fungsi Minyak Babi Murni.....	49
Tabel 4.4	Gugus Fungsi Minyak Sawit Murni	49
Tabel 4.5	Gugus Fungsi Campuran Minyak Babi dan Minyak Sawit.....	53
Tabel 4.6	Data Puncak bilangan Gelombang FTIR untuk Analisis LDA	55
Tabel 4.7	<i>Group Statistik</i>	56
Tabel 4.8	<i>Test of Equality of Group Means</i>	59
Tabel 4.9	<i>Stepwise Method</i>	62
Tabel 4.10	<i>Eigenvalues</i>	63
Tabel 4.11	<i>Classification Function Coefficients</i>	64
Tabel 4.12	<i>Wilk's Lambda</i>	66
Tabel 4.13	<i>Functions at Grup Centeroids</i>	66
Tabel 4.14	<i>Classification Results</i>	67
Tabel 4.15	Nilai Keباikan Kalibrasi dan Validasi Model PLS	73

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar Hasil FTIR
- Lampiran 2 Hasil SPSS Analisis LDA
- Lampiran 3 Lembar Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Inayah, Athi. 2018. **Analisis Kemometrik Menggunakan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*) dari Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit Berbasis Data FTIR**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

Kata kunci: FTIR, Kemometrik, LDA, PLS

Minyak sawit merupakan kebutuhan pangan pokok masyarakat dan sering digunakan untuk mengolah bahan pangan, akan tetapi untuk menekan harga produksi suatu bahan pangan memungkinkan adanya penggunaan minyak sawit yang tidak murni, salah satunya bisa dicampur dengan minyak babi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan spektrum FTIR dari minyak sawit dan minyak babi serta campuran keduanya dengan konsentrasi yang berbeda dengan menggunakan analisis kemometrik berbasis LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*). Spektrum spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) sebagai sensor yang belum mampu membedakan antara minyak babi dan minyak sawit serta campuran keduanya, sehingga diperlukan analisis kemometrik. Data LDA diolah dengan menggunakan metode *stepwise* untuk memilih variabel diskriminan yang memiliki kontribusi dalam fungsi diskriminan. Dari data LDA didapat fungsi diskriminan 1 dengan nilai varian sebesar 99.3% sedangkan fungsi diskriminan 2 memiliki kontribusi dengan nilai varian sebesar 0.07% yang artinya fungsi diskriminan 1 lebih dominan mampu membedakan antar kelompok minyak. Sedangkan analisis PLS sudah baik, hal tersebut dapat dilihat dari nilai R² dan rendahnya nilai kesalahan validasi (RMSECV) dan kesalahan kalibrasi (RMSE).

ABSTRACT

Inayah, Athi. 2018. **The Analysis of Chemometrics with LDA (Linear Discriminant Analysis) and PLS (Partial Least Square) from Samples of lard and Palm Oil based on Data FTIR**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: Dr. Imam Tazi, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

Key word: FTIR, Chemometrics, LDA, PLS

Palm oil is the basic necessities of the community that often used to process food. In the other hand, the some producers often use impure palm oil to push down price production of foodstuff. Usually palm oil is mixed with lard. This research aims to analyze the difference of FTIR spectrum of palm oil and lard with mixing both of oils with different concentrations by using chemometrics based on analysis of LDA (Linear Discriminant Analysis) and PLS (Partial Least Square). Spectrum Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) as sensor which is not able to distinguish between lard, palm oil and its mixture, so chemometric analysis is needed. LDA data are processed by using a method stepwise to select the discrimination variable which has a contribution in discrimination function. From data obtained of the discrimination function LDA 1 variant with a value amounting to 99.3% whereas discrimination function 2 has a huge contribution with the value of the variant of 0.07% which means that the discrimination function 1 more dominant able to distinguish between groups of oil. While, PLS analysis was already good, it can be seen from the value of R² and low value validation errors (RMSECV) and the calibration error (RMSE).

ملخص البحث

عناية، أعطي. 2018. تحليل كيموميترك باستخدام LDA (*Linier Discriminant Analysis*) و PLS (*Partial Least Square*) من العينة لزيت الخنزير وزيت النخيل على أساس بيانات FTIR. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرف الأول: الدكتور إمام تزي الماجستير. المشرفة الثانية: أمية الشريفة الماجستير.

الكلمات المفتاحية: FTIR، كيموميترك، LDA، PLS

يعتبر زيت النخيل من الاحتياجات الغذائية الأساسية للمجتمع، وكثيراً ما يستخدم في تجهيز المواد الغذائية، لكن لأجل ضغط ثمن إنتاج المواد الغذائية يمكن وجود استخدام زيت النخيل غير نقي، وأحدهما يخلط بزيت الخنزير. يهدف هذا البحث إلى تحليل الاختلافات لطيف الضوء FTIR من زيت النخيل وزيت الخنزير ومزيج من كلاهما بتركيز مختلف ثم يتحد أو يجمع بينهما باستخدام التحليل كيموميترك على أساس *Linier Discriminant Analysis* (LDA) و *Partial Least Square* (PLS). طيف ضوء *Fourier Transform Infrared* (FTIR) نحو رقيب الذي لم يحرك للتمييز بين زيت الخنزير وزيت النخيل ومزيج من من كلاهما حتى يحتاج طريقة كيموميترك لمعرفة اختلافهما. يرعى LDA باستخدام طريقة التدرج لاختيار المتغير التمييزي الذي لها مساهمة في وظيفة التمييزية. نتائج LDA التي حصلت عليها وهي وظيفة تمييزية 1 بنتيجة متباينة 99,3% أما وظيفة التمييزية 2 لها مساهمة بنتيجة متباينة 0,07%. بمعنى أن وظيفة التمييزية 1 أكثر لقدرة على التمييز بين مجموعات النفط أو الزيت. أما تحليل PLS جيد، ويرى ذلك من النتيجة R2 ورديل خطأ التحقق (RMSECV) وخطأ المعايرة (RMSE).

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makanan merupakan salah satu kebutuhan utama dalam hidup manusia. Makanan dibutuhkan untuk kelangsungan hidup manusia. Berdasarkan data BPS (2010) Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk 237.641.326 jiwa dan mayoritas penduduknya beragama Islam, maka masalah kehalalan dalam kebutuhan pangan menjadi prioritas utama.

Seiring dengan berkembangnya zaman banyak problematika yang muncul, apalagi banyaknya makanan impor yang masuk ke Indonesia. Hal tersebut menjadi kekhawatiran bagi masyarakat, karena tidak semua makanan impor memiliki label halal. Dari permasalahan tersebut dapat diambil contoh yaitu adanya unsur babi dalam suatu makanan atau produk, seperti halnya minyak babi yang bisa dijadikan bahan campuran karena harganya yang lebih murah dan terjangkau dan mengurangi harga bahan produksi sehingga produsen akan memperoleh keuntungan yang tidak sedikit.

Keaslian atau autentikasi makanan termasuk minyak dan lemak juga deteksi pemalsuan makanan merupakan isu besar dalam bidang makanan, tidak hanya bagi produsen tetapi bagi konsumen dan pemerintah. Pendeteksian pemalsuan makanan menjadi hal penting sebagai perlindungan kesehatan, karena akan menjadi hal yang serius apabila salah dalam mengonsumsi akan memengaruhi kesehatan dan berakibat kematian (Rohman & Che Man, 2012).

Masalah kehalalan dalam suatu produk menjadi isu yang beredar dalam masyarakat, hal tersebut akibat dari kurangnya perhatian dari pemerintah dalam pengawasan peredaran produk. Sejauh ini, pemerintah Indonesia melalui SK bersama (LPPOM MUI, Depag, dan BPOM Depkes) sudah mencanangkan jaminan halal yang dijadikan dalam bentuk sertifikat halal. Akan tetapi, dalam pelaksanaannya di lapangan banyak ditemui berbagai kendala salah satunya tidak adanya metode yang efektif untuk menganalisa suatu produk yang benar-benar menunjukkan jika produk tersebut sudah memenuhi kriteria kehalalan (Apriyanto, 2001).

Minyak dan lemak merupakan zat makanan yang penting untuk kesehatan tubuh manusia. Lemak dan minyak juga sumber energi yang lebih efektif dibandingkan karbohidrat dan protein. Minyak dan lemak khususnya minyak nabati mengandung asam-asam yang bisa mencegah penyempitan pembuluh darah akibat kolesterol. Minyak dan lemak berfungsi sebagai sumber juga pelarut vitamin seperti A, D, E dan K (Winarno, 2004).

Minyak babi merupakan hasil dari olahan daging babi yang dimasak untuk mendapatkan minyaknya. Sains modern menetapkan bahwa daging babi dapat menyebabkan berbagai penyakit, karena mengandung sebagian besar minyak yang kompleks yang menyebabkan nyeri pada sendi dan rematik. Dalam studi kasus di Amerika angka kematian mencapai 5% sampai 35% disebabkan oleh cacing yang terdapat dalam daging babi. Ditambah fakta bahwa babi banyak memakan makanan yang najis, jadi baik daging maupun minyaknya akan memiliki kualitas yang tidak bagus (Al Baghdadi, 2002).

Informasi mengenai makanan ataupun produk yang mengandung daging babi sudah menyebar luas dalam masyarakat. Sebagai orang awam tentunya akan susah mendeteksi makanan atau produk yang mengandung minyak babi ataupun tidak. Selama ini, masyarakat hanya berpatokan pada label halal yang terdapat dalam produk, sedangkan makanan yang mengandung unsur babi meskipun dalam jumlah kecil dianggap haram. Larangan memakan daging babi ataupun makanan yang mengandung unsur babi termuat dalam surat al-Baqarah (2): 173.

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ فَمَنْ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ
وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

“Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang” (Q.S al-Baqarah (2): 173).

Kata " لحم الخنزير " memiliki arti daging babi, akan tetapi maknanya lebih luas lagi yaitu seluruh anggota tubuh yang dapat dimakan dari babi, baik daging, lemak, tulang yang dicincang bersama dengan dagingnya (Hamka, 2004).

Problematika pencampuran minyak babi dengan minyak sawit dalam masyarakat sudah sering terjadi. Pemalsu menggunakan cara yang tidak halal untuk mengurangi biaya produksi dengan cara mencampurkan minyak bernilai tinggi dengan minyak yang bernilai rendah. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan analisis untuk mendeteksi minyak secara cepat dan akurat untuk mencegah pemalsuan.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Che, dkk (2011) FTIR digunakan untuk mendeteksi dan kuantifikasi beberapa minyak nabati yang dicampurkan dengan minyak babi. Analisis FTIR dikombinasikan dengan analisis kemometrik berupa PLS (*Partial Least Square*) dan DA (*Discriminant Analysis*). Kalibrasi PLS berhasil dalam kuantifikasi lemak babi dalam campuran dengan minyak nabati, sedangkan DA mampu mengelompokkan campuran minyak babi dan minyak nabati.

Penelitian yang dilakukan Saraiva (2017) yaitu potensi FTIR untuk mendeteksi dan memprediksi beban bakteri ikan salmon filet yang disimpan pada suhu tertentu dengan variasi tiga kondisi kemasan yaitu *Air Packaging* (AP) dan dua modifikasi suhu atmosfer dengan jus lemon (MAPL) dan tanpa jus lemon (MAP). Sampel salmon segar secara berkala diperiksa selama total layak hitungan (TVC), SSO untuk mengidentifikasi organisme yang menyebabkan pembusukan, pH, FTIR dan sensor kesegaran. Analisis PCA untuk mengidentifikasi panjang gelombang yang berhubungan dengan proses pembusukan dan LDA untuk mendukung data sensor untuk mengidentifikasi sampel ikan salmon segar.

Pada penelitian ini akan di lakukan analisis kemometrik minyak babi dan minyak sawit dengan menggunakan data *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk menentukan perbedaan antara minyak babi dan minyak sawit dilihat dari puncak gelombang yang dihasilkan dengan analisis kemometrik LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara untuk menganalisis perbedaan antara minyak babi dan minyak sawit menggunakan data *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode kemometrik LDA dan PLS ?
2. Bagaimana hasil dari analisis perbedaan antara minyak babi dan minyak sawit menggunakan data *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode kemometrik LDA dan PLS?
3. Seberapa besar kontribusi analisis kemometrik LDA dan PLS terhadap proses klasifikasi dari sampel minyak babi dan minyak sawit?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Dapat mengetahui cara untuk menganalisis perbedaan antara minyak babi dan minyak sawit menggunakan data *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode Kemometrik LDA dan PLS.
2. Dapat mengetahui hasil analisis perbedaan antara minyak babi dan minyak sawit menggunakan data *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode Kemometrik LDA dan PLS.
3. Untuk mengetahui kontribusi analisis kemometrik LDA dan analisis PLS terhadap proses klasifikasi dari sampel minyak babi dan minyak sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui perbedaan antara minyak babi dan minyak sawit
2. Dapat membedakan pola puncak gelombang yang dihasilkan dari kedua sampel

3. Memberikan informasi tentang analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode kemometrik LDA dan PLS.

1.5 Batasan Masalah

1. Minyak yang digunakan sebagai sampel yaitu minyak babi dan minyak sawit.
2. Minyak sawit yang digunakan yaitu yang sebagian besar masyarakat menggunakannya.
3. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan untuk mendeteksi komposisi yang terkandung dalam sampel yang berguna untuk mengetahui absorbansi gelombang yang dihasilkan, bukan untuk meneliti kandungan gizi maupun yang lain.

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Minyak hewan banyak digunakan sebagai bahan campuran dalam makanan, karena mengandung nilai kalori tinggi dan lemak. Minyak hewan banyak diminati oleh masyarakat, namun dalam kenyataan terkadang banyak oknum yang menyalahgunakan, misalkan mencampur minyak sawit dengan minyak babi. Dari permasalahan itulah banyak dilakukan penelitian untuk membedakan antara minyak babi dengan minyak yang lain. Salah satu cara yang digunakan untuk membedakan minyak-minyak tersebut adalah dengan menggunakan analisis FTIR yang dikombinasikan dengan metode kemometrik.

Penelitian yang dilakukan oleh Che, dkk (2011) analisis FTIR dan kemometrik untuk membedakan minyak babi dan 16 jenis minyak lainnya. Pada penelitian ini menggunakan analisis PCA (*Principal Component Analysis*) dan CA (*Cluster Analysis*), dimana setiap gelombang yang dihasilkan akan menunjukkan nilai absorbansi sehingga dapat membedakan antara minyak satu dengan yang lain. Analisis PCA berguna untuk mengurangi dimensi pada grafik yang dihasilkan oleh FTIR, sedangkan CA digunakan untuk mengelompokkan jenis dari minyak berdasarkan kemiripan antar sampel.

Penelitian yang dilakukan oleh Lu & Ye (2011) menggunakan analisis data FTIR untuk membedakan keaslian minyak wijen cina. Pada penelitian ini menggunakan dua teknik yaitu *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA) dan *the Partial Least Squares Class Model* (PLSCM). PLS dan SIMCA

yang dimodifikasi dengan FTIR berguna untuk membedakan sebanyak enam puluh lima sampel minyak wijen dari hasil enam produksi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Vacawati, dkk. (2013) FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik untuk mendeteksi lemak babi yang dicampur dengan lemak ayam. Kalibrasi Multivariat yang digunakan yaitu *Partial Least Square* (PLS) untuk membentuk model kalibrasi, sedangkan *Discriminant Analysis* (DA) digunakan untuk analisis klasifikasi antara lemak ayam dengan lemak babi.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saraiva (2017) yaitu untuk mengetahui potensi FTIR untuk mendeteksi dan memprediksi beban bakteri ikan salmon filet yang disimpan pada suhu tertentu dengan menggunakan tiga kondisi kemasan yaitu *Air Packaging* (AP) dan dua modifikasi suhu atmosfer dengan jus lemon (MAPL) dan tanpa jus lemon (MAP). Sampel salmon segar secara berkala diperiksa selama total layak hitungan (TVC), SSO untuk mengidentifikasi organisme yang menyebabkan pembusukan, pH, FTIR dan sensor kesegaran. Analisis PCA untuk mengidentifikasi panjang gelombang yang berpotensi berhubungan dengan proses pembusukan dan LDA untuk mendukung data sensor yang akurat untuk mengidentifikasi sampel ikan salmon segar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rohman, dkk (2012) menggunakan spektroskopi inframerah yang digabungkan dengan metode kemometrik analisis diskriminan dan analisis *Multivariat Partial Least Square* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR) yang digunakan untuk menganalisis minyak kedelai dan minyak kelapa murni (VCO). Hasil penelitian menunjukkan hasil analisis

diskriminan tingkat keakurasiannya 100%, untuk analisis PLS lebih akurat untuk kuantifikasi minyak kedelai dalam VCO dibanding menggunakan PCR.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya antara lain (Ketaren, 1986):

1. Berasal dari tanaman

- a. Biji-bijian palawija seperti biji kapas, kacang, minyak jagung, *rape seed*, kedelai, wijen, dan biji bunga matahari
- b. Kulit buah tanaman seperti kelapa sawit dan minyak zaitun
- c. Biji-bijian tanaman tahunan seperti coklat, kelapa, inti sawit, *ba-bassu*, *cohune* dll.

2. Berasal dari hewan

- a. Susu hewan seperti lemak susu
- b. Daging hewan seperti lemak sapi dan turunannya, *oleo oil* dari *oleo stock*, *oleostearin*, *mutton talon* dan lemak babi
- c. Hasil laut seperti minyak ikan paus, ikan sarden dan sejenisnya.

Lemak nabati merupakan lemak yang bersifat tak jenuh dan cair pada suhu kamar sehingga disebut minyak. Berbeda dengan minyak sawit dan minyak inti sawit yang mengandung asam lemak rantai sedang, pada lemak hewani cenderung jenuh dan bersifat padat pada suhu kamar sehingga disebut lemak (Ketaren, 1986).

Lemak hewani disebut *sterol* karena mengandung banyak *sterol*. Sedangkan lemak nabati mengandung *fitosterol* dan banyak mengandung asam lemak tak

jenuh sehingga cenderung berbentuk cair. Lemak hewani ada yang berbentuk padat (lemak) yang berasal dari hewan darat seperti lemak susu, lemak babi, dan lemak sapi. Lemak yang berasal dari hewan laut seperti minyak ikan cod, minyak ikan *herring* berbentuk cair dan minyak ikan paus dan biasanya di sebut dengan minyak (Winarno, 2004).

Lemak nabati yang cair dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu: (a) *Drying Oil*, apabila mengering di udara akan membentuk lapisan keras. Contohnya minyak untuk cat atau pernis. (b) *Semi Drying Oil* contohnya minyak biji kapas, minyak jagung, dan minyak bunga matahari. (c) *Non Drying Oil* seperti minyak kelapa dan minyak kacang tanah. Pada lemak nabati padat merupakan minyak coklat dan “*sterain*” dari minyak kelapa sawit (Winarno, 2004).

Lemak dan minyak memiliki kemiripan dalam strukturnya, akan tetapi memiliki banyak keragaman dalam sifat-sifatnya antara lain (Gaman dan Sherrington, 1994):

1. Kelarutan

Minyak dan lemak tidak larut dalam air, karena adanya asam lemak berantai karbon panjang dan tidak ada gugus- gugus polar.

2. Pengaruh panas

Apabila lemak dipanaskan maka akan terjadi perubahan-perubahan pada titik suhunya, antara lain

- a. Titik Cair

Lemak akan mencair apabila dipanaskan. Lemak merupakan cairan trigliserida yang tidak memiliki titik cair yang jelas tetapi akan mencair

pada suatu rentang suhu tertentu. Pada umumnya lemak akan mencair pada suhu antara 30 °C dan 40 °C.

b. Titik Asap

Apabila lemak atau minyak dipanaskan dengan menggunakan suhu tertentu akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan kabut berwarna biru atau asap dengan karakteristik bau yang menyengat. Minyak dan lemak akan mengasap saat di atas suhu 200 °C dan minyak nabati memiliki titik asap yang lebih tinggi daripada minyak hewani.

c. Titik Nyala

Titik nyala lemak akan terjadi apabila lemak dipanaskan dengan suhu yang tinggi sampai menyala.

3. Plastisitas

Lemak akan bersifat plastis ketika mencapai suhu tertentu dan akan menjadi lunak sehingga dapat dioleskan. Plastisitas ini terjadi karena lemak merupakan campuran trigliserida yang memiliki titik-titik cair sendiri. Pada suatu suhu tertentu suatu lemak akan mencair dan sebagian bentuknya berupa kristal-kristal padat. Lemak mengandung kristal-kristal padat lemak yang mengandung kristal-kristal kecil akibat pada proses pendinginan cepat selama proses pengolahannya yang memberikan sifat plastis.

4. Ketengikan

Ketengikan merupakan suatu kerusakan pada lemak dan minyak. Pada proses ketengikan terdapat dua reaksi yang berperan penting, yaitu:

a. Oksidasi

Proses ini terjadi akibat hasil dari reaksi trigliserida tidak jenuh dan oksigen dari udara. Molekul oksigen bergabung pada ikatan ganda molekul trigliserida dan dibentuk dari banyak senyawa yang menimbulkan rasa tengik yang memiliki aroma tidak sedap. Reaksi ini dipengaruhi oleh panas, cahaya dan logam-logam dalam konsentrasi yang kecil seperti tembaga.

b. Hidrolisis

Enzim lipase akan menghidrolisis lemak dan terpecah menjadi gliserol dan asam lemak.

Lemak + air $\xrightarrow{\text{lipase}}$ Gliserol + asam lemak

Enzim lipase merupakan kandungan alami pada lemak dan minyak. Akan tetapi enzim dapat dinaktivasi melalui pemanasan. Enzim ini dihasilkan oleh mikroorganisme yang terkandung pada makanan berlemak.

Faktor lain yang menyebabkan ketengikan hidrolitik yaitu ketika lemak atau minyak dipanaskan dan mengandung air, seperti penggorengan yang lembab. Ketengikan tersebut dapat dikurangi dengan menyimpan lemak atau minyak dalam tempat yang dingin dan gelap dalam wadah logam.

Minyak dan lemak mengandung zat warna yang bisa menyerap cahaya spektrum. Dari warna ini dapat menentukan mutu minyak dan lemak. Untuk

menentukan sifat-sifat ini dengan menggunakan alat spektrofotometer inframerah (Ketaren, 1986).

2.2.2 Minyak Sawit

Kerajaan : *Plantae*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Liliopsida*

Ordo : *Arecales*

Famili : *Arecaceae*

Genus : *Elaeis*

Species : *Elaeis guineensis* dan *Elaeis oleifera*

Minyak kelapa sawit diperkenalkan pertama kali di Asia tenggara pada tahun 1848 ketika empat bibit pohon yang berasal dari Afrika Barat ditanam di *Buitenzorg Botanical Gardens* atau yang saat ini dikenal dengan nama kebun raya Bogor di Jawa, tetapi hal ini tidak serta merta menjadi akar dari munculnya industri kelapa sawit, bahkan pada saat itu pohon kelapa sawit hanya dijadikan tanaman hias oleh para petani tembakau (Ketaren, 1986).

Tanaman kelapa sawit berasal dari Nigeria, Afrika Barat kemudian menyebar luas ke daerah lain seperti Indonesia dan Malaysia. Minyak kelapa sawit diperoleh dari hasil pengolahan buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* JACQ). Secara botani kelapa sawit terdiri dari *pericarp*, *mesocarp*, *kernel* (inti sawit) dan *endocarp* (tempurung). Kelapa sawit memiliki empat tipe atau varietas yang dibedakan berdasarkan tipe tempurungnya antara lain *Macrocarpa*, *Dura*, *Tenera* dan *Pisifera* (Ketaren, 1986).

Kandungan dalam kelapa sawit kurang lebih 80% perikap dan 20% buah yang dilapisi kulit yang tipis, kadar minyak dalam perikap yaitu sekitar 34-40%. Daging buah berwarna putih kuning saat muda dan berwarna jingga ketika buah sudah matang. Minyak kelapa sawit merupakan lemak semi padat yang komposisinya tetap (Ketaren, 1986).

Tabel 2.1 Perbedaan Tebal Tempurung Varietas Kelapa Sawit (Ketaren, 1986).

Tipe	Tebal Tempurung (mm)
<i>Macrocarya</i>	Tebal sekali : 5
<i>Dura</i>	Tebal : 3 -5
<i>Tenera</i>	Sedang : 2 – 3
<i>Pisifera</i>	Tipis

Sumber minyak yang berasal dari kelapa sawit ada dua, yaitu daging buah dan inti buah kelapa sawit. Minyak yang diperoleh dari daging buah disebut dengan minyak kelapa sawit kasar (CPO), sedangkan minyak yang diperoleh dari biji buah disebut dengan minyak inti sawit (PKO) (Rondang, 2006).

Minyak inti sawit atau CPO mempunyai ciri-ciri fisik agak kental, berwarna kuning jingga kemerah-merahan. CPO yang telah dimurnikan mengandung Asam Lemak Bebas (ALB) sekitar 5% dan karoten atau pro-vitamin E (800-900 ppm). Sedangkan PKO mempunyai ciri-ciri fisik minyak berwarna putih kekuning-kuningan dengan kandungan asam lemak bebas sekitar 5% (Liang, 2009). Kandungan Minyak sawit dalam sel-sel serat adalah sekitar 20 – 24% dari berat tandan sawit, sedangkan minyak inti sawit sekitar 2 – 4 % (Salunkhe, 1992).

Minyak sawit dan minyak inti sawit bahannya didapatkan dari buah. Tandan buah yang matang sempurna merupakan buah yang baik. Rata-rata komposisi buah kelapa sawit yang segar dan matang tercantum dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Konversi Buah Kelapa Sawit (Ketaren, 1986).

Bagian Buah	Jumlah (Persen)	Dihitung dari 100%
Perikap (daging buah)	58-62	Buah sawit
Biji (<i>nut</i>)	37-43	Buah sawit
Daging buah : air	36-40	Daging buah
Minyak	46-50	Daging buah
Ampas	13-15	Daging buah
Minyak sawit	77-82	Daging buah (berat kering)
Minyak sawit	28,5-29,5	Berat buah matang segar
Biji : tempurung	78-82	Berat biji
inti (<i>krenel</i>)	17-23	Berat biji
Inti (dikeringkan dengan udara)	6-6,5	Berat buah matang segar
Minyak sawit	29	Berat buah matang segar
Air	27	Idem
Ampas (serat)	8	Idem
Tempurung	30	Idem
Inti	6	Idem

Minyak goreng merupakan minyak yang digunakan untuk menggoreng makanan, contohnya minyak kelapa, minyak jagung dan minyak kacang. Minyak apabila dipanaskan akan mengeluarkan asap tipis kebiruan pada suhu tertentu. Titik asap atau suhu menentukan mutu minyak goreng, semakin tinggi titik asapnya maka tinggi pula mutu minyak. Titik asap akan menurun apabila lemak sudah digunakan untuk menggoreng karena molekul lemak sudah terhidrolisa (Moehyi, 1992).

Minyak kelapa sawit dapat dikatakan memiliki mutu yang baik apabila mempunyai kadar air kurang dari 0,1 persen dan kadar kotoran lebih kecil dari 0,01 persen, kandungan asam lemak bebas rendah (kurang lebih 2 persen), bebas dari warna merah dan kuning (berwarna pucat), tidak berwarna hijau, jernih dengan kandungan logam berat rendah atau bebas dari logam (Ketaren, 1986).

2.2.3 Minyak Babi

Minyak babi merupakan minyak hewani yang banyak dikonsumsi. Lemak babi dihasilkan dari lemak dinding perut babi. Bagian terbaik pada lemak babi babi murni yaitu yang berwarna putih dan kandungan kadar asamnya tidak lebih dari 0,8% (Belitz & Ghrosch, 1987).

Minyak babi merupakan lemak yang berasal dari jaringan lemak hewan babi. Babi disebut hewan *monogastrik* dan lemaknya menyerupai asupan makanan sehingga ketidakjenuhan lemak babi ditentukan oleh jumlah dan komposisi asam lemak yang berasal dari minyak dalam makanan (O'Brien, 2010). *Lard* atau gajih merupakan lemak yang diperoleh dari jaringan lemak babi lemak banyak ditemukan pada rongga perut dan biasanya menghasilkan lemak gajih yang bermutu tinggi (Winarno, 2004).

Lard merupakan turunan babi yang dibuat dengan dua cara yaitu dengan *rendering* basah (*wet rendering*) dan *rendering* kering (*dry rendering*). Pada *rendering* basah, lemak babi akan direbus dalam air atau uap dengan menggunakan suhu tinggi dan lemak babi yang tidak dapat larut dalam air disaring dari permukaan, biasanya dengan cara disentrifugasi. Sedangkan pada *rendering* kering lemak babi akan diberikan panas yang tinggi dalam panci atau oven tanpa menggunakan air (Winarno, 2004).

Tabel 2.3 Sifat Fisika Kimia Minyak Babi (Ketaren, 1986).

Sifat	Deskripsi	Sumber
Densitas	0,917	Budavari, 1989
Titik leleh	36 C	Budavari, 1989 Lewis, 1993
Sifat kelarutan	Tidak larut dalam air, sukar larut dalam alkohol, larut dalam benzen, kloroform, eter, karbon disulfida dan <i>petroeleum</i> eter	Budavari, 1989 Lewis, 1993
Bilangan penyabunan	195 – 203	Budavari, 1989

Lemak babi dapat diperoleh dari organ tubuh babi yang lain seperti punggung babi yang melalui proses penguapan dan nilai kadar asam maksimum 1,0. Minyak babi mengandung trigliserol yang sedikit dari pada minyak sapi. Oleh karena itu, minyak babi melebur pada temperatur yang lebih rendah (Belitz & Ghrosch, 1987).

2.2.4 Spektroskopi FTIR

Spektroskopi didasarkan pada penyerapan gelombang inframerah. Spektrum inframerah terletak pada daerah yang memiliki panjang gelombang 0,78-1000 μm atau bilangan gelombang 12.800 sampai 10^{-7} . Instrumentasi spektrum inframerah dibagi dalam tiga radiasi antara lain inframerah dekat, inframerah pertengahan dan inframerah jauh (Bintang, 2010).

Inframerah adalah sinar elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang lebih besar daripada cahaya tampak, yaitu antara 700 nm dan 1 mm. Inframerah dibagi menjadi tiga macam yang tercantum pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penggolongan Sinar Berdasarkan Panjang Gelombang (Satromidjojo, 1992).

	Panjang Gelombang		Frekuensi	Bilangan Gelombang
	Saluran Umum	Meter		
Sinar X	10-10 ² Å	10 ⁻¹² -10 ⁻⁸	10 ²⁰ - 10 ¹⁶	
Ultra ungu jauh	10-200 nm	10 ⁻¹² -2 x10 ⁻⁷	10 ¹⁶ - 10 ¹⁵	
Ultra ungu dekat	200-400 nm	2 x 10 ⁻⁷ -4,0 x 10 ⁻⁷	10 ¹⁵ -7,5x 10 ¹⁴	
Sinar tampak	400-750 nm	4,0 x10 ⁻⁷ -7,5 x10 ⁻⁷	7,5x10 ¹⁴ -4 x 10 ¹⁴	25.000 -13.000
Inframerah dekat	0,75-2,5 µm	7,5 x 10 ⁻⁷ -2,5 x 10 ⁻⁶	4 x 10 ¹⁴ -1,2 x 10 ¹⁴	13.000-4.000
Inframerah pertengahan	2,5-50 µm	2,5 x 10 ⁻⁶ -5,0 x 10 ⁻⁵	1,2 x 10 ¹⁴ -6 x 10 ¹²	4.000-200
Inframerah jauh	50-1000 µm	5,0 x 10 ⁻⁵ -1 x 10 ⁻³	6x10 ¹² - 6x10 ¹²	200-10
Gelombang mikro	0,1-100 cm	1x10 ⁻³ -1	10 ¹¹ - 10 ⁸	10-10 ⁻²
Gelombang radio	1-1.000 m	1-10 ³	10 ⁸ - 10 ⁵	

Spektroskopi Inframerah atau infrared adalah suatu metode untuk mengamati interaksi molekul dengan menggunakan radiasi elektromagnetik pada daerah gelombang 0,75-1000 µm atau bilangan gelombang 13000-10⁻¹ cm⁻¹ (Satromidjojo, 1992).

Spektroskopi Inframerah menggunakan teknik sidik jari dimana tidak ada dua senyawa yang memiliki jumlah atau intensitas puncak yang sama pada spektrum inframerahnya, oleh karena itu spektrum inframerah dapat membedakan antar minyak (Rohman & Che Man, 2012).

Spektroskopi Inframerah adalah teknik analisis yang didasarkan pada vibrasi atom dalam molekul. Spektroskopi inframerah memiliki keuntungan yaitu non-

destruktif, sampel yang dibutuhkan sedikit dan hampir semua bentuk sampel dapat diteliti (Lukman, dkk., 2016).

Spektroskopi FTIR berdasar pada penyerapan panjang gelombang inframerah. Cahaya inframerah dibagi menjadi inframerah dekat, inframerah jauh dan inframerah pertengahan yang memiliki panjang gelombang 2.5–1000 μm . Daerah inframerah tengah biasanya digunakan untuk melihat struktur, tetapi pada spektroskopi inframerah dekat digunakan untuk mengendalikan produk-produk seperti tepung dan makanan hewan serta digunakan dalam pengendalian mutu industri farmasi (Watson, 2005).

Tujuan utama analisis spektroskopi inframerah yaitu untuk menentukan gugus – gugus fungsi dari suatu molekul (Mulja & Suharman, 1995).

Tabel 2.5 Daerah Spektrum Inframerah (Bintang, 2010).

Daerah	Panjang Gelombang (λ) μm	Bilangan Gelombang (m)	Frekuensi (ν) Hz
Dekat	0,78-25	12.800-4000	$3,8 \times 10^{14} - 1,2 \times 10^{14}$
Pertengahan	2,5-50	4000-200	$1,2 \times 10^{14} - 6,0 \times 10^{14}$
Jauh	50-1000	200-10	$6,0 \times 10^{14} - 3,0 \times 10^{14}$

Jenis spektrofotometer inframerah yang umum digunakan yaitu instrumen dispersif yang menggunakan monokromator untuk memilih masing-masing bilangan gelombang secara berurutan untuk mengetahui nilai intensitasnya setelah radiasi melewati sampel dan instrumen *transformasi fourier*, yang menggunakan interferometer. Dua jenis instrumen ini menunjukkan spektrum senyawa dalam kisaran 4000–400 cm^{-1} . Kedua jenis instrumen ini menunjukkan spektrum yang mendekati identik untuk suatu senyawa dari sampel yang diteliti, akan tetapi

spektrometer *Fourier Transform Infrared* memberikan spektrum yang lebih cepat daripada inframerah dispersif (Pavia et al.,2001).

Spektroskopi Inframerah dibagi menjadi dua antara lain (Silverstein, dkk., 2005):

1. Inframerah Dispersif

Spektrum inframerah dibentuk dengan melewatkan sinar inframerah pada sampel dan untuk membaca sebuah spektrum yaitu dengan menggunakan sebuah alat dispersi/monokromator (kisi difraksi atau prisma) yang dirotasikan. Pada spektrometer ini memiliki kelemahan yang terletak pada monokromator spektrometer inframerah dispersif memiliki celah yang kecil untuk keluar masuknya sinar sehingga hal itu membatasi panjang gelombang radiasi untuk mencapai ke detektor. Kelemahan lain spektrometer ini yaitu bisa menghilangkan sebagian energi sinar inframerah dan menghasilkan jumlah sinar hamburan yang banyak. Area absorpsi yang dihasilkan yaitu sebagai spektrum antara frekuensi dan intensitas.

2. *Spektroskopi Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pada spektroskopi FTIR tidak mengukur panjang gelombang satu persatu, tetapi dapat mengukur intensitas pada berbagai panjang gelombang secara bersamaan (Skoog, dkk., 1998). Instrumen FTIR memiliki resolusi yang sangat tinggi (0.001 cm^{-1}) (Silverstein, dkk., 2005).

Pada spektroskopi FTIR tidak mengukur panjang gelombang satu persatu, tetapi dapat mengukur intensitas pada berbagai panjang gelombang secara

bersamaan. Instrumen FTIR memiliki resolusi yang sangat tinggi (0.001 cm^{-1}) (Skoog, dkk., 1998).

Keuntungan dari Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* antara lain (Paye dkk, 2001):

1. Cepat dan akurat
2. Sifatnya tidak merusak
3. Membutuhkan preparasi sampel yang sederhana
4. Ramah terhadap lingkungan karena penggunaan larutan serta bahan-bahan yang relatif sedikit.

FTIR memiliki keuntungan lain yaitu sensitivitas yang tinggi, resolusi dan kecepatan akuisisi data. Akan tetapi, FTIR memerlukan biaya yang lebih tinggi karena membutuhkan komputer untuk mengolah data yang dihasilkan (Skogg dkk., 1998).

Prinsip kerja spektroskopi inframerah yaitu sampel akan discan, yang artinya sinar inframerah akan diarahkan pada sampel. Kemudian gelombang yang diteruskan sampel ditangkap oleh detektor yang sudah terhubung dengan komputer. Komputer akan memberikan informasi berupa gambaran spektrum sampel yang diuji (Satromidjojo, 1992).

Aplikasi Spektroskopi Inframerah bisa digunakan untuk analisis kuantitatif ataupun kualitatif. Penggunaannya yang paling banyak pada daerah pertengahan dengan kisaran bilangan gelombang 4000 sampai 670 cm^{-1} atau dengan panjang gelombang $2,5\text{--}15 \text{ }\mu\text{m}$. Diantara kegunaannya yaitu untuk mengidentifikasi senyawa organik, hal ini karena spektrumnya yang kompleks yaitu terdiri dari

banyak puncak-puncak. Dalam senyawa organik spektrum inframerah yang dimiliki memiliki sifat fisik yang khas, hal itu menghindari adanya dua senyawa yang memiliki spektrum yang sama. Kegunaannya yang lain dari spektroskopi inframerah yaitu untuk mempelajari makro-molekul dan membran biologis, yang sering digunakan untuk meneliti struktur molekul murni intermediet dalam biokimia (Bintang, 2010).

Daerah panjang gelombang yang digunakan spektroskopi inframerah yaitu pada daerah inframerah pertengahan (panjang gelombang 2,5-50 μm atau bilangan gelombang 4000-200 cm^{-1}). Untuk mengidentifikasi menggunakan vibrasi, vibrasi bengkakan spesifiknya pada vibrasi goyangan (*rocking*) yang berada dalam daerah gelombang 2000-400 cm^{-1} . Daerah antara 4000-2000 cm^{-1} merupakan daerah khusus untuk mengidentifikasi gugus fungsi. Pada daerah 2000-400 cm^{-1} setiap senyawa memiliki absorpsi yang unik sehingga disebut daerah *fingerprint* atau sidik jari, daerah ini menunjukkan absorpsi oleh vibrasi yang rumit. Absorpsi disebabkan oleh vibrasi regangan ataupun bengkak (Satromidjojo, 1992).

Apabila sampel senyawa organik disinari dengan sinar inframerah yang mempunyai frekuensi tertentu, maka frekuensi tersebut akan diserap oleh senyawa tersebut. Banyaknya frekuensi tertentu yang melewati senyawa tersebut diukur sebagai “presentase transmitasi” (*percentage transmittance*). Presentase transmitasi dengan nilai 100 berarti semua frekuensi dapat melewati senyawa tersebut tanpa diserap sama sekali. Spektrum merupakan grafik dari panjang gelombang dan energi yang diabsorpsi oleh suatu senyawa. Spektrum inframerah merupakan plot intensitas penyerapan terhadap bilangan gelombang yang

dinyatakan dengan jumlah gelombang dalam satuan cm^{-1} . Bilangan gelombang adalah radiasi di daerah vibrasi inframerah dari spektrum elektromagnetik. Bilangan gelombang dari vibrasi inframerah membentang dari $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Sebuah molekul hanya menyerap frekuensi (energi) radiasi inframerah tertentu. Absorpsi radiasi inframerah berhubungan dengan rentang frekuensi getaran yang meliputi *stretching* dan *bending* dari kebanyakan ikatan molekul kovalen. Contohnya tabel pada tabel 2.6 menjelaskan tentang panjang gelombang fungsional untuk serapan minyak babi (Rohman, 2012).

Tabel 2.6 Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Babi (Rohman, 2012).

Panjang Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi yang Terabsorpsi pada IR
3007	Cis-olefinic C=H
2907	CH ₃ <i>stretching asymmetric</i>
2925	CH ₂ <i>stretching asymmetric</i>
2875	CH ₃ <i>stretching asymmetric</i>
1715	C=O <i>carbonyl stretching</i>
1650	Cis C=C
1462	CH ₂ <i>bending</i>
1418	CH <i>rocking (bending)</i> dari cis yang tidak tersubstitusi pada alkena
1375	CH ₃ <i>bending</i>
1226, 1160, 1117, 1098, 1031	C-O (eter) <i>stretching</i>
962	=CH dari isolasi <i>trans-olefin</i> -CH ₂ <i>rocking vibration</i>

Tabel 2.7 Gugus Fungsi dari Puncak Absorbansi dalam Spektrum FTIR dari Minyak Babi dan Minyak Inti Kelapa Sawit (Guillen dan Cabo, 1997).

Frekuensi (cm)	Gugus Fungsi	Jenis Vibrasi
3007 cm ⁻¹	=C-H (<i>cis</i>)	<i>Stretching</i>
2922 cm ⁻¹	-CH-H (CH ₂)	<i>Stretching asymmetric</i>
2852 cm ⁻¹	-C-H (CH ₃)	<i>Stretching symmetric</i>
1740 cm ⁻¹	-C=O (ester)	<i>Stretching</i>
1465 cm ⁻¹	-C-H (CH ₂)	<i>Bending</i>
1375 cm ⁻¹	-C-H (CH ₃)	<i>Bending symmetric</i>
1235 cm ⁻¹	C-O ester (<i>stretching</i>)	
	-C-O	<i>Stretching</i>
1160 cm ⁻¹	-CH ₂ -	<i>Bending</i>
1117 cm ⁻¹	C-O	<i>Stretching</i>
1098 cm ⁻¹	C-O	<i>Stretching</i>
721 cm ⁻¹	-CH=CH- (<i>cis</i>)	<i>Bending</i>

Tabel 2.8 Kelompok Gugus Fungsi Serapan pada Minyak Sawit (Rohman & Che Man, 2009).

Frekuensi (cm)	Vibrasi Gugus Fungsi
3005	<i>Cis C=CH stretching</i>
2954	<i>Stretching Asymmetric</i> dari metil (-CH ₃)
2924 dan 2852	<i>Stretching Asymmetric</i> atau <i>Symmetric</i> metilena (-CH ₂)
1743	C=O (ester)
1654	<i>Cis C=C</i>
1465	<i>Bending</i> CH ₂ dan CH ₃
1417	CH obligasi <i>cis</i> turunan alkena
1377	<i>Bending Symmetric</i> CH ₃
1228 dan 1155	<i>Stretching</i> dari C-O dalam ester
1111 dan 1097	-CH <i>bending</i> dan -CH vibrasi deformasi asam lemak
962	<i>Bending</i> dari gugus CH
721	<i>Overlapping</i> metilena (-CH ₂) <i>rocking vibration</i>

2.2.5 Kemometrik

Kemometrik merupakan disiplin ilmu kimia yang memungkinkan menghubungkan data yang diperoleh dari eksperimen kimia dengan menggunakan cara statistik dan matematik (Che, dkk, 2011). Teknik Kemometrik seperti analisis multivariat digunakan untuk memudahkan analisis data yang dihasilkan dari spektrum inframerah. Keuntungan teknik kemometrik yaitu untuk menginterpretasi

spektrum inframerah dalam menghubungkan profil spektrum seputar informasi yang terdapat pada sampel (Lukman et al., 2016).

Terdapat beberapa teknik kemometrik yang digunakan dalam studi lemak dan minyak diantaranya *Principal Component Analysis* (PCA), kalibrasi multivariat *Partial Least Square* (PLS) dan *Principle Component Regression* (PCR), *Discriminant Analysis* (DA), *Cluster Analysis* (CA) dan lainnya yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan analisis minyak dan lemak (Che, dkk, 2011).

A. LDA (*Linear Discriminant Analysis*)

Linear Discriminant Analysis merupakan salah satu analisis diskriminan dengan statistik multivariat yang terkait dengan pemisahan (*separating*) atau alokasi/klasifikasi (*classification*) sekelompok objek ke dalam kelompok (*group*) yang sudah didefinisikan terlebih dahulu. Dalam tujuan pengenalan objek (observasi), metode ini mencoba menemukan suatu "diskriminan" atau kelompok yang nilainya secara numerik sedemikian rupa sehingga mampu memisahkan objek yang karakterisasinya telah diketahui. Tujuan dari klasifikasi objek pada metode ini akan mensortir objek (observasi) kedalam dua atau lebih kelompok (Fukunaga, 1990).

Analisis diskriminan memiliki beberapa tujuan antara lain (Dian, 2015):

1. Mengidentifikasi variabel-variabel yang dapat membedakan tiap kelompok.
2. Menggunakan variabel yang didapat untuk membuat fungsi-fungsi yang memisahkan tiap kelompok.

3. Menggunakan variabel yang didapat untuk membuat aturan dalam mengklasifikasi hasil observasi yang akan datang kedalam salah satu kelompok.

Analisis diskriminan merupakan salah satu teknik statistik yang bisa digunakan pada hubungan despensi (hubungan antar variabel yang bisa membedakan variabel respon dan variabel penjelas). Variabel respon biasanya berupa data kualitatif sedangkan variabel penjelas berupa data kuantitatif (Varmuza, 2000).

Asumsi-asumsi analisis diskriminan dalam tiap kelompok (Dian, 2015):

1. Variabel bebas berdistribusi normal multivariat
2. Matrik kovarian variabel bebas sama untuk setiap kelompok.

Poin utama dari *Linear Diskriminant Analysis* (LDA) adalah menemukan *Linear Diskriminant Function* (LDF), Y merupakan kombinasi Linear dari variabel asli X_1, X_2 , antara lain (Miller & Miller, 2010):

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (2.1)$$

Ukuran n yang asli untuk setiap objek yang dikombinasikan pada nilai tunggal dari Y, sehingga data dapat direduksi dari n dimensi ke satu dimensi. Koefisien pada persamaan yang dipilih menunjukkan refleksi Y yang berbeda dalam grup dalam jumlah banyak. Objek pada grup yang sama memiliki kesamaan nilai Y dan objek pada grup yang lain memiliki nilai Y yang berbeda (Miller & Miller, 2010).

Linear Discriminant Analysis (LDA) digunakan sebagai metode klasifikasi maupun mereduksi dimensi pada sebuah set data. Analisis diskriminan memiliki

tujuan utama yaitu untuk memperoleh kaidah matematis atau fungsi diskriminan yang dapat digunakan untuk memisahkan kelompok objek yang berbeda. Sebagai contoh pada data terdapat variabel bebas p dan j sebagai kelompok, dengan n_i adalah jumlah pengamatan untuk setiap kelompok ke- i . Suatu pengamatan baru akan ditempatkan pada salah satu kelompok berdasarkan fungsi diskriminan berikut (Dian, 2015):

$$D_i = b_0 + b_1x_{1j} + b_2x_{2i} + \dots + b_px_{pi} \quad (2.2)$$

Dengan

D_i = skor diskriminan untuk pengamatan ke- i

X_{pi} = nilai pengamatan ke- i variabel ke- p

b_p = koefisien diskriminan variabel ke- p

Metode LDA digunakan untuk menemukan proyeksi matrik yang memaksimumkan rasio antara jarak antar kelas dengan jarak dalam kelas di dalam ruang proyeksi (Wahyudi, 2012).

$$J_1(W) = \max \frac{\text{Trace}(W^T S_b W)}{\text{Trace}(W^T S_w W)} \quad (2.3)$$

Dimana W merupakan matrik $N \times q$ yang kolom-kolomnya terdiri dari q vektor-vektor diskriminan. Persamaan diatas memiliki matrik yang jelas untuk pembilang dan penyebut. Pada $\text{Trace}(W^T S_b W)$ untuk mengukur pemisahan antar kelas-kelas dalam ruang proyeksi dan $\text{Trace}(W^T S_w W)$ mengukur kedekatan dari vektor-vektor dalam kelas pada ruang proyeksi (Wahyudi, 2012).

Adapun algoritma dari LDA antara lain (Damayanti, dkk., 2010):

1. Input adalah matrik x
2. Menghitung rata-rata dalam kelas (m_i) dan rata-rata keseluruhan kelas (m).

3. Menghitung matrik sebaran antar kelas. Matrik sebaran antar kelas (S_b) yaitu jarak matrik antar kelas.

$$S_b = \sum_{i=1}^k n_i (m_i - m_o) (m_i - m_o)^T \quad (2.4)$$

4. Menghitung matrik sebaran dalam kelas. Matrik sebaran dalam kelas (S_w) yaitu jarak matrik dalam kelas.

$$S_w = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_i^{(j)} - m_i)^T \quad (2.5)$$

5. Mencari vektor eigen (V) dan nilai eigen (λ)

$$S_b V = \lambda S_w V \quad (2.6)$$

6. Mengurutkan vektor eigen sesuai dengan urutan nilai yang ada pada nilai eigen dari yang besar ke yang kecil. Kemudian untuk proses proyeksi dengan menggunakan k-1 eigen vektor (k adalah jumlah kelas). Vektor ini dinamakan *Fisher Basis* Vektor.

7. Memproyeksikan seluruh citra asal (bukan *Centered Image*) ke *fisherbasis* vektor dengan menghitung *dot product* dari citra asal ke setiap *fisherbasis* vektor.

$$X_i = V^T X^i \quad (2.7)$$

Adapun untuk mencari nilai batas (pemisah) antar grup dengan menggunakan rumus (Gudono, 2015):

$$\text{Cut-off} = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (2.8)$$

B. PLS (Partial Least Square)

PLS atau *Partial Least Square* pertama kali dikembangkan oleh H.Wold di bidang ekometri pada akhir tahun 1960 (Gemperline, 2006). PLS biasanya

digunakan dalam memperkirakan variabel tidak bebas (respon) dari variabel bebas prediktor dengan jumlah banyak yang memiliki struktur sistematis linear atau tidak linear dengan atau tanpa data yang hilang dan memiliki kolinearitas yang tinggi (Ruby-Figueroa, 2015).

PLS digunakan dalam kalibrasi multivariat karena kualitas model kalibrasi yang dihasilkan dan mudah dalam penerapannya. Regresi PLS adalah sebuah teknik analisis multivariat yang canggih, penggunaannya meningkat pada analisis spektrofotometri inframerah kuantitatif. Apabila spektrum yang tidak diketahui kemudian dianalisis PLS akan merekonstruksi spektrum dari spektra pemuat untuk memprediksi konsentrasi sampel (Paye, 2001).

Metode kemometrik PLS variabel yang dipilih merupakan variabel yang memiliki korelasi baik dengan respon, sehingga variabel akan memberikan prediksi yang lebih efektif (Adams, 1995). PLS menggunakan kombinasi linear dari variabel prediksi terhadap variabel variabel yang sesungguhnya. Variabel yang memiliki korelasi tinggi dengan variabel respon diberikan bobot tambahan karena lebih mudah diprediksi. Dengan menggunakan metode ini kombinasi Linear dari variabel prediksi dipilih dari variabel yang memiliki korelasi tinggi dengan variabel respon dan menjelaskan variasi dalam variabel prediksi (Miller & Miller, 2010).

Regresi pada PLS dilakukan dengan menggunakan algoritma kuadrat terkecil yang menghubungkan dua matrik, data spektra pada matrik X dan nilai referen pada matrik Y. PLS digunakan dalam spektroskopi FTIR untuk mengekstrak informasi dari spektra yang kompleks yang mengandung puncak-puncak yang tumpang tindih

dan mengetahui adanya *noise* dari instrumen yang digunakan untuk mengambil data (Syahriza dkk., 2005).

PLS membentuk peubah baru yang disebut faktor peubah laten atau komponen, masing-masing komponen merupakan kombinasi Linear dari peubah bebas. Tujuan utama dari PLS membentuk komponen yang bisa menangkap informasi dari peubah untuk menduga peubah respon (Garthwaite, 1994).

Metode kuadrat terkecil tidak dapat digunakan jika ($n < p$), karena matrik $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$ singular. Sedangkan PLS digunakan dalam kasus ($n < p$). Regresi PLS dimulai pada dekomposisi komponen (Ohyver, 2010).

$$\mathbf{Y} = \mathbf{TQ}' + \mathbf{F} \quad (2.9)$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{TP}' + \mathbf{E} \quad (2.10)$$

Berdasarkan persamaan diatas \mathbf{T} merupakan matrik komponen, \mathbf{P} dan \mathbf{Q} adalah matrik *loading* \mathbf{X} dan \mathbf{Y} , \mathbf{E} dan \mathbf{F} merupakan faktor error (Ohyver, 2010).

PLS dapat dikatakan sebagai metode yang membentuk matrik komponen \mathbf{T} sebagai transformasi linear dari matrik \mathbf{X} (Ohyver, 2010).

$$\mathbf{T} = \mathbf{XW} \quad (2.11)$$

Dengan \mathbf{W} merupakan bobot matrik. Persamaan 2.11 dapat ditulis:

$$T_1 = w_{11}X_1 + w_{21}X_2 + \dots + w_{p1}X_p$$

$$T_2 = w_{12}X_1 + w_{22}X_2 + \dots + w_{p2}X_p$$

;

$$T_c = w_{1c}X_1 + w_{2c} + \dots + w_{pc}X_p \quad (2.12)$$

Komponen diatas digunakan sebagai pendugaan, dengan mengganti matrik \mathbf{X} sehingga diperoleh kuadrat terkecil (Ohyver, 2010):

$$\mathbf{Q}' = (\mathbf{T}'\mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}'\mathbf{Y} \quad (2.13)$$

Adapun algoritma dari PLS adalah sebagai berikut (Ohyver, 2010):

1. Transformasi peubah \mathbf{X} dan \mathbf{Y} menjadi \mathbf{X}^* dan \mathbf{Y}^*
2. Mengambil nilai awal vektor $\mathbf{u} = \mathbf{Y}^*$
3. Menentukan bobot \mathbf{X}^* dengan persamaan

$$\mathbf{Wt} = \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{X}^*}{\mathbf{u}^T \mathbf{u}} \quad (2.14)$$

4. Menentukan $\mathbf{w}^* = \frac{\mathbf{w}_{lama}^T}{\|\mathbf{w}_{lama}^T\|}$ (2.15)

5. Menentukan faktor skor \mathbf{X}^* dengan menggunakan persamaan

$$\mathbf{T} = \frac{\mathbf{X}^* \mathbf{w}^*}{\mathbf{w}^{*T} \mathbf{w}^*} \quad (2.16)$$

6. Menentukan bobot \mathbf{Y}^* dengan menggunakan persamaan

$$\mathbf{C}_t = \frac{\mathbf{t}^T \mathbf{Y}^*}{\mathbf{t}^T \mathbf{t}} \quad (2.17)$$

7. Menentukan $\mathbf{c}^* = \frac{\mathbf{c}_{lama}^T}{\|\mathbf{c}_{lama}^T\|}$ (2.18)

8. Menentukan skor \mathbf{Y}^* dengan menggunakan persamaan

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{Y}^* \mathbf{c}^*}{\mathbf{c}^{*T} \mathbf{c}^*} \quad (2.19)$$

9. Menentukan $\mathbf{b} = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{t}}{\mathbf{t}^T \mathbf{t}}$ (2.20)

10. Menentukan faktor loading untuk \mathbf{X} dengan persamaan $\mathbf{p}^T = \frac{\mathbf{t}^T \mathbf{X}^*}{\mathbf{t}^T \mathbf{t}}$ (2.21)

11. Menentukan $\mathbf{E}_h = \mathbf{E}_{h-1} - \mathbf{t}_h \mathbf{p}_h^t$; $\mathbf{E}_0 = \mathbf{X}^*$ (2.22)

12. Menentukan $\mathbf{F}_h = \mathbf{F}_{h-1} - \mathbf{b}_h \mathbf{t}_h \mathbf{c}_h^t$; $\mathbf{F}_h = \mathbf{Y}^*$ (2.23)

2.2.6 Kajian Integrasi Sains dan Islam

A. Minyak Babi

Makanan merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk dapat bertahan hidup. Manusia harus selektif dalam mengkonsumsi makanan yang tepat dan baik untuk kesehatan tubuh. Selain baik untuk kesehatan tubuh, manusia juga harus memperhatikan makanan dalam segi kehalalannya. Minyak yang merupakan bagian dari makanan juga harus diperhatikan masalah kehalalannya. Minyak babi merupakan salah satu minyak yang diharamkan dalam islam, seperti yang tertulis dalam surat al- Baqarah (2): 173.

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ ۖ فَمَنْ اضْطُرَّ غَيْرَ بَآغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ ۚ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

“*Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang*” (Q.S al- Baqarah (2): 173).

Kata “*إنما*” merupakan adat *hashr* (pembatasan), secara dhahir makanan yang diharamkan kepada kita hanyalah bangkai, darah, daging babi dan yang disembelih dengan menyebut nama selain Allah. Apabila selain empat macam makanan tersebut maka boleh untuk dimakan.

Kata “*لحم الخنزير*” atau daging babi, dimana daging secara khusus karena sasaran utama untuk dimakan dan bagian tubuh lainnya mengikuti (Jalaludin, 2010).

Ayat tersebut apabila dihubungkan dengan Q.S al- An'am (7): 145.

قُلْ لَّا أَجِدُ فِي مَا أُوحِيَ إِلَيَّ مُحَرَّمًا عَلَىٰ طَاعِمٍ يَطْعَمُهُ إِلَّا أَنْ يَكُونَ مَيْتَةً أَوْ دَمًا مَّسْفُوحًا
أَوْ لَحْمَ خِنزِيرٍ فَإِنَّهُ رِجْسٌ أَوْ فِسْقًا أُهْلًا لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ فَمَنْ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَإِنَّ
رَبَّكَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

"Katakanlah: "Tiadalah aku peroleh dalam wahyu yang diwahyukan kepadaku, sesuatu yang diharamkan bagi orang yang hendak memakannya, kecuali kalau makanan itu bangkai, atau darah yang mengalir atau daging babi -- karena sesungguhnya semua itu kotor -- atau binatang yang disembelih atas nama selain Allah. Barangsiapa yang dalam keadaan terpaksa, sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka sesungguhnya Tuhanmu Maha Pengampun lagi Maha Penyayang" (Q.S Al-An'am(7): 145).

Dalam hadits yang diriwayatkan oleh Abu Daud no 3488 dijelaskan mengenai keharaman babi dan keharaman jual beli babi.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ إِنَّ اللَّهَ حَرَّمَ الْخَمْرَ وَثَمَنَهَا
وَحَرَّمَ الْمَيْتَةَ وَثَمَنَهَا وَحَرَّمَ الْخِنْزِيرَ وَثَمَنَهُ

"Dari Abu Hurairah bahwasanya Rasulullah shallallahu 'alaihi wa sallam bersabda: "Sesungguhnya Allah telah mengharamkan khamr dan hasil penjualannya dan mengharamkan bangkai dan hasil penjualannya serta mengharamkan babi dan hasil penjualannya."

Keharaman babi diperkuat dengan hadits yang diriwayatkan oleh Bukhari no 2236 dan Muslim no 4132.

إِنَّ اللَّهَ وَرَسُولَهُ حَرَّمَ بَيْعَ الْخَمْرِ وَالْمَيْتَةِ وَالْخِنْزِيرِ وَالْأَصْنَامِ

"Sesungguhnya, Allah dan Rasul-Nya mengharamkan jual beli khamar, bangkai, babi, dan patung."

Para ulama berpendapat bahwa yang diharamkan dari babi bukan hanya dagingnya saja, melainkan mencakup seluruh tubuh babi seperti lemak, kulit, tulang, dan sum-sum. Al-Qurtubi (2: 205) yang diklaim madzhab maliki

menyatakan “*Tidak diperselisihkan lagi bahwa seluruh tubuh babi adalah haram kecuali bulunya hal itu boleh dimanfaatkan untuk menjahit kulit. Sebab hal itu telah terbiasa dilakukan pada masa Rasulullah dan sesudahnya. Dan kami tidak mengetahui bahwa beliau Rasulullah mengingkarinya, juga ulama-ulama sesudahnya*” (Syarjaya, 2008).

Hukum produk yang berasal dari babi serta turunannya, keharamannya sama. Apabila terdapat pada produk- produk turunannya seperti lemak babi, maka akan mempengaruhi hukum produk yang dihasilkan, karena didalamnya terdapat bahan yang halal dan haram yang tercampur. Bahan yang haram yaitu lemak babi/minyak babi sedangkan bahan halal adalah bahan selain berdasar dari babi. Kaidah Fiqih menetapkan “*Apabila kehalalan dan keharaman berkumpul (dalam satu kasus), maka yang dimenangkan adalah keharamannya*” (Yaqub, 2009).

Alasan diharamkannya babi menurut ilmu kedokteran bahwa ada resiko besar terhadap berbagai macam penyakit. Babi merupakan inang dari berbagai macam parasit dan penyakit berbahaya. Sistem Biokimia babi hanya mengeluarkan 2% dari seluruh kandungan *urin acid*-nya, sedangkan 98% sisanya disimpan ditubuhnya (Dewi, 2007).

B. Makanan Halal

Islam tidak hanya menekankan pentingnya mengkonsumsi makanan halal, tetapi juga yang baik. Halal lebih berorientasi pada *Syara'* (Hukum Agama) sedangkan kata *thayyib* lebih luas maknanya baik dari segi kesehatan, kebersihan, kandungan gizi, ekonomi dan lain sebagainya.

Kata *Halalan* (Bahasa Arab) berasal dari kata *halla* yang berarti “lepas” atau “tidak terikat”, secara etimologi berarti hal- hal yang boleh dan dapat dilakukan karena bebas atau tidak terikat dengan ketentuan yang melarangnya. Sedangkan kata *thayyib* berarti “lezat”, “baik”, “sehat”, “menentramkan” dan “paling utama”. Dalam konteks makanan *thayyib* berarti makanan yang tidak kotor dari segi zatnya atau bercampur najis, ada juga yang mengartikan makanan yang mengundang selera bagi yang mengkonsumsinya dan tidak membahayakan fisik serta akal. Ada juga yang mengartikan makanan yang sehat, proporsional dan aman (Dewi, 2007).

Ayat yang memerintahkan orang-orang yang beriman untuk mengkonsumsi makanan halal dan berhati-hati dalam memilih makanan dan selalu berupaya meraih karunia Allah SWT yaitu terdapat dalam Q.S al- Baqarah (2): 168.

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ

“Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu” (Q.S al- Baqarah (2): 168).

Berdasarkan ayat diatas makna *At-tayyib* para Ulama berbeda pendapat, seperti Imam Ibn Jarir al-Thabari berkata, “adapun Firman Allah: “ *thayyiban*”, artinya adalah suci, tidak najis, dan tidak diharamkan.” Menurut Imam Ibnu Malik “*al thayyib*” (baik) yaitu zatnya dinilai baik, tidak membahayakan tubuh dan akal. Menurut Imam al- Syaikhani “*Halalan*” posisinya sebagai *Maf’ul* (objek) atau *hal* (penjelas). Sesuatu apabila disebut halal apabila melepas (*ihlal*) ikatan bahaya dari padanya. “*Thayyib*” disini adalah sesuatu yang dipandang lezat sebagaimana yang

dikatakan imam Syafi'i dan ulama lainnya. Menurut Imam Malik dan ulama lainnya kata *"thayyib"* adalah halal. Kata ini digunakan untuk memperkuat Firman-Nya *"Halalan"* (Yaqub, 2009).

Berdasarkan pendapat tersebut maka makna *"thayyib"* dalam Al- Quran merujuk pada tiga pengertian yaitu:

- a. Sesuatu yang tidak membahayakan bagi tubuh dan pikiran
- b. Sesuatu yang lezat
- c. Halal sendiri yaitu sesuatu yang suci, tidak najis dan tidak diharamkan.

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَعَيْرٌ صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِصِّلُ بَعْضَهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ.

“ Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan dan kebun- kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanaman-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kaum yang berpikir” (Q.S ar-Rad(13): 4).

Kata *“ صِنَوَانٌ وَعَيْرٌ صِنَوَانٍ ”* memiliki makna pohon yang bercabang dan tidak bercabang. Dalam ayat ini yang dimaksud pohon bercabang seperti pohon zaitun, delima dan lain-lain, sedangkan yang tidak bercabang yaitu pohon yang hanya memiliki satu pokok saja. Kata *ghoiru shinwan* ini bisa dikaitkan dengan pohon sawit karena sawit hanya memiliki satu pokok saja.

Buah sawit sebagai bahan baku dari minyak sawit termasuk dalam kategori makanan halal. Berdasarkan pernyataan Majelis Ulama Indonesia (MUI) minyak yang berasal dari tumbuhan sebagian besar adalah halal, akan tetapi juga dilihat dari proses pembuatan minyak tersebut selama tidak tercampur dengan barang najis dan

haram. Kehalalan minyak sawit juga memenuhi persyaratan dari makanan halal yaitu tidak membahayakan tubuh dan pikiran, lezat dan tidak tercampur barang najis. Persyaratan kehalalan minyak sawit didasarkan juga pada saat pengambilan kelapa sawit apakah terkena najis atau tidak dan juga saat pengolahannya sudah sesuai dengan kriteria kehalalan.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Menganalisis secara kemometrik dengan menggunakan data *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Analisis ini digunakan untuk membedakan antara minyak sawit dengan minyak babi melalui panjang gelombang yang dihasilkan. Minyak sawit dan minyak babi akan diklasifikasikan dan akan diolah dengan menggunakan kemometrik LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang analisis kemometrik terhadap beberapa sampel campuran minyak sawit dan minyak babi berbasis data *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) menggunakan sensor FTIR dengan metode LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*). Pelaksanaan penelitian di mulai pada bulan Maret sampai April 2018 bertempat di Laboratorium Riset dan Atom Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Untuk Uji FTIR pelaksanaannya di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

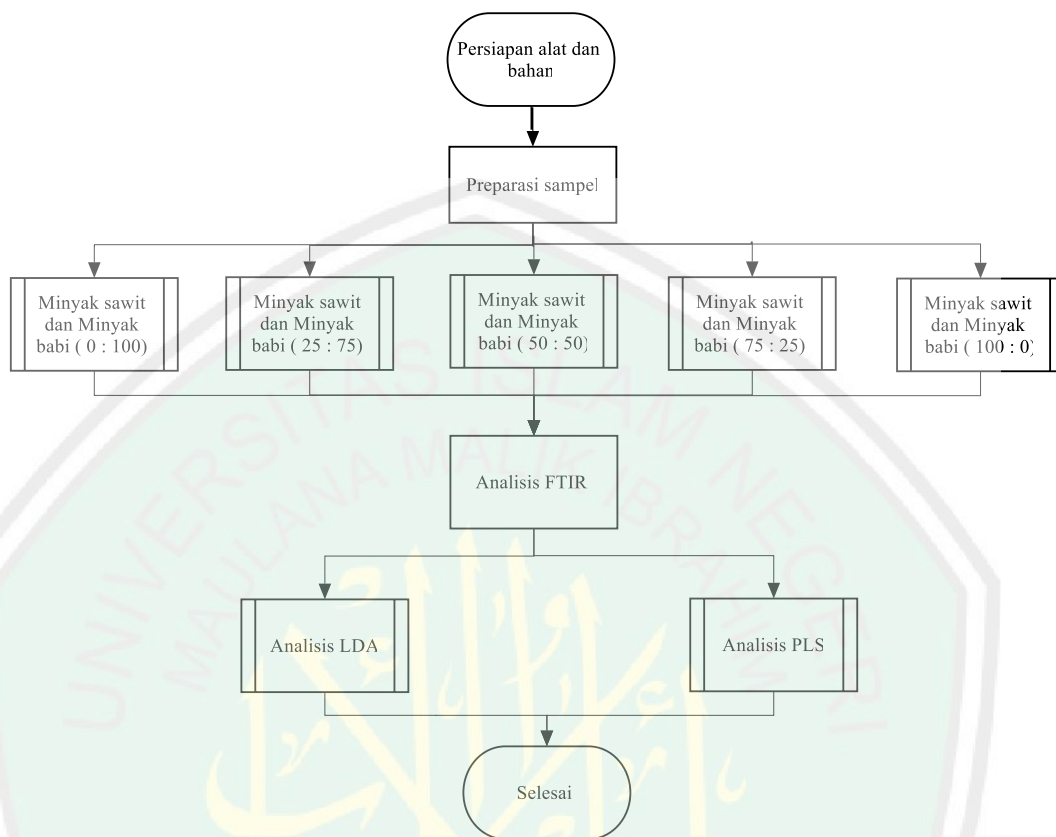
3.3.1 Alat

1. Alat spektroskopi FTIR.
2. Perangkat PC.
3. Pipet Tetes.
4. *Beaker Glass*.
5. Pengaduk.
6. *Software SPSS*.
7. *Software the Unscrambler X 10.4*.

3.3.2 Bahan

1. Lemak babi.
2. Minyak sawit.
3. Akuades.
4. Kloroform.
5. *Hexane*.
6. *Acetone*.

3.4 Prosedur Kerja

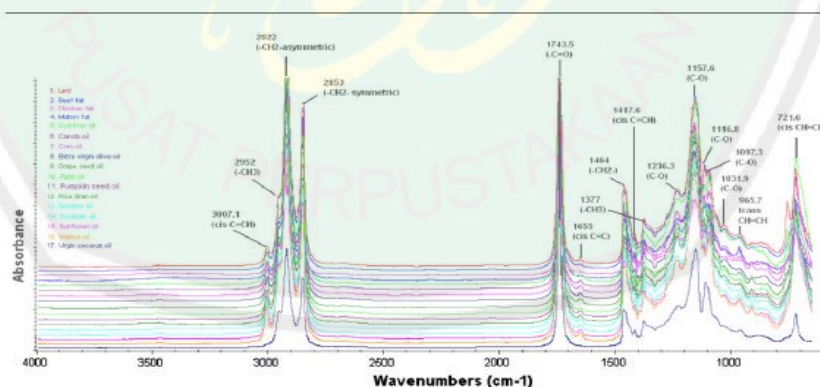


Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan diagram tersebut penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan yang di perlukan untuk penelitian. Selanjutnya sampel akan dipreparasi dan dibagi menjadi 5 macam perbandingan antara minyak sawit dan minyak babi. Apabila 5 sampel tersebut sudah siap diteliti kemudian diukur dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) selanjutnya data dianalisis dengan metode kemometrik dengan menggunakan *software* SPSS untuk analisis LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan *software the Unscrambler X 10.4* untuk analisis PLS (*Partial Least Square*).

3.4.1 Pengukuran FTIR

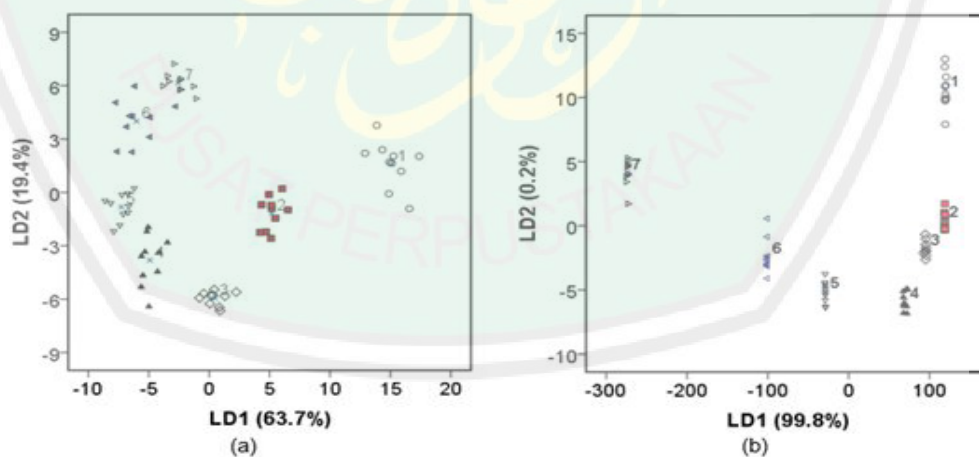
1. Gelombang spektra yang diperoleh dari seluruh sampel kemudian dihitung dengan menggunakan FTIR Shimadzu.
2. Sampel ditempatkan pada *plat holder* pada alat FTIR. Frekuensi yang digunakan untuk menganalisis yaitu $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$.
3. Setelah selesai pengukuran plat kemudian dibersihkan dengan menggunakan *hexane* sebanyak dua kali dan *acetone* sampai tidak ada sampel minyak yang bersisa lalu dikeringkan dengan menggunakan tisu.
4. Setelah proses *scan* selesai maka akan ditampilkan gambar gelombang dari spektrum yang dihasilkan.
5. Dari gambar spektrum yang dihasilkan kemudian di analisis panjang gelombang (menunjukkan bilangan gelombang) dan nilai absorbansi dari setiap sampel.



Gambar 3.2 Gelombang yang Dihasilkan dari Pengukuran FTIR (Che, dkk, 2011).

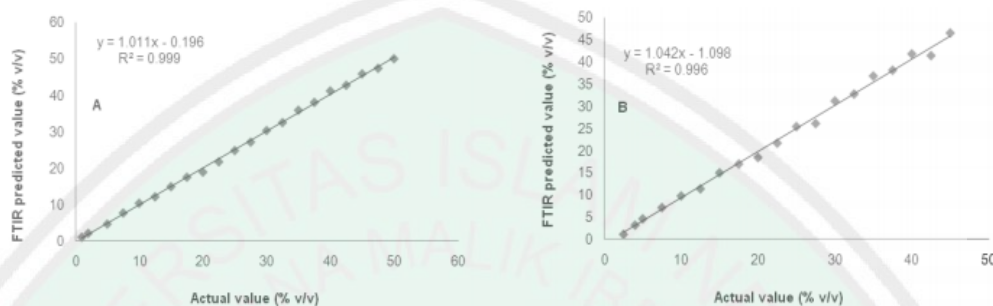
3.4.2 Analisis Data

Dari hasil pengukuran FTIR yang diperoleh maka hasilnya akan diolah dengan menggunakan analisis kemometrik. Akan tetapi karena panjang gelombang dari setiap sampel perbedaannya tidak terlalu signifikan maka digunakan analisis LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*). LDA merupakan salah satu metode kemometrik yang mampu membedakan berbagai sampel dengan mengelompokkan sampel yang mirip satu sama lain, sedangkan PLS untuk kalibrasi data yang diperoleh dan untuk menunjukkan nilai regresi. Analisis LDA pada penelitian ini dengan menggunakan *software* SPSS untuk mereduksi dari sejumlah bilangan gelombang yang dihasilkan menjadi tampilan dua atau tiga dimensi, sehingga akan terlihat dengan jelas pengelompokkan serta presisi dan akurasi pengelompokkan dari sampel yang di uji coba.



Gambar 3.3 Hasil Analisis dengan Menggunakan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) (Tazi, dkk., 2017).

Analisis PLS dengan menggunakan *software the Unscrambler X 10.4*, pada analisis menggunakan kalibrasi PLS ini untuk menunjukkan nilai aktual (X-axis) dan prediksi FTIR (Y-axis).



Gambar 3.4 Hasil Analisis dengan Menggunakan PLS (*Partial Least Square*) (Rohman & Che Man, 2012).

Tabel 3.1 Tabel Hasil Penelitian dengan Menggunakan FTIR

		Campuran Minyak				
		1	2	3	4	5
Minyak Sawit		100%	25%	50%	75%	0%
Minyak Babi		0%	75%	50%	25%	100%
Data transmitansi (cm ⁻¹)						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit

Sampel Minyak babi diperoleh dari salah satu ruko pasar besar Kota Malang yang khusus menjual daging dan minyak babi, sedangkan sampel Minyak Sawit diperoleh dari salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang.

Minyak babi dan minyak sawit sebelum diuji menggunakan FTIR dibagi menjadi 5 macam berdasarkan konsentrasi dari masing-masing minyak yang akan dicampurkan. Konsentrasi minyak babi dan minyak sawit serta campuran keduanya dapat dilihat dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Konsentrasi Sampel Minyak Babi, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya

Sampel	Konsentrasi				
Minyak Babi	100%	75%	50%	25%	0%
Minyak Sawit	0%	25%	50%	75%	100%



Gambar 4.1 Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit dengan Konsentrasi Berbeda

Dalam pengambilan sampel hanya memerlukan beberapa mili dari minyak, karena ketika diuji menggunakan FTIR hanya membutuhkan beberapa tetes saja. Pada penelitian ini setiap botol sampel hanya membutuhkan 2 ml minyak. Meskipun konsentrasi yang dibutuhkan berbeda beda, dari 2 ml minyak tersebut setiap sampel dihitung per ml agar konsentrasinya sama yaitu 100%.

4.2 Hasil Uji Sampel Menggunakan FTIR

Minyak yang sudah dibagi berdasarkan konsentrasinya kemudian diuji menggunakan spektroskopi FTIR. Penggunaan FTIR bertujuan untuk mengetahui spektrum yang dihasilkan dari setiap sampel yang diuji. Data yang akan digunakan dalam uji FTIR adalah panjang gelombang dan transmitansi yang dihasilkan setiap sampel. Panjang gelombang dari FTIR menunjukkan vibrasi struktur kimia yang terkandung dalam suatu minyak, sedangkan transmitansi menunjukkan korelasi linear dengan konsentrasi dari sampel.

Terjadinya perubahan pada vibrasi suatu molekul yaitu ketika molekul menyerap sinar inframerah pada frekuensi tertentu apabila terdapat transisi energi didalam molekul, transisi energi yang terjadi didalam sinar inframerah inilah yang menyebabkan perubahan vibrasi dalam suatu molekul.

Spektroskopi FTIR mendeteksi secara cepat dari sampel minyak yang akan diuji dan hasil yang didapat konsisten memberikan informasi yang terkandung dari hasil analisis minyak babi dan minyak sawit.

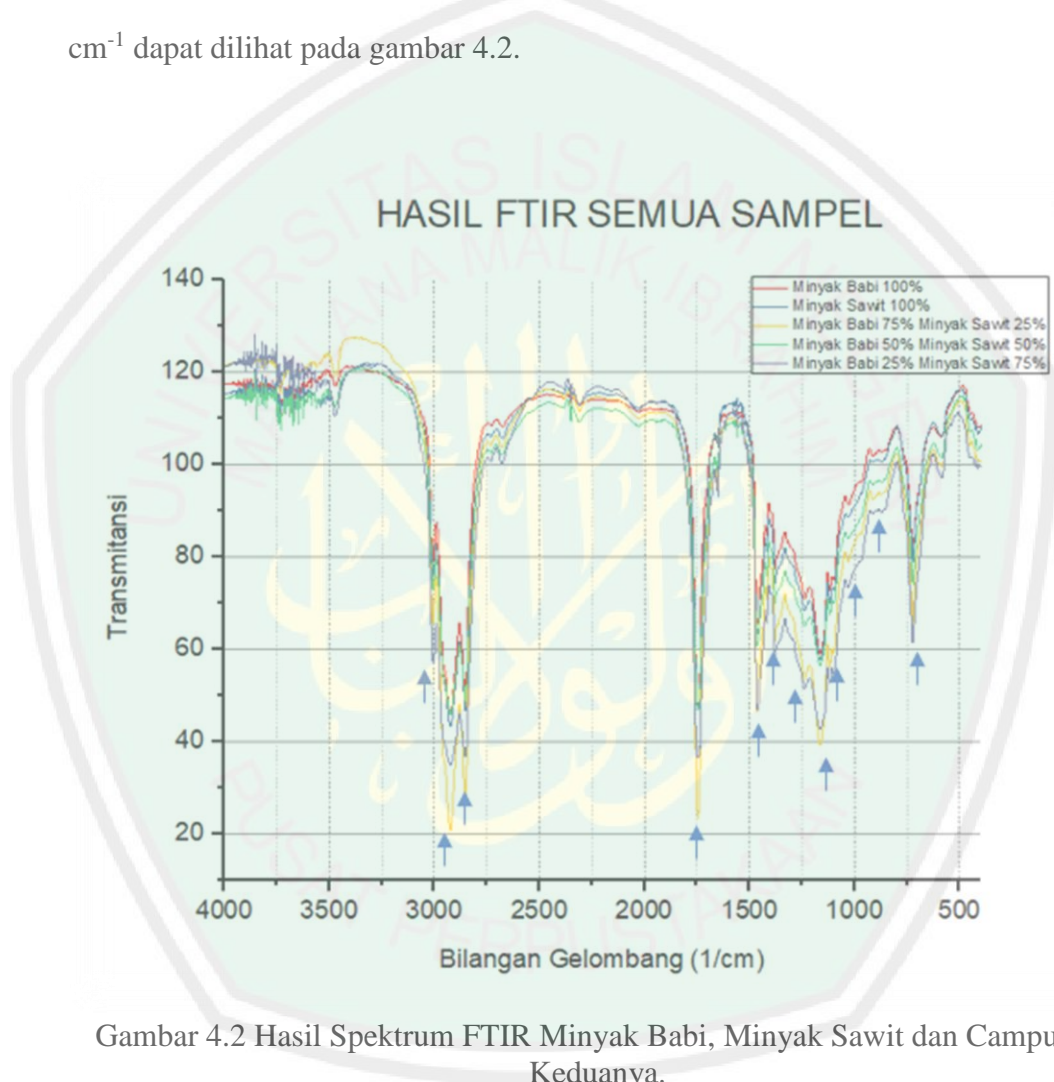
Tabel 4.2 Pita Serapan Inframerah (Kristianingrum, 2012).

Gugus	Senyawa	Frekuensi (cm ⁻¹)	Lingkungan Spektral cm ⁻¹ (μ)
OH	Alkohol	3580-3650	3333-3704 (2,7-3,0μ)
	Asam	2500-2700	
NH	Amina Primer dan Sekunder	-3500 3310-3500	2857-3333 (3,0-3,5 μ)
	Amida	3140-3320	
CH	Alkuna	3300	2500-2857 (4,0-4,5 μ)
	Alkena	3010-3095	
	Aromatik	-3030	
	Alkana	2853-2962	
	Aldehida	2700-2900	
SH	Sulfur	2500-2700	2222-2500 (4,5-5,0 μ)
C=C	Alkuna	2190-2260	
C=N	Alkilnitril	2240-2260	2000-2222 (5,0-5,5 μ)
	Iosianat	2240-2275	
	Arilnitril	2220-2240	
-N=C=N	Diimida	2130-2155	818-2000 (5,5-6,0 μ)
-N ₃	Azida	2120-2160	
>CO	Aldehid	1720-1740	
	Keton	1675-1725	
	Asam Karbositat	1700-1725	
	Ester	2000-2300	
	Asilhalida	1755-1850	
Amida	1670-1700		
CN	Oksim	1640-1690	1667-1818 (6,0-6,5 μ)
CO	β-diketon	1540-1640	
C=O	Ester	1650	1538-1667 (6,5-7,5 μ)
C=C	Alkena	1620-1680	
N-H _(b)	Amina	1575-1650	1538-1667
-N=N-	Azo	1575-1630	
-C-NO ₂	Nitro	1550-1570	1053-1333 (7,5-9,5 μ)
-C-NO ₂	Nitro aromatic	1300-1570	
C-O-C	Eter	1230-1270	666-900 (11-15,0μ)
-(CH ₂) _n	Senyawa lain	-722	

Tabel 4.2 menunjukkan pita serapan inframerah yang mencakup nama gugus fungsi dan senyawa yang dihasilkan pada daerah tertentu. Pada tabel pita serapan inframerah memuat senyawa, frekuensi bilangan gelombang dan juga lingkungan

terjadinya penyerapan inframerah. Tabel tersebut berguna untuk analisis hasil FTIR minyak babi, minyak sawit dan campuran keduanya.

Hasil pembacaan spektrum beberapa sampel minyak babi dan minyak sawit menggunakan FTIR yaitu pada panjang gelombang antara 4000 cm^{-1} sampai 500 cm^{-1} dapat dilihat pada gambar 4.2.

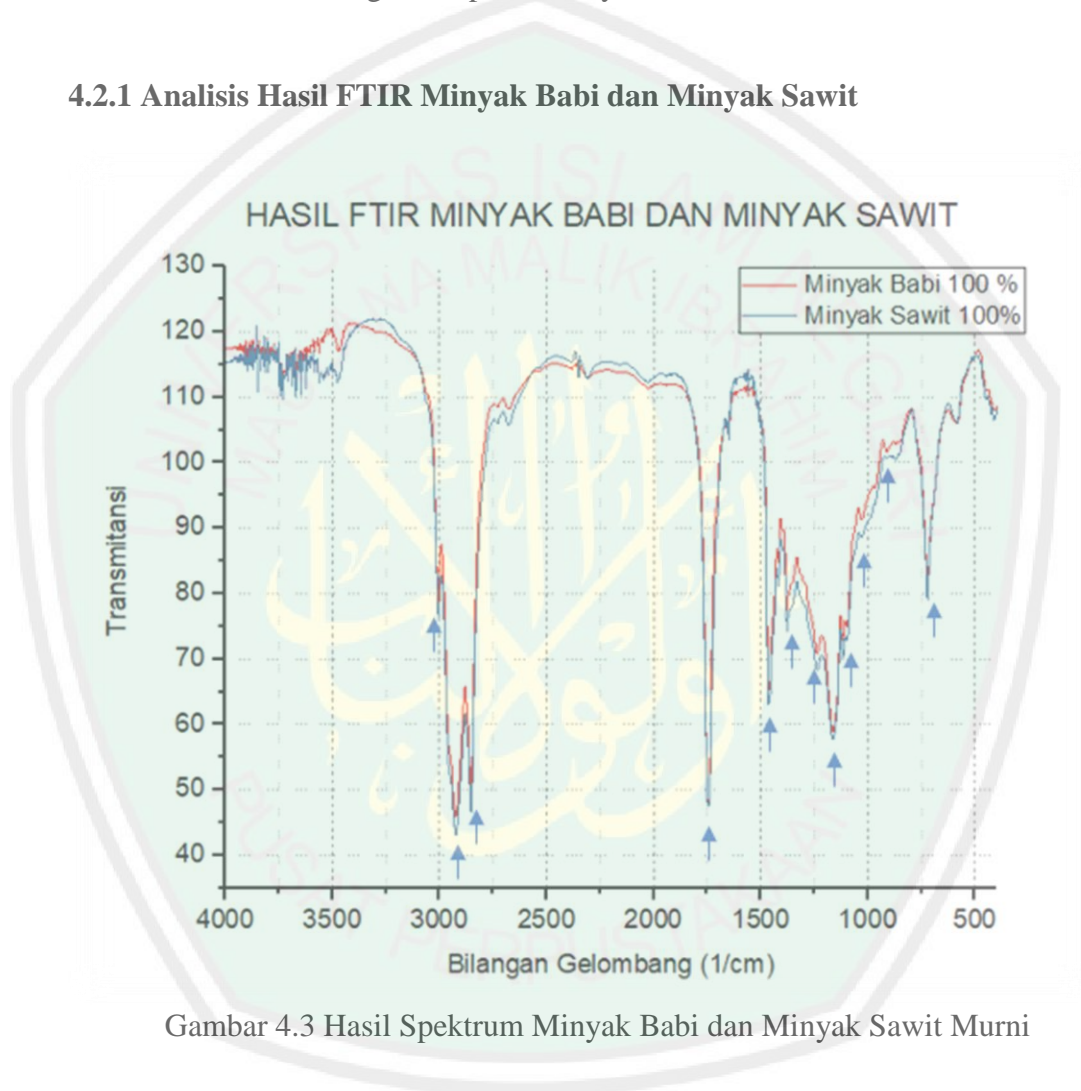


Gambar 4.2 Hasil Spektrum FTIR Minyak Babi, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya.

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pembacaan spektrum FTIR minyak babi, minyak sawit dan beberapa campuran minyak babi dan minyak sawit. Alat FTIR yang digunakan menggunakan FTIR merk Shimadzu. Sumbu X menunjukkan bilangan gelombang dan sumbu Y menunjukkan transmittansi. Tujuan analisis

spektroskopi inframerah yaitu untuk menentukan gugus fungsi molekul dalam sampel. Dari 5 spektrum yang dihasilkan ketika dilihat secara langsung hampir sama dan perbedaannya tidak terlalu signifikan, sehingga diperlukan analisis kemometrik untuk mengetahui perbedaannya.

4.2.1 Analisis Hasil FTIR Minyak Babi dan Minyak Sawit



Gambar 4.3 Hasil Spektrum Minyak Babi dan Minyak Sawit Murni

Berdasarkan gambar 4.3 spektrum yang dihasilkan dari sampel minyak babi dan minyak sawit murni pada wilayah inframerah 400 cm^{-1} – 4000 cm^{-1} . Pola spektrum yang dihasilkan kedua minyak memiliki pola yang hampir sama, hanya intensitasnya yang berbeda. Sifat dan komposisi yang terkandung dalam kedua sampel menyebabkan adanya perbedaan intensitas disetiap puncak transmitansi.

Adapun hasil gugus fungsi dari puncak bilangan gelombang FTIR dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.3 Gugus Fungsi Minyak Babi Murni

Bilangan Gelombang (1/cm)	Gugus Fungsi
3007.0241	<i>Cis-Olefinic C=H</i>
2924.0851	CH ₂
2852.7189	C-H (CH ₃) <i>methylene</i>
1747.5073	C=O <i>Carbonyl</i>
1463.971	CH ₂ <i>Methylene</i>
1417.6798	CH <i>cis</i> yang tidak tersubstitusi pada alkena
1377.1746	CH ₃ <i>methyl</i>
1163.076, 1118.7133, 1099.425	C-O (eter)
968.265	=CH dari isolasi <i>transolefin</i>
721,37718	<i>Overlapping</i> dari <i>methylene -CH₂</i>

Tabel 4.4 Gugus Fungsi Minyak Sawit Murni

Bilangan Gelombang (1/cm)	Gugus Fungsi
3005.09	<i>Cis-Olefinic C=H</i>
2924.09	CH ₂
2852.72	C-H (CH ₃) <i>methylene</i>
1743.65	C=O <i>Carbonyl</i>
1463.971	CH ₂ <i>Methylene</i>
1417.17	CH dari <i>cis</i> yang tidak tersubstitusi pada alkena
1376,37	CH ₃ <i>methyl</i>
1163.08, 1116.93, 1099.42	C-O (eter)
721,37	<i>Overlapping</i> dari <i>methylene -CH₂</i>

Berdasarkan tabel 4.3 dan tabel 4.4 hasil FTIR menunjukkan adanya perbedaan dari puncak transmitansi yang dihasilkan. Perbedaan paling signifikan yaitu pada bilangan gelombang 968 cm⁻¹ dimana pada sampel minyak babi terlihat adanya puncak sedangkan pada minyak sawit tidak ada. Pada puncak tersebut terdapat gugus fungsi =CH *transolefin*, yang menunjukkan kandungan *transolefin* pada minyak babi lebih banyak dari pada minyak sawit.

Perbedaan lain terlihat pada bilangan gelombang 1099 cm^{-1} , pada puncak ini keduanya memang memiliki puncak akan tetapi terdapat perbedaan dimana puncak yang dihasilkan oleh minyak sawit lebih lemah dari minyak babi. Puncak ini terjadi akibat adanya hubungan eter dalam *triacylglycerols*.

Pada bilangan gelombang 1117 cm^{-1} minyak memiliki spektrum yang spesifik dibandingkan ketika berada pada puncak 1099 cm^{-1} karena terdapat *overlapping*. Secara umum spektrum FTIR kedua serapan tersebut menunjukkan *overlapping* dari kandungan asam lemak jenuh dan asam oleat (Che, dkk., 2011).

Puncak transmitansi tertinggi dari keduanya minyak yaitu saat berada pada bilangan gelombang 2924 cm^{-1} , akan tetapi puncak transmitansi minyak sawit lebih rendah dari minyak babi. Pada bilangan gelombang 1747 cm^{-1} terdapat serapan karbonil yang cukup tinggi sehingga puncak transmitansi yang dihasilkan sangat tajam. Pada daerah 1417 cm^{-1} puncak intensitas minyak sawit lebih rendah dari minyak babi, menurut teori serapan pada daerah ini ada pada semua minyak nabati akan tetapi tidak muncul pada pola spektrum hewan (Guillen and Cabo, 1997).

Puncak serapan minyak babi cenderung lebih tinggi dari minyak sawit karena mengandung asam linoleat (lemak tak jenuh). Minyak babi juga memiliki bilangan iodin yang lebih tinggi dari minyak sawit. Semakin tinggi bilangan iodin maka semakin tinggi pula kandungan asam lemak tak jenuh dalam minyak.

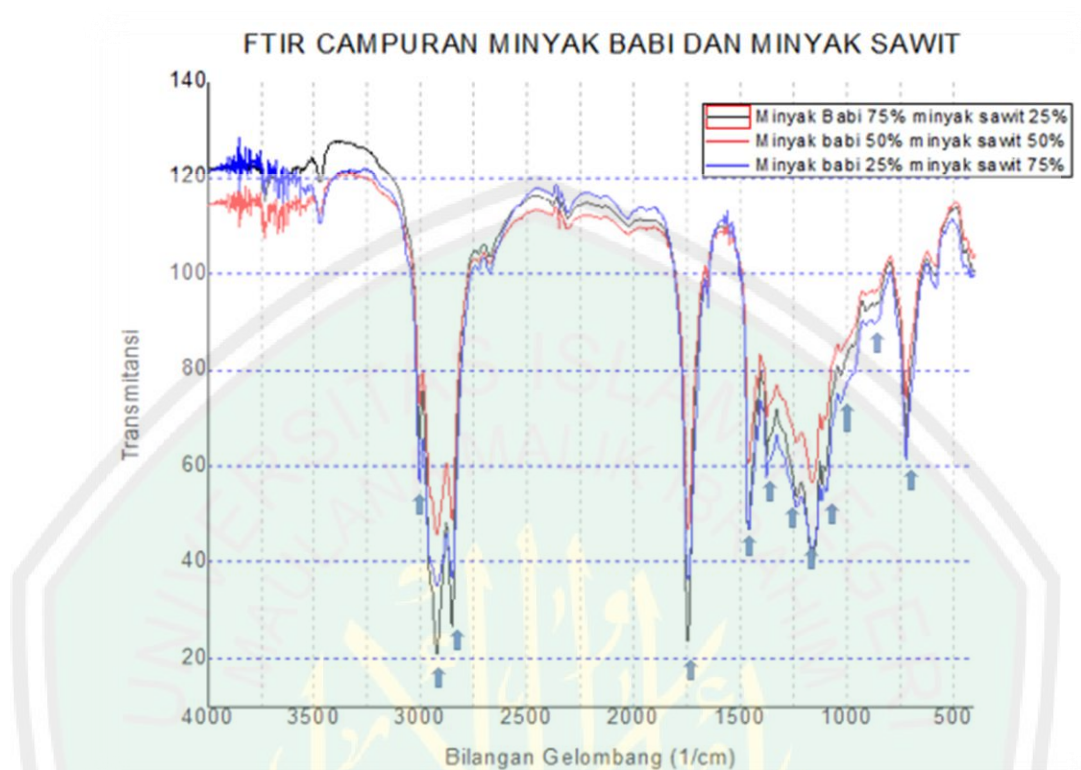
Menurut Rohman (2012) Pada daerah 3009 cm^{-1} serapan minyak babi lebih tinggi dari pada minyak sawit hal tersebut karena minyak babi kaya akan asam jenuh dari pada minyak sawit. Apabila campuran minyak babi semakin tinggi maka bertambah tinggi pula serapan pada daerah tersebut.

Penentuan komposisi asam lemak dari sampel yang diteliti (minyak sawit dan lemak babi) mengungkapkan bahwa kedua minyak memiliki jumlah asam oleat yang cukup tinggi. Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh Rohman (2012) diperoleh hasil pengujian menggunakan GC-MS pada minyak babi dan minyak sawit yaitu kandungan asam oleat (C18:1n9) pada minyak sawit sebesar 40,13% dan untuk minyak babi 39,12%, jadi asam oleat minyak sawit lebih tinggi dari minyak babi. Asam linoleat (C18:2n6) yang terkandung pada minyak babi sebesar 19,56% dan minyak sawit sebesar 10,46%. Kandungan asam linolenat (C18:3n6) pada Minyak babi sebesar 1,22% dan untuk minyak sawit 0,38%. Kandungan asam linoleat dan asam linolenat pada minyak babi lebih besar daripada minyak sawit.

Minyak babi mengandung gugus linoleat dua kali lipat dari minyak sawit. Hal ini terlihat dalam spektrum minyak babi, dimana puncak yang lebih tajam diamati pada bilangan gelombang 3005 cm^{-1} - 3007 cm^{-1} dibandingkan dengan spektrum minyak sawit. Minyak dengan proporsi tinggi gugus linolenat dan linoleat menunjukkan bilangan gelombang yang lebih tinggi untuk puncak ini dibandingkan dengan proporsi dari gugus oleat.

Daerah yang paling menunjukkan perbedaan signifikan yaitu antara daerah serapan 1000 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} yang biasanya disebut dengan daerah *fingerprint*. Daerah *fingerprint* merupakan daerah yang spesifik untuk menganalisis perbedaan minyak murni (Rohman & Che Man, 2012).

4.2.2 Analisis Hasil FTIR pada Campuran Babi dan Minyak Sawit



Gambar 4.4 Hasil Spektrum FTIR Campuran Minyak Babi dan Minyak Sawit dengan Konsentrasi Berbeda

Gambar 4.4 menunjukkan spektrum yang dihasilkan FTIR dari sampel campuran minyak babi dan minyak sawit dengan konsentrasi yang berbeda. Meskipun konsentrasinya berbeda, ketiga sampel tersebut menunjukkan pola spektrum yang sama, hanya intensitasnya yang berbeda. Seperti pembahasan sebelumnya intensitas yang berbeda menunjukkan kandungan dari minyak tersebut dan juga sifat dari minyak. Kandungan dan sifat dari minyak akan mempengaruhi intensitas spektrum yang dihasilkan.

Tabel 4.5 Gugus Fungsi Campuran Minyak Babi dan Minyak Sawit

Bilangan Gelombang (1/cm)			Gugus Fungsi
(75%:25%)	(50%:50%)	(25%:75%)	
3007.02	3005.09	3005.09	<i>Cis-Olefinic C=H</i>
2924.09	2924.08	2924.09	CH ₂
2852.72	2856.57	2852.72	C-H (CH ₃) <i>methylene</i>
1747.51	1745.57	1747.51	C=O <i>Carbonyl</i>
1458.18	1465.9	1460.11	CH ₂ <i>Methylene</i>
1417.67	1417.67	1417.67	CH dari <i>cis</i> yang tidak tersubstitusi pada alkena
1377.17	1377.17	1375.24	CH ₃ <i>methyl</i>
1163.08, 1116.78, 1099.43	1161.14, 1116.78, 1099.42	1165, 1112.92, 1099.43	C-O (eter)
948.97	968.26	968.27	=CH dari isolasi <i>transolefin</i>
721.37	721.37	721.38	<i>Overlapping</i> dari <i>methylene</i> –CH ₂

Tabel 4.5 menunjukkan gugus fungsi campuran minyak babi dan minyak sawit dengan konsentrasi tertentu. Berdasarkan hasil FTIR untuk 3 macam campuran minyak babi dan minyak sawit pola spektrum yang dihasilkan sama dan puncak transmitansi dari bilangan gelombang juga hampir sama dan sulit untuk membedakannya.

Berdasarkan hasil tersebut minyak yang mengandung campuran minyak babi murni dengan konsentrasi lebih tinggi maka serapannya akan tinggi, karena minyak babi memiliki serapan yang lebih tinggi dari minyak sawit (Gambar 4.4).

Hasil FTIR minyak babi, minyak sawit dan campuran kedua menunjukkan kesamaan antara kelima sampel. Untuk menganalisis cukup sulit dan harus teliti, sehingga perlu dikombinasikan dengan analisis kemometrik.

4.3 Analisis Kemometrik LDA dan PLS

Hasil dari uji FTIR kemudian dikombinasikan dengan menggunakan analisis kemometrik agar hasilnya lebih signifikan dan lebih jelas perbedaannya.

Kemometrik merupakan gabungan antara ilmu statistik dan matematika untuk mengolah data kimia. Kemometrik sendiri memudahkan apabila data yang diperoleh dari spektrofotometer bernilai besar dapat diperkecil, sehingga mudah dalam menganalisis (Varmuza, 2002).

Analisis Kemometrik banyak macamnya, salah satunya PLS (*Partial Least Square*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*). Analisis kemometrik LDA berfungsi untuk mengelompokkan suatu sampel minyak kemudian dikalibrasi dengan menggunakan PLS untuk menemukan korelitas antar sampel dan untuk kalibrasi dari sampel.

4.3.1 Analisis Kemometrik LDA

Analisis kemometrik LDA bertujuan untuk mengelompokkan suatu sampel minyak. Hasil uji FTIR sebanyak 5 sampel minyak sawit, minyak babi dan campuran keduanya merupakan data yang akan digunakan untuk menganalisis kemometrik LDA. Analisis kemometrik LDA berguna untuk mereduksi data yang banyak dan besar dan merubahnya menjadi data yang lebih kecil atau merubah menjadi bentuk dua atau tiga dimensi tanpa melewatkan informasi yang ada didalamnya. Pada penelitian ini analisis LDA dengan menggunakan *software* SPSS. Adapun data yang akan dianalisis menggunakan LDA dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Puncak Bilangan Gelombang FTIR untuk Analisis LDA

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	Grup
72.0	109.	111.0	116.0	123.0	133.	136.	137.	141.	145.	174.	234.	235.	285.	292.	300.	1.0
72.0	109.	111.0	116.0	123.0	133.	136.	137.	141.	145.	234.	235.	285.	285.	292.	300.	1.0
72.0	109.	111.0	116.0	123.0	136.	137.	141.	145.	146.	234.	235.	285.	285.	292.	300.	1.0
72.1	83.3	103.0	109.0	111.0	112.	114.	116.	123.	126.	137.	145.	174.	285.	292.	300.	2.0
72.1	83.5	103.0	109.0	111.0	112.	114.	116.	123.	126.	137.	145.	174.	285.	292.	300.	2.0
72.1	83.0	103.0	109.0	111.0	112.	114.	116.	123.	126.	137.	145.	173.	285.	292.	300.	2.0
72.0	94.0	100.0	109.0	111.0	116.	123.	136.	137.	141.	145.	167.	174.	285.	292.	300.	3.0
72.0	94.0	100.0	109.0	111.0	116.	123.	136.	137.	141.	145.	167.	174.	285.	292.	300.	3.0
72.0	93.0	100.0	109.0	111.0	116.	123.	136.	137.	141.	145.	167.	174.	285.	292.	300.	3.0
72.0	96.0	103.0	109.0	111.0	116.	123.	135.	137.	141.	146.	172.	174.	285.	292.	300.	4.0
72.0	90.0	103.0	109.0	111.0	116.	123.	135.	137.	141.	145.	171.	174.	285.	292.	300.	4.0
72.0	96.0	103.0	109.0	111.0	116.	123.	135.	137.	141.	145.	171.	174.	285.	292.	300.	4.0
72.0	104.	111.0	116.0	123.0	131.	137.	143.	146.	151.	173.	234.	235.	285.	292.	300.	5.0
72.0	109.	111.0	116.0	123.0	131.	137.	143.	145.	150.	174.	234.	235.	285.	292.	300.	5.0
72.0	109.	111.0	116.0	123.0	131.	137.	143.	145.	171.	174.	234.	235.	285.	292.	300.	5.0

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan hasil puncak transmitansi bilangan gelombang pada hasil uji FTIR. Setiap puncak bilangan gelombang tersebut diibaratkan sebagai sensor, karena puncak bilangan gelombang yang didapat jumlahnya ada 16, maka sensor yang akan digunakan ada 16 sensor: puncak bilangan gelombang pertama (G1), puncak bilangan gelombang kedua (G2), puncak bilangan gelombang ketiga (G3), puncak bilangan gelombang keempat (G4), puncak bilangan gelombang kelima (G5), puncak bilangan gelombang keenam (G6) dan puncak bilangan gelombang ketujuh (G7) sampai puncak bilangan gelombang keenam belas (G16). Keenam belas sensor tersebut kemudian akan digunakan sebagai variabel independen untuk mendapatkan data LDA.

A. Data LDA dari Hasil FTIR

Tabel 4.7 *Group Statistik*

Grup	Mean	Std. Deviation	Valid N (listwise)	
			Unweighted	Weighted
G1	72.1300	.00000	3	3.000
G2	109.8067	.11547	3	3.000
G3	111.8700	.00000	3	3.000
G4	116.3667	.11547	3	3.000
G5	123.7633	.11547	3	3.000
G6	134.6233	1.33945	3	3.000
G7	136.6833	.88912	3	3.000
G8	138.9967	2.39500	3	3.000
G9	143.0933	2.30940	3	3.000
G10	146.0033	.33486	3	3.000
G11	214.3833	34.32351	3	3.000
G12	235.3100	1.00459	3	3.000
G13	268.8100	28.50956	3	3.000
G14	285.2700	.00000	3	3.000
G15	292.4000	.00000	3	3.000
G16	300.6333	.11547	3	3.000
G1	72.1390	.00173	3	3.000
G2	83.5190	.00173	3	3.000
G3	103.1910	.00000	3	3.000
G4	109.9420	.00000	3	3.000

G5	111.6930	.00000	3	3.000
G6	112.3210	.11085	3	3.000
G7	114.7640	.00000	3	3.000
G8	116.3080	.00000	3	3.000
G9	123.6370	.00000	3	3.000
G10	126.5943	.11143	3	3.000
G11	137.7170	.00000	3	3.000
G12	145.7513	.11547	3	3.000
G13	174.3007	.67779	3	3.000
G14	285.2720	.00000	3	3.000
G15	292.3447	.11143	3	3.000
G16	300.5090	.00000	3	3.000
G1	72.1373	.00058	3	3.000
G2	94.3827	.73011	3	3.000
G3	100.5553	.11143	3	3.000
G4	109.9430	.00000	3	3.000
G5	111.7423	.11143	3	3.000
G6	116.3080	.00000	3	3.000
G7	123.6370	.00000	3	3.000
G8	136.3027	.11143	3	3.000
G9	137.7170	.00000	3	3.000
G10	141.8313	.11143	3	3.000
G11	145.8180	.00000	3	3.000
G12	167.4417	.22471	3	3.000
G13	174.7510	.00000	3	3.000
G14	285.3363	.11143	3	3.000
G15	292.4090	.00000	3	3.000
G16	300.7020	.00000	3	3.000
G1	72.1373	.00058	3	3.000
G2	94.7690	3.56369	3	3.000
G3	103.1913	.00058	3	3.000
G4	109.9423	.00058	3	3.000
G5	111.7423	.11143	3	3.000
G6	116.2430	.11172	3	3.000
G7	123.6370	.00000	3	3.000
G8	135.7243	.29470	3	3.000
G9	137.7170	.00000	3	3.000
G10	141.7670	.00000	3	3.000
G11	146.0113	.51025	3	3.000
G12	171.7930	.22257	3	3.000
G13	174.4907	.11576	3	3.000
G14	285.4000	.22257	3	3.000
G15	292.4083	.00058	3	3.000
G16	300.5093	.00058	3	3.000
G1	72.2660	.22257	3	3.000
G2	108.2080	3.00424	3	3.000

G3	111.6780	.33429	3	3.000
G4	116.5000	.00000	3	3.000
G5	123.8300	.00000	3	3.000
G6	131.6737	.29481	3	3.000
G7	137.5887	.11114	3	3.000
G8	143.6963	.19250	3	3.000
G9	145.8183	.19250	3	3.000
G10	157.8413	11.97204	3	3.000
G11	174.3010	.77942	3	3.000
G12	234.1580	.00000	3	3.000
G13	235.8940	.00000	3	3.000
G14	285.2720	.00000	3	3.000
G15	292.2803	.11143	3	3.000
G16	300.3910	.23265	3	3.000
G1	72.1619	.09994	15	15.000
G2	98.1371	10.26344	15	15.000
G3	106.0971	4.90238	15	15.000
G4	112.5388	3.29206	15	15.000
G5	116.5542	6.12151	15	15.000
G6	122.2338	9.40916	15	15.000
G7	127.2620	9.00498	15	15.000
G8	134.2056	9.75381	15	15.000
G9	137.5965	7.96811	15	15.000
G10	142.8075	11.30843	15	15.000
G11	163.6461	31.98745	15	15.000
G12	190.8908	38.16699	15	15.000
G13	205.6493	42.31134	15	15.000
G14	285.3101	.10815	15	15.000
G15	292.3685	.07899	15	15.000
G16	300.5489	.14902	15	15.000

Tahapan awal untuk analisis LDA dimulai dengan penerjemahan untuk setiap anggota kelompok/grup. Pada tahapan awal ini setiap kelompok memiliki 16 macam anggota. Setiap kelompok/grup tersebut memuat anggota yang memiliki karakteristik yang hampir sama sehingga dapat dikelompokkan menjadi satu. Setiap grup memiliki anggota yang berbeda dengan grup lain. Berdasarkan data tersebut kemudian akan dianalisis dengan tahapan yang lain sampai menemukan persamaan fungsi diskriminasi setiap kelompok.

Berdasarkan Tabel 4.7 mengenai *Group Statistik* menjelaskan bahwa hasil yang dianalisis total keseluruhan ada 15 respon. Pada *output* ini memberikan penjelasan deskriptif nilai rata-rata dan standar deviasi dari setiap grup. Pada grup pertama (minyak babi murni) dan kedua (minyak sawit murni) ketika berada pada sensor 1 (G1) memiliki keputusan yang lebih tinggi dari pada sensor pada grup lain.

Tabel 4.8 *Tests of Equality of Group Means*

	<i>Wilk's Lamda</i>	F	Df1	Df2	Sig.
G1	.709	1.028	4	10	.439
G2	.030	80.269	4	10	.000
G3	.001	3384.834	4	10	.000
G4	.000	14221.573	4	10	.000
G5	.000	17179.714	4	10	.000
G6	.003	810.440	4	10	.000
G7	.001	1764.959	4	10	.000
G8	.009	281.014	4	10	.000
G9	.012	204.392	4	10	.000
G10	.160	13.099	4	10	.001
G11	.165	12.688	4	10	.001
G12	.000	22706.698	4	10	.000
G13	.065	36.023	4	10	.000
G14	.757	.804	4	10	.550
G15	.569	1.897	4	10	.188
G16	.434	3.261	4	10	.059

Pada tabel 4.8 *Test of Quality of Grup Means* merupakan hasil dari analisis yang digunakan untuk menguji kesamaan rata-rata variabel yang digunakan. Pengujian ini menggunakan metode *Wilks' Lambda* dan nilai uji signifikansi. Uji Signifikansi yang digunakan yaitu perbedaan rata-rata dari variabel independen sensor 1 sampai sensor 16. Nilai uji signifikansi yang digunakan dengan cara mengambil keputusan hipotesis:

- a. Apabila signifikansi $>0,05$ maka tidak ada perbedaan dalam suatu grup/ kelompok

- b. Apabila Signifikasi $<0,05$ maka ada perbedaan dalam suatu grup/kelompok.

Metode *Wilk's Lambda* dalam mengambil keputusan yaitu jika angka *Wilk's Lambda* mendekati angka nol maka cenderung adanya perbedaan dalam grup/kelompok.

Nilai *Wilk's Lambda* secara matematis diperoleh dari persamaan (Gudono, 2015):

$$\lambda = \frac{SS_w}{SST} \quad (4.1)$$

Nilai SS_w merupakan nilai varian dalam matriks $SSCP_w$ (*Sum of Square and Cross Product*) dan SS_T merupakan nilai varians dalam matriks $SSCP_t$. Nilai SS_w diperoleh dari tabel *Pooled Within-Group Matrices*. Nilai SS_t diperoleh dari tabel *Covariance Matrices*, yang dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

SS_w atau $SS_T X_n = \text{jumlah } df \times \text{covariance variabel independen } (X_n, n = 1,2,3,..)$

Dengan df adalah *degree of freedom* sedangkan X_n adalah variabel independen ke- n .

Berdasarkan tabel 4.8 hasil yang diperoleh yaitu pada nilai *Wilk's Lambda* pada sensor 1 sampai sensor 13 mendekati angka nol, artinya pada hasil tersebut dapat membedakan perbedaan dalam grup. Untuk nilai signifikasi yang didapat yaitu dari sensor 2 sampai sensor 13 yaitu $<0,05$ yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata setiap kelompok pada variabel independen. Untuk sensor pertama dan sensor 14 sampai 15 nilai signifikasi $>0,05$ yang menunjukkan tidak adanya perbedaan rata-rata setiap kelompok pada variabel independen. Dapat diartikan bahwa sensor 2 sampai sensor 13 memiliki pengaruh yang dominan dalam

klasifikasi antar grup. Sedangkan untuk sensor lain pengaruhnya tidak terlalu banyak akan tetapi masih bisa memuat informasi untuk diskriminasi setiap grup.

Tahapan selanjutnya pada analisis LDA yaitu menentukan matrik varian dan kovarian. Matrik varian dan kovarian dibentuk untuk membentuk matriks baru. Matrik varian adalah ukuran korelasi antara dua variabel acak yang sama sedangkan matrik kovarian merupakan ukuran korelasi antara dua atau lebih variabel acak. Matrik baru yang terbentuk dari matrik varian dan kovarian kemudian akan membentuk nilai eigen (*eigenvalues*) dan faktor eigen.

Matrik kovarian terbentuk dari 16 variabel atau 16 puncak gelombang yang terbentuk dalam tahap *group statistics*. Pada tabel hasil analisis matrik kovarian (dapat dilihat di lampiran) dalam tabel tersebut apabila ada korelasi antar variabel independen yang memiliki nilai $>0,5$ maka dapat dikatakan adanya gejala multikolinearitas. Multikolinearitas terjadi apabila ada dua atau lebih variabel independen yang berkorelasi. Gejala Multikolinearitas bisa dilihat dari nilai eigen yang diperoleh.

Tabel 4.9 *Stepwise Method*

<i>Steps</i>	<i>Number of Variable</i>	<i>Wilk's lambda</i>											
		<i>Lambda</i>				<i>Extract F</i>				<i>Approximate F</i>			
			<i>Df1</i>	<i>Df2</i>	<i>Df3</i>	<i>Statistic</i>	<i>Df1</i>	<i>Df2</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>Df1</i>	<i>Df2</i>	<i>Sig.</i>
1	1	.000	1	4	10	22706.698	4	10.000	.000				
2	2	.000	2	4	10	1699.0500	8	18.000	.000				
3	3	.000	3	4	10					2567.096	12	21.458	.000
4	4	.000	4	4	10					2161.847	16	22.023	.000
5	5	.000	5	4	10					1976.095	20	20.850	.000
6	6	.000	6	4	10					1636.354	24	18.653	.000
7	7	.000	7	4	10					4322.077	28	15.844	.000
8	8	.000	8	4	10					6256.969	32	12.659	.000

Tabel 4.9 merupakan hasil dari proses *Stepwise Method*. Pada proses ini menunjukkan variabel yang diproses dalam setiap tahap atau mengalami iterasi. Dalam tahapan tersebut ada 8 tahapan yang berarti ada 8 variabel yang masuk kedalam model. Variabel yang masuk adalah variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan pada grup dan tidak mempengaruhi nilai F yang tidak signifikan.

Untuk membedakan kelompok atau grup yaitu nilai signifikansinya lebih kecil dari 0,05, maka berdasarkan data tersebut untuk nilai signifikansinya sudah memenuhi syarat. Nilai *Wilk's Lambda* yang diperlihatkan dari data statistik menunjukkan tingkat residual *error* konstan bernilai nol, yang artinya kemampuan untuk diskriminasi dari fungsi yang dihasilkan konstan bernilai nol dari iterasi pertama sampai iterasi kedelapan.

Tabel 4.10 *Eigenvalues*

<i>Function</i>	<i>Eigenvalue</i>	<i>% of Variance</i>	<i>Cumulative %</i>	<i>Canonical Correlation</i>
1	1.158E6	99.3	99.3	1.000
2	6374.886 ^a	.5	99.8	1.000
3	1805.500 ^a	.2	100.0	1.000
4	228.456 ^a	.0	100.0	.998

a. *First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis*

Pada tabel 4.10 Merupakan bagian dari *Summary of Canonical Discriminant Function*, dimana dalam proses ini adanya nilai eigen atau nilai akar yang menunjukkan ada atau tidaknya multikolinearitas antara data peubah bebas. Syarat terjadinya multikolinearitas terjadi apabila nilai eigen mendekati nol. Berdasarkan hasil data tersebut nilai eigen yang diperoleh menjauhi angka nol, yang artinya fungsi diskriminan yang diperoleh cukup baik karena tidak terjadi multikolinearitas

antara sesama peubah bebas. Dari nilai eigen ini akan diurutkan dari yang terbesar ke terkecil yang kemudian akan memuat informasi untuk menjadi *output scor plot* LDA.

Pada tabel tersebut juga terdapat nilai *Canonical Correlation* yang menunjukkan ukuran derajat hubungan antara besarnya variabilitas yang diterangkan oleh variabel independen terhadap variabel dependen. Nilai canonical yang didapat yaitu sebesar 1,000 apabila dikuadratkan menjadi 100% dari variabel dependen dijelaskan dari model diskriminan.

4.11 *Classification Function Coefficients*

	Grup				
	1	2	3	4	5
G1	-748053.41	-733724.89	-736741.28	-730562.56	-752656.2
G3	-213638.07	-221087.98	-221346.06	-217620.50	-215885.3
G4	7645036.72	7327951.86	7358684.04	7335428.72	7676338.6
G5	-336838.80	-347735.18	-346024.56	-342325.13	-339683.4
G6	169132.948	153696.942	155224.445	155543.889	169146.38
G8	249976.211	24307.244	243772.104	242673.644	251308.14
G11	-22438.265	-21048.972	-21207.345	-21183.112	-22505.29
G12	-81872.739	-93803.110	-91852.732	-90127.686	-83036.38
(Constant)	-4.018E8	-3.600E8	-3.639E8	-3.628E8	-4.044E8

Fungsi diskriminasi yang terbentuk dari tabel 4.11 yang digunakan untuk pengklasifikasian perbedaan antar grup minyak yang murni dan memiliki campuran antara lain:

$$D_1 = -4,018 \text{ (konstan)} - 748053,415 \text{ (G1)} - 213638,077 \text{ (G3)} + 7645036,727 \text{ (G4)} - 336838,804 \text{ (G5)} + 169132,948 \text{ (G6)} + 249976,211 \text{ (G8)} - 22438,265 \text{ (G11)} - 81872,739 \text{ (G12)}$$

$$D_2 = -3,600 \text{ (konstan)} - 733742,899(G1) - 221087,983 (G3) + 7327951,866 (G4) \\ - 347735,187 (G5) + 153696,942 (G6) + 243075,244 (G8) - 21048,972 \\ (G11) - 93893,110 (G12)$$

$$D_3 = -3,639 \text{ (konstan)} - 736741,285 (G1) - 221346,068 (G3) + 7358684,044 (G4) \\ - 346024,563 (G5) + 155224,445 (G6) + 243772,104 (G8) - 21207,345 \\ (G11) - 91852,732 (G12)$$

$$D_4 = -3,628 \text{ (konstan)} - 730562,566 (G1) - 217620,508 (G3) + 7335428,721 (G4) \\ - 342325,136 (G5) + 155543,889 (G6) + 242673,644 (G8) - 21183,112 \\ (G11) - 90127,686 (G12)$$

$$D_5 = -4,044 \text{ (konstan)} - 752656,248 (G1) - 215885,387 (G3) + 7676338,461 (G4) \\ - 339683,461 (G5) + 169146,380 (G6) + 251308,141 (G8) - 22505,291 \\ (G11) - 83036,386 (G12)$$

Berdasarkan fungsi diskriminan diatas kemudian diuji signifikansinya dalam klasifikasi minyak babi, minyak sawit dan campuran keduanya dari data tabel. Hipotesis yang dilakukan dengan menggunakan uji *Chi-square* dengan rincian hipotesis sebagai berikut:

- a. H_0 = tidak ada perbedaan *Function at Grup Centroids* dari kelima fungsi diskriminan
- b. H_1 = adanya perbedaan *Function at Grup Centroids* dari kelima fungsi diskriminan

Syarat dari uji *Chi-square* yaitu:

- a. Signifikasi $> 0,05$ maka H_0 diterima
- b. Signifikasi $< 0,05$ maka H_0 ditolak

Tabel 4.12 *Wilk's lambda*

<i>Test of Function(s)</i>	<i>Wilk's lambda</i>	<i>Chi-square</i>	<i>Df</i>	<i>Sig.</i>
1 through 4	.000	267.429	32	.000
2 through 4	.000	162.714	21	.000
3 through 4	.000	97.011	12	.000
4	.004	40.768	5	.000

Tabel 4.13 *Functions at Grup Centeroids*

GRUP	<i>Function</i>			
	1	2	3	4
1	1050.002	-43.247	25.196	-15.631
2	-868.563	78.459	43.487	-.678
3	-650.566	12.116	-55.538	-11.409
4	-622.524	-100.984	6.105	12.751
5	1091.652	53.656	-19.251	14.967

Unstandardized canonical discriminant function evaluated at group means

Tabel 4.12 *Wilk's Lambda* menunjukkan fungsi diskriminan pertama dan fungsi diskriminan kedua. Berdasarkan nilai *Wilk's Lambda* yang diperoleh maka nilai signifikasinya yaitu $< 0,05$ artinya ada perbedaan rata-rata *centeroid* dari kedua fungsi diskriminan. Terjadinya *centeroid* dari grup/kelompok 1 sampai 5 menunjukkan perbedaan rata-rata skor diskriminan dari kelima grup cukup signifikan, sehingga fungsi diskriminan yang diperoleh cukup baik untuk membedakan minyak babi, minyak sawit dan campuran keduanya.

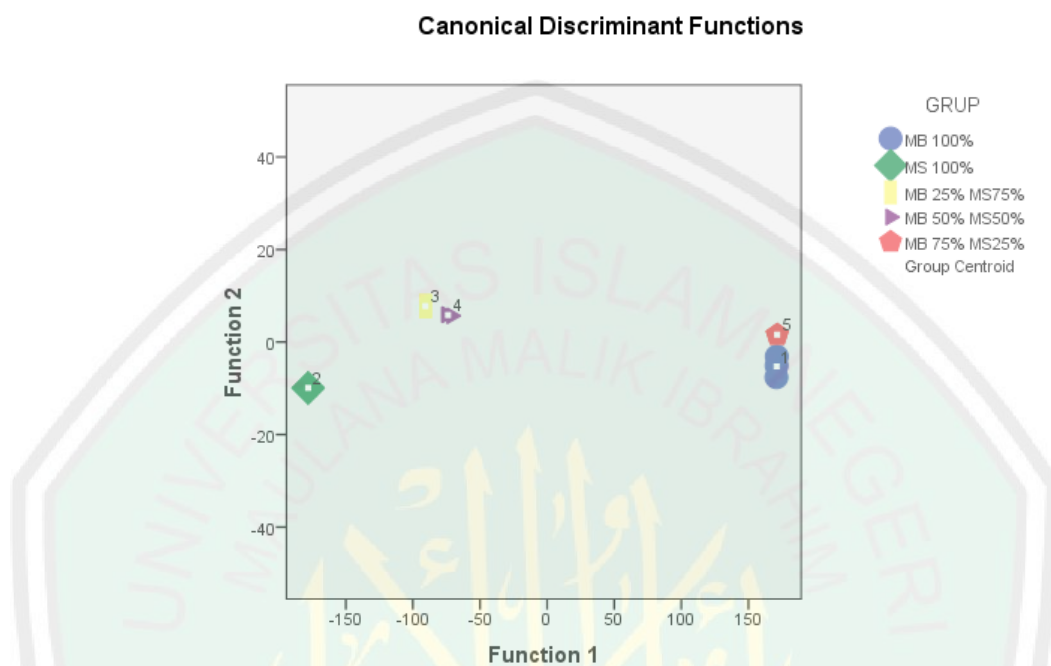
Tabel 4.14 *Classification Results*

		<i>Predicted Group Membership</i>					Total	
		1	2	3	4	5		
Original	Count	1	3	0	0	0	0	3
		2	0	3	0	0	0	3
		3	0	0	3	0	0	3
		4	0	0	0	3	0	3
		5	0	0	0	0	3	3
	%	1	100.0	.0	.0	.0	.0	100.0
		2	.0	100.0	.0	.0	.0	100.0
		3	.0	.0	100.0	.0	.0	100.0
		4	.0	.0	.0	100.0	.0	100.0
		5	.0	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated^a	Count	1	1	0	0	0	2	3
		2	0	3	0	0	0	3
		3	0	0	3	0	0	3
		4	0	0	0	3	0	3
		5	0	1	0	0	2	3
	%	1	33.3	0	.0	.0	66.7	100.0
		2	.0	100.0	.0	.0	.0	100.0
		3	.0	.0	100.0	.0	.0	100.0
		4	.0	.0	.0	100.0	.0	100.0
		5	.0	0	.0	.0	100	100.0

- a. A cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case classified by the function derived from all cases other than that cases.
- b. 100,0 % of original group cases correctly classified
- c. 86,7% of cross-validated grouped cases correctly classified

Tabel 4.14 menunjukkan cross-tabulasi antara perhitungan awal dan setelah dicross-validation. Dalam hasil tersebut terlihat adanya beberapa perbedaan antara perhitungan awal dan setelah dicross-validation, akan tetapi tidak signifikan. Secara keseluruhan fungsi diskriminasi yang terbentuk memiliki tingkat validasi yang tinggi yaitu 100%, hasil tabel diatas menunjukkan hasil keakuratan fungsi diskriminasi yang sudah cukup baik.

B. Analisis LDA Data FTIR Minyak Babi, Minyak Sawit dan Campuran
Keduanya



Gambar 4.5 *Score Plot* LDA

Hasil analisis perbedaan minyak babi dan minyak sawit dan campuran keduanya ditunjukkan pada gambar 4.5. Gambar tersebut merupakan hasil dari proses *Canonical Discriminant Function* dalam bentuk *Score Plot*. Pola klasifikasi yang terbentuk berdasarkan konsentrasi minyak babi, minyak sawit dan campuran keduanya. Warna biru menunjukkan minyak babi dengan konsentrasi 100% , warna hijau menunjukkan minyak sawit dengan konsentrasi 100%, warna kuning menunjukkan campuran minyak babi dan minyak sawit dengan perbandingan konsentrasi 25%:75%, warna ungu menunjukkan campuran minyak babi dan minyak sawit dengan perbandingan konsentrasi 50%:50%, warna merah menunjukkan campuran minyak babi dan minyak sawit dengan perbandingan

konsentrasi 75% : 25%. *Scor Plot* didapatkan dari fungsi diskriminan yang diperoleh dari analisis *Function of Grup Centeroids* dari kelima grup minyak. Data FTIR untuk setiap pengulangan menunjukkan tidak ada perbedaan ketika dianalisis, oleh karena itu anggota dari setiap grup mengelompok menjadi satu (*Group Centeroid*) jadi tidak terlihat adanya pengulangan. Untuk minyak babi dan minyak sawit yang memiliki campuran babi dengan konsentrasi tinggi terlihat dalam hasil *Score Plot* berdekatan, dan minyak sawit murni dengan minyak yang campuran yang mengandung minyak sawit lebih tinggi juga terlihat berdekatan.

Klasifikasi tersebut didapat dari nilai fungsi diskriminan yang memiliki fungsi yang berbeda dari setiap konsentrasi minyak yang didapat saat proses *Canonical Discriminant Function* yang bisa dilihat pada tabel 4.11. Dari *Score Plot* diatas ada dua fungsi yaitu sumbu X atau fungsi X dan sumbu Y atau fungsi Y. Fungsi X menunjukkan fungsi diskriminasi pertama sedangkan fungsi Y menunjukkan fungsi diskriminasi kedua. Berdasarkan kedua fungsi tersebut yang memiliki kontribusi paling besar untuk membedakan yaitu fungsi diskriminasi pertama dengan nilai varian sebesar 99,3 % sedangkan fungsi diskriminasi kedua memiliki kontribusi dengan nilai varian sebesar 0,07 % yang artinya fungsi pertama lebih dominan membedakan antar kelompok minyak. Dari fungsi diskriminan pertama dan fungsi diskriminan kedua apabila dijumlahkan yaitu bernilai 100%, yang berarti saat proses diskriminasi tidak ada yang data yang terlewatkan sedikitpun dan error tidak ditemukan.

Berdasarkan hasil LDA tersebut apabila dihubungkan dengan analisis FTIR maka hasil tersebut menunjukkan hasil yang baik. Hasil FTIR menunjukkan bahwa

minyak sawit dan minyak babi ada perbedaannya meskipun sulit untuk dianalisis, karena sifat dan kandungan dari kedua minyak memiliki perbedaan. Dari hasil LDA juga menunjukkan pengelompokan minyak sesuai dengan konsentrasi antar sampel. Minyak yang mengandung konsentrasi campuran minyak murni lebih banyak cenderung mendekati kelompok minyak murni begitu juga sebaliknya.

4.3.2 Analisis Kemometrik PLS

PLS sebagai salah satu analisis multivariat yang cukup efektif, oleh karena itu sering digunakan pada spektroskopi inframerah kuantitatif. PLS berguna untuk merekonstruksi spektrum dari spektra pemuat untuk memprediksi konsentrasi sampel yang tidak diketahui.

Menurut Syahriza (2005) dalam Rohman (2010) *Partial Least Square (PLS)* model PLS bergantung pada kemampuan untuk mengeksploitasi FTIR spektral data dari frekuensi spektrum yang luas dan untuk mengkorelasikan spektral perubahan dalam konsentrasi komponen sementara secara bersamaan akuntansi untuk spektrum lain yang memiliki kontribusi dalam satu FTIR spektrum.

Parameter yang digunakan dalam PLS sebagai metode kalibrasi yaitu *Factors, Loadings dan Scores*. Model PLS menggunakan komponen data peubah bebas (X) dan data peubah tak bebas (Y). Inti dari PLS yaitu untuk menghitung nilai (*Scores*) dari matriks x dan y dan membuat regresi antara dua nilai tersebut (Dieterle, 2003).

Data Spektrum yang dipilih sebagai model kalibrasi harus memenuhi kriteria dari nilai R², RMSEC (*Root Mean Standart Error of Calibration*), RMSECV (*Root*

Mean Square Error Cross Validation) untuk analisis secara kuantitatif (Lukman,dkk., 2016).

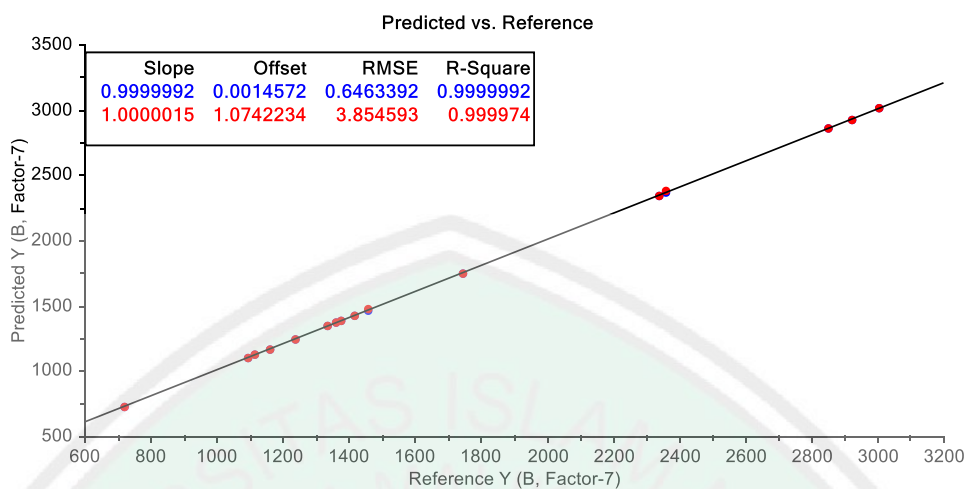
Root Mean Square Error of Calibration (RMSEC) digunakan untuk mengevaluasi adanya error dalam model kalibrasi. Nilai RMSEC dapat dihitung menggunakan persamaan (Liang, dkk., 2013):

$$\text{RMSEC} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{actual} - \text{calculated})^2}{N - f - 1}} \quad (4.2)$$

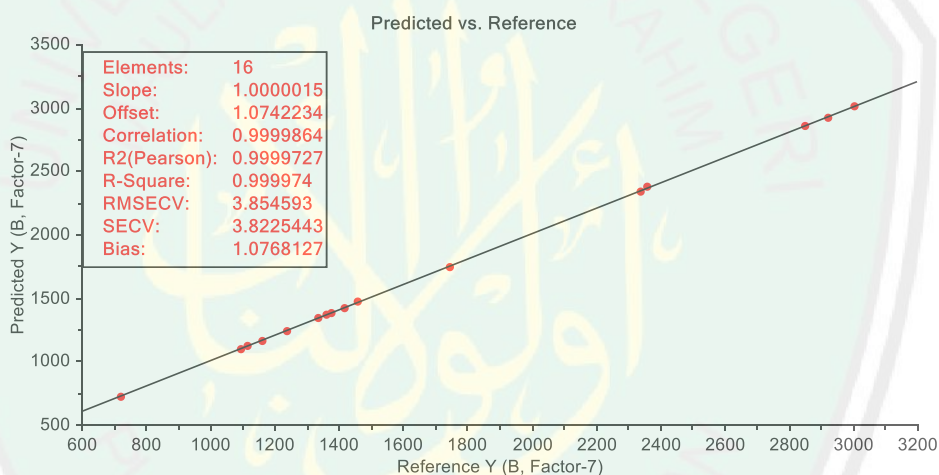
Dalam persamaan 4.2 “*actual*” menunjukkan konsentrasi yang diseleksi secara standar sedangkan “*calculated*” menunjukkan nilai yang dihitung menggunakan data spektra. N merupakan nomor sampel yang digunakan dalam model kalibrasi dan f adalah nomor faktor yang digunakan dalam model kalibrasi.

Kebenaran dari metode kalibrasi kemudian diuji dengan menggunakan teknik validasi silang. Teknik validasi silang digunakan untuk memprediksi atau memperkirakan seberapa akurat metode kalibrasi yang dibuat untuk diimplementasikan (Ratnasari,2016).

Data yang digunakan untuk analisis PLS adalah data transmitansi FTIR minyak sawit, minyak babi dan campuran keduanya. Akan tetapi pengulangannya tidak disertakan karena hanya untuk mengetahui konsentrasi saja. Berdasarkan data yang diperoleh didapatkan persamaan Linear kalibrasi $y = 0,999x + 0,001$ dengan $R^2 = 0,999$.



Gambar 4.6 Validasi PLS Minyak Babi, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya



Gambar 4.7 Kalibrasi PLS Minyak Babi, Minyak Sawit dan Campuran Keduanya

Berdasarkan gambar 4.6 Dan 4.7 menunjukkan linearitas hubungan antara nilai prediksi FTIR minyak babi murni dengan nilai FTIR minyak yang mengandung campuran minyak babi menggunakan PLS. Analisis PLS pada penelitian ini menggunakan *software the Unscrambler X 10.4*.

Tabel 4.15 Nilai Kebaikan Kalibrasi dan Validasi Model PLS

	Validasi	Kalibrasi
R2	0,99	0,99
Korelasi	0,99	0,99
RMSECV	3,85	-
RMSE	-	0,64
SECV	3,82	-
Bias	1,07	-

Berdasarkan tabel 4.15 untuk nilai kesalahan validasi yang diperoleh antara lain akar kuadrat rata-rata kesalahan validasi (RMSECV) sebesar 3,85, akar kesalahan validasi (SECV) sebesar 0,64 dan bias 1,07. Kesalahan kalibrasi yaitu akar kuadrat rata-rata kesalahan kalibrasi (RMSE) sebesar 0,64. Dari data tersebut analisis PLS sudah baik, hal tersebut dapat dilihat dari nilai R2 mendekati 1 dan rendahnya nilai kesalahan validasi (RMSECV) dan kesalahan kalibrasi (RMSE).

Pemilihan data spektrum didasarkan pada kemampuan prediksi terbaik yaitu jika nilai korelasi R2 yang dihasilkan semakin besar dan nilai eror RMSEC dan RMSECV semakin kecil (Lukman, dkk., 2016).

Hal ini dapat dikatakan bahwa hasil FTIR yang dikombinasikan dengan LDA dan PLS efektif untuk menganalisis minyak babi, minyak sawit dan konsentrasi campuran keduanya yang dapat dilihat dari pengelompokan LDA dan juga kalibrasi PLS.

Berdasarkan hasil yang diperoleh FTIR belum mampu membedakan secara efektif dan akurat perbedaan minyak babi dan minyak sawit murni serta campuran keduanya. Analisis FTIR perlu dikombinasikan dengan analisis kemometrik yaitu analisis LDA yang mampu mengelompokkan kelompok murni dan campuran serta PLS yang mampu mengkalibrasi dan mengoreksi hasil yang diperoleh.

Analisis LDA sudah menunjukkan hasil yang baik karena mampu mengelompokkan sesuai dengan konsentrasi dan kandungannya. Analisis PLS juga menunjukkan bahwa tingkat kesalahan yang didapat ketika menganalisis rendah.

Al quran sejak berabad-abad sudah menjelaskan tentang perintah untuk mempelajari segala fenomena yang terjadi di alam seperti yang tercantum dalam surat an-Nahl (16): 13.

وَمَا ذَرَأَ لَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَذَّكَّرُونَ

“ dan Dia (menundukkan pula) apa yang Dia ciptakan untuk kamu di bumi ini dengan berlain-lainan macamnya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran” (Q.S An- nahl (16): 13).

Dalam ayat tersebut menjelaskan tentang penciptaan Allah SWT dan kekuasaannya. Ayat tersebut merupakan bukti kasih sayang Allah SWT pada manusia agar manusia *mentadabburi*, mempelajari dan mencermati semua proses penciptaan Allah SWT yang kemudian dikembangkan menjadi ilmu pengetahuan yang modern.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR) belum secara efektif membedakan minyak babi dan minyak sawit serta campuran keduanya dengan konsentrasi tertentu. Hasil FTIR perlu dikombinasikan dengan metode kemometrik LDA dan PLS. Secara kualitatif dengan bantuan *Linear Discriminant Analysis* (LDA) hasil dari FTIR sudah bisa mengelompok dan hasilnya *centeroid* pada pengulangannya. Pada analisis LDA didapatkan fungsi diskriminasi 1 dengan nilai varian sebesar 99.3 % sedangkan fungsi diskriminasi 2 memiliki kontribusi dengan nilai varian sebesar 0.07% yang artinya fungsi diskriminasi 1 lebih dominan mampu membedakan antar kelompok minyak. Sedangkan analisis PLS yang dihasilkan sudah baik, hal tersebut dapat dilihat dari nilai R2 dan rendahnya nilai kesalahan validasi (RMSECV) dan kesalahan kalibrasi (RMSE).

5.2 Saran

1. Pada analisis LDA dibutuhkan perbedaan nilai yang cukup signifikan, sehingga data pengulangan pada setiap kelompok tidak terjadi *centeroid*.
2. Untuk penelitian berikutnya apabila menggunakan analisis PLS lebih efektif apabila ada sampel minyak yang sudah tercampur pada produk makanan, sehingga bisa membedakan minyak campuran yang terdapat dalam produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M.J., 1995. *Chemometrics in Analytical Spectroscopy. RSC Analytical Spectroscopy Monographs*: Letchworth.
- Al Baghdadi, A. 2002. *Babi Halal, Babi Haram*. Jakarta: Gema Insani Press.
- Apriyanto, A. 2001. *Sistem Sertifikasi Halal di Indonesia, Seminar Pangan, Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian*. Bandung : IPB.
- Bintang, M. 2010. *Biokimia Teknik Penelitian*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Belitz, H.D., Ghrosch, W. 1987. *Food Chemistry*. Canada : Springer Verlag.
- Che, Y.B., Rohman, M.A. & Mansor, T.S.T., 2011. *Differentiation of Lard From Other Edible Fats and Oils by Means of Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics*. , pp.187–192.
- Dewi, Diana Candra. 2007. *Rahasia Dibalik Makanan Haram*. Malang: UIN-Malang Press.
- Dian, Christien Arisona. 2015. *Analisis Diskriminan Linear pada Klasifikasi Nasabah Menunggu dan Tidak Menunggu dengan Metode Cross Validation*. Skripsi. Makasar: Universitas Hasanudin.
- Damayanti, Fitri. 2010. *Pengenalan Citra Wajah Menggunakan Metode Two Dimensional Linear Discriminant Analysis dan Support Vector Machine*. Vol 5. No 3 0216-0544.
- Dieterle, F. 2003. *Multyanalyte Quantification by Means of Integration of Artificial Neural Networks, Genetic Algorithms and Chemometrics for Time-Resolved Analytical Data*. http://www.frank-dieterle.de/phd/6_1.htm (diakses 14 Agustus 2018).
- Fukunaga, K. 1990. *Introduction to Statistical Pattern Recognition Second*. Boston: Harcound Brace Jovanovich.
- Gaman, P., Sherrington, K. 1994. *Ilmu Pangan, Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi* . Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Gemperline, P. 2006. *Practical Guide to Chemometrics, 2nd Edition*. Taylor and Francis Group : Boca Raton.
- Gudono. 2015. *Analisis Data Multivariat*. Yogyakarta: BPFE.

- Guillen, M.D and Cabo, N. (1997). *Characterization of Edible Oils and Lard by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Relationship Between composition and Frequency concrete bands in the Fingerprint Region*. J. Am Oil Chem. Soc., 74: 1281-1286.
- Garthwaite, P. H. (1994). *An Interpretation of Partial Least Squares*. *Journal of the American Statistical Association*, 89, 122-127.
- Hamka. 2004. *Tafsir al-Azhar Juz 1*. Jakarta: Pustaka Panjimas.
- Jalaludin, Muhammad bin Ahmad. 2010. *Tafsir Al-Jalalain*. Surabaya: Pustaka Elba.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- Kristianingrum, Susila. 2012. *Handout Spektroskopi Inframerah (Infrared Spectroscopy, IR)*. susila.k@uny.ac.id.
- Liang P, Wang H, Chen C, Ge F, Liu D, Li S, et al. 2013. *The Use of Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Quantification of Adulteration in Virgin Walnut Oil*. *Journal of Spectroscopy*.
- Liang, T. 2009. *Seluk Beluk Kelapa Sawit - Bab VIII*. Produk dan Standarisasi. PT. Harapan Sawit Lestari, Kab. Ketapang. Kalimantan Barat. 15 hlm.
- Lu, D.D. & Ye, X.Z., 2011. *FTIR Spectroscopy and Chemometric Class Modeling Techniques for Authentication of Chinese Sesame Oil*. , pp.1003–1009.
- Lukman, Hilmia., Wulandari, Lesty., Retnaningtyas, Yuni. 2016. *Penentuan Kadar Flavonoid pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik (Determination of Flavonoid in Leave Extracts Using NIR and Chemometric)*. e-Jurnal Pustaka Kesehatan, vol. 4 (no. 1).
- Miller JN, Miller JC. 2010. *Chemometrics for Analytical Chemistry Fifth edition*. Analytical Chemistry. Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.
- Moehyi, S. 1992. *Penyelenggaraan Makanan Institusi Dan Jasa Boga*. Jakarta : Bhatara.
- Mulja, M., Suharman. 1995. *Analisis Instrumen, Cetakan 1*, 26-32. Surabaya: Airlangga University Press.
- O'Brien, James A., M. Marakas, George. 2010. *Management Information Systems. Eight Edition*. New York : McGraw-Hill/Irwin.

- Ohyver, Margaretha. 2010. *Penerapan Partial Least Square pada Data Gingerol*. jurnal ComTech Vol.1: 39-47.
- Pavia, Donald, dkk. 2001. *Introduction to Spectroscopy 3rd Edition*. USA: Thomson Learning.
- Paye, Marc., Barel, Andre., Maibach, Howard. 2001. *Handbook of Cosmeutical Science and Technology*, 151-152.
- Quran in Ms. Word Version 2.2.0.0 . 2013. *Addins Quran in Ms Word made by Mohamad Taufiq*, mail: moh. taufiq@gmail.com Facebook Page: <https://www.facebook.com/QuranInMsWord> <http://taufiqproduct.com>.
- Ratnasari, Fracilia Arinda.,dkk. 2016. *Penentuan Kadar Fenol Total Pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode Spektroskopi NIR dan Kemometrik (Determination of Total Phenolic in Leave Extracts Using Spectroscopy NIR and Chemometric)*. e-jurnal Pustaka Kesehatan, vol. 4 (no. 2).
- Rohman, A., Kuwat, T., Retno, S., Sisindari., Yuny, E., and Tridjoko, W. 2012. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy applied for Rapid Analysis of Lard in Palm Oil*. *International Food Research Journal*, 19(3), 1161-1165.
- Rohman, A., Che Man. 2009. *Monitoring of Virgin Cococnut Oil (VCO) Adulteration with Palm Oil Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. *Journal of Food Lipids*, **16** (2009) 618–628.
- Rohman, A., Che Man. 2012. *Pengembangan Metode Deteksi Minyak Keldelai Dalam Campuran Minyak Kelapa Murni Dengan Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika*. *Jurnal Agritech*, 23(2),111-116.
- Rondang Tambun. 2006. *Buku Ajar Teknologi Oleokimia (TKK 322)*. Medan: Fakultas Teknik Universitas.
- Ruby, R., Figueroa. *Partial Least Square (regression)*. <https://www.utdallas.edu/~herve/Abdi-PLSR2007-pretty.pdf> (diakses Februari 2018)
- Saraiva, C., Vasconcelos, H. & Almeida, J.M.M.M. De, 2017. *International Journal of Food Microbiology A chemometrics approach applied to Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) for monitoring the spoilage of fresh salmon (Salmo salar) stored under modi fi ed atmospheres*. *International Journal of Food Microbiology*, 241, pp.331–339. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.038>.
- Salunkhe, D.K. 1992. *World Oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold.

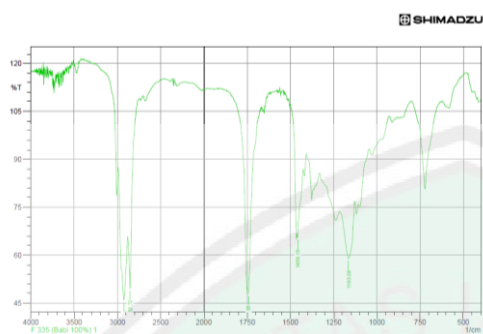
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Infra Merah Edisi I, Cetakan I*. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Silverstein, R.M., Webster, F.X. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compound, Sixth edition*. US: John Wiley&Sons, Inc.
- Skoog, D.a., Holler, F. J. AND Nieman, T. A. 1998. *Principles of Instrumental Analysis. Fifth ed*. Philadelphia: Harcourt Brace.
- Syahriza, Z.A., Che Man, Y.B., Selamat, J., dan Bakar, J. 2005. *Detection of Lard Adulteration in Cake Formulation by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Food Chemistry. 92*: 365-370.
- Syarjaya, Syibli. 2008. *Tafsir Ayat- Ayat Ahkam*. Jakarta: PT Raja Grafindo.
- Tazi, Imam, Choiriyah A, Siswanta D, Triyana K. 2017. *Detection of Taste Change of Bovine and Goat Milk in Room Ambient Using Electronic Tongue*. Indonesia J Chem.;17(3):422–30.
- Vacawati, W.D., Kuswandi, B. & Wulandari, L., 2013. *(Fourier Transform Infrared) dan Kemometrik sebagai Verifikasi Halal (Detection of Lard in Chicken Fat using FTIR (Fourier Transform Infrared) Spectroscopy and Chemometrics as Halal Verification)*, pp.1–6.
- Varmuza, K. 2000. *Applied Chemometrics: From Chemical Data to Relevant Information*. 1st Conference on Chemistry Cairo University.
- Wahyudi, Setiawan. 2012. *Sistem Deteksi Retinopati Diabetik Menggunakan Support Vector Machine*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.
- Watson, David. 2005. *Analisis Farmasi: Buku Ajar untuk Mahasiswa Farmasi dan Praktisi Kimia Farmasi Edisi 2*. EGC : Jakarta.
- Winarno, F.G., 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Yaqub, Ali Mustofa. 2009. *Kriteria Halal Haram*. Jakarta: PT Pustaka Firdaus.



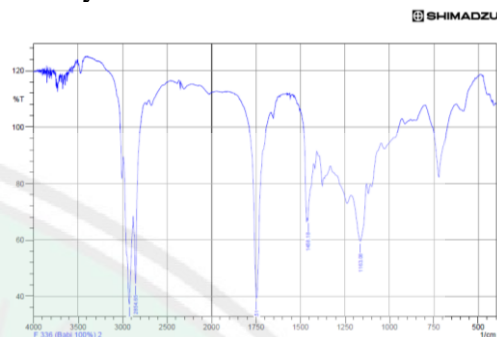
LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Hasil FTIR

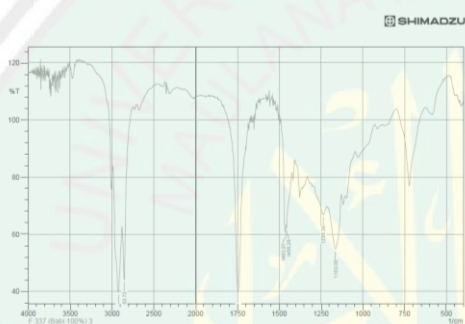
Minyak Babi 100% 1



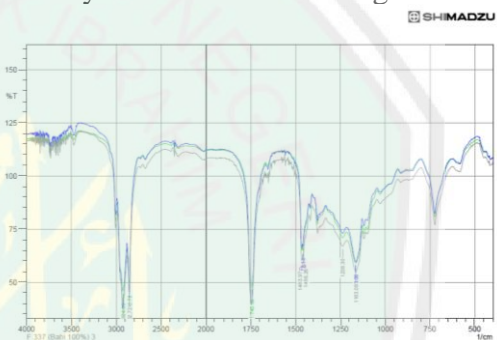
Minyak Babi 100% 2



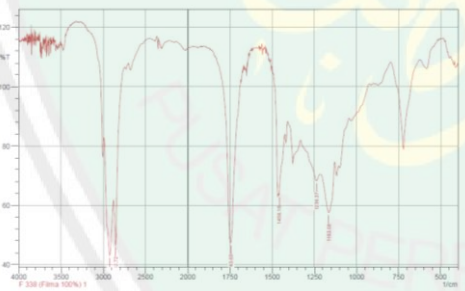
Minyak Babi 100% 3



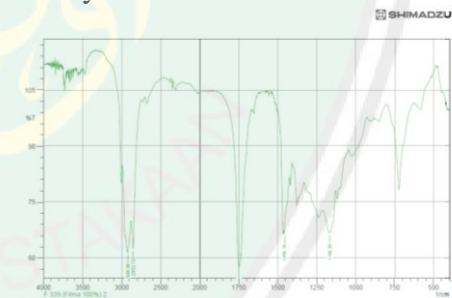
Minyak Babi 100% Gabungan



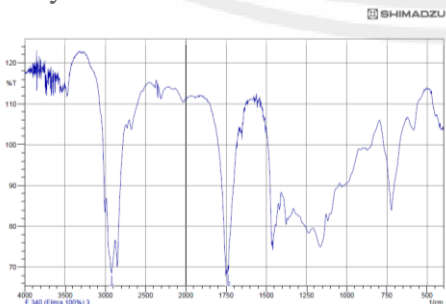
Minyak Sawit 100% 1



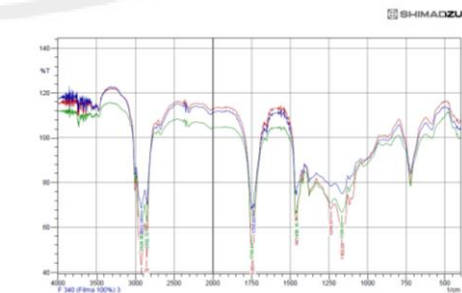
Minyak Sawit 100% 2



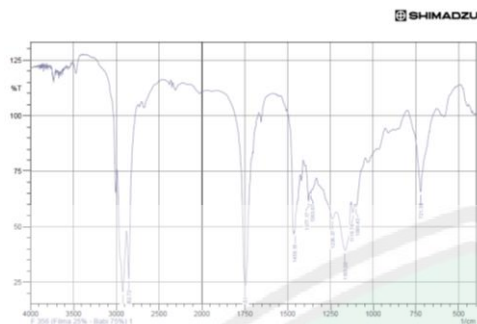
Minyak Sawit 100% 3



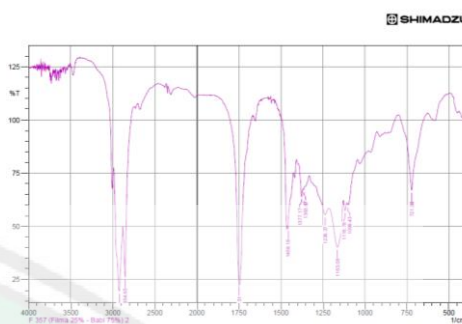
Minyak Sawit 100% gabungan



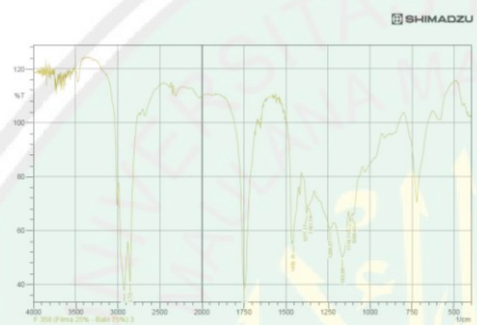
Babi 75% Sawit 25% 1



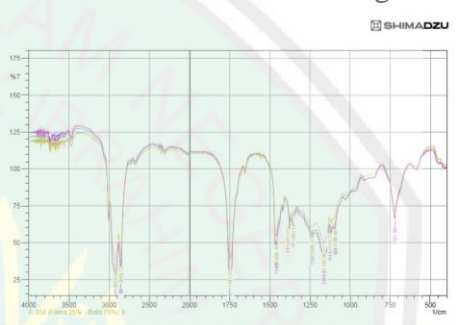
Babi 75% Sawit 25% 2



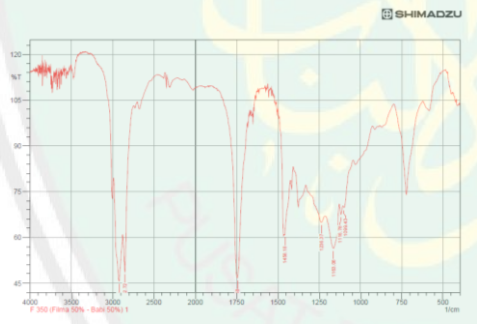
Babi 75% Sawit 25% 3



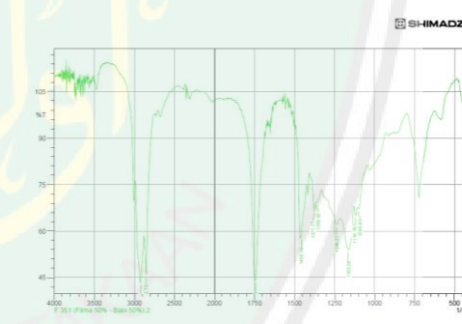
Babi 75% Sawit 25% Gabungan



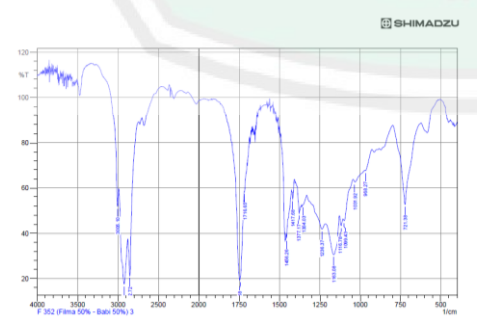
Babi 50% Sawit 50% 1



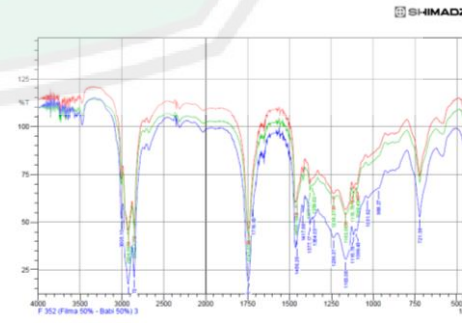
Babi 50% Sawit 50% 2



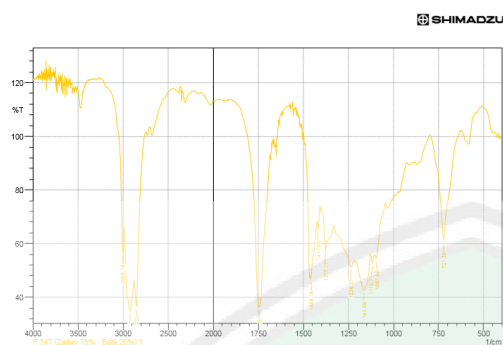
Babi 50% Sawit 50% 3



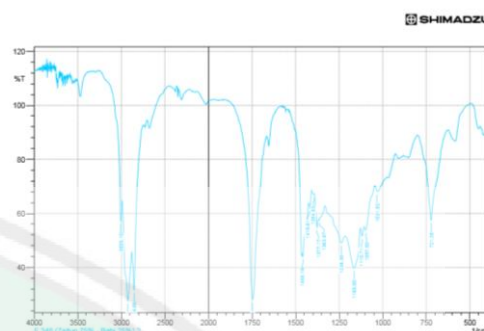
Babi 50% Sawit 50% Gabungan



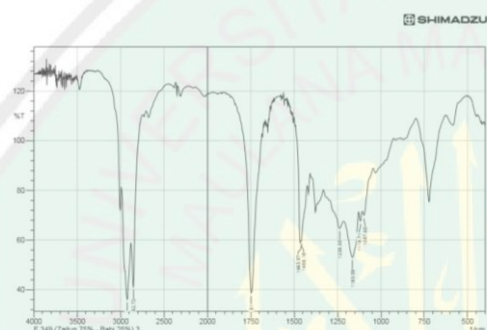
Babi 25% Sawit 75% 1



Babi 25% Sawit 75% 2



Babi 25% Sawit 75% 3



Lampiran 2 Hasil SPSS Analisis LDA
Analysis Case Processing Summary

Unweighted Cases		N	Percent
Valid		15	100.0
Excluded	Missing or out-of-range group codes	0	.0
	At least one missing discriminating variable	0	.0
	Both missing or out-of-range group codes and at least one missing discriminating variable	0	.0
	Total	0	.0
Total		15	100.0

Tests of Equality of Group Means

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
G1	.709	1.028	4	10	.439
G2	.030	80.269	4	10	.000
G3	.001	3384.834	4	10	.000
G4	.000	14221.573	4	10	.000
G5	.000	17179.714	4	10	.000
G6	.003	810.440	4	10	.000
G7	.001	1764.959	4	10	.000
G8	.009	281.014	4	10	.000
G9	.012	204.392	4	10	.000
G10	.160	13.099	4	10	.001
G11	.165	12.688	4	10	.001
G12	.000	22706.698	4	10	.000
G13	.065	36.023	4	10	.000
G14	.757	.804	4	10	.550
G15	.569	1.897	4	10	.188
G16	.434	3.261	4	10	.059

Covariance Matrices

Group	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	
1	G1	-1.08	-8.84	-3.45	-6.67	1.01	-2.31	1.23	-3.49	7.20	-6.17	-5.70	9.18	2.31	2.30	1.572	-5.53
	G2	-8.84	.013	-1.16	.013	.007	-.077	-.051	-.148	-.133	-.019	1.977	.058	1.646	1.14	-6.78	-.013
	G3	-3.45	-1.16	1.71	-6.98	8.06	-8.68	1.49	-5.61	1.90	1.52	-1.70	1.35	-3.90	-4.86	2.51	8.17
	G4	-6.67	.013	-6.98	.013	.007	-.077	-.051	-.148	-.133	-.019	1.977	.058	1.646	-1.17	-1.10	-.013
	G5	1.013	.007	8.06	.007	.013	-.155	-.103	-.276	-.039	-1.987	-.058	-1.646	1.663	7.677	-.007	
	G6	-2.31	-.077	-8.68	-.077	-.155	1.794	1.191	3.205	3.093	.449	23.045	.673	19.094	-1.67	-1.66	.077
	G7	1.23	-.051	1.49	-.051	-.103	1.191	.791	2.128	2.053	.298	15.297	.447	12.674	1.95	8.98	.051
	G8	-3.49	-.148	-5.61	-.148	-.276	3.205	2.128	5.736	5.527	.801	38.352	1.119	31.768	-7.94	5.333	.148
	G9	7.20	-.133	1.90	-.133	-.267	3.093	2.053	5.527	5.333	.773	39.733	1.160	32.920	1.091	-1.26	.133
	G10	-6.13	-.019	1.528	-.019	-.039	.449	.298	.801	.773	.112	5.761	.168	4.773	4.21	-2.88	.019
	G11	-5.70	1.977	-1.70	1.977	-1.987	23.045	15.297	38.352	39.733	5.761	1178.1	34.48	978.54	3.50	9.47	-1.977
	G12	9.18	.058	1.35	.058	-.058	.673	.447	1.119	1.160	.168	34.481	1.009	28.640	-6.88	1.137	-.058
	G13	2.31	1.646	-3.908	1.646	-1.646	19.094	12.674	31.768	32.920	4.773	978.54	28.64	812.79	-1.31	8.10	-1.646
	G14	2.30	1.18	-4.86	-1.17	1.66	-1.67	1.95	-7.99	1.09	4.21	3.50	-6.88	-1.315	5.64	9.09	-1.61
	G15	1.57	-6.78	2.51	-1.10	7.67	-1.66	8.98	5.33	-1.26	-2.88	9.472	1.137	8.10	9.095	4.81	-4.20

	G16	-5.53	-.013	8.171	-.013	-.007	.077	.051	.148	.133	.019	-1.977	-.058	-1.646	-1.61	-4.20	.013
2.0	G1	3.000	-1.50	2.545	1.827	1.248	.000	2.502	5.533	-5.365	.000	2.651	.000	-9.650	-2.35	-9.650	2.236
	G2	-1.50	3.000	9.948	3.819	3.881	9.60	-5.83	-1.513	1.821	9.650	-2.00	.000	.001	-4.89	.000	3.96
	G3	2.545	9.948	-6.501	1.910	2.50	-8.686	5.494	7.478	3.050	2.22	-1.58	1.890	1.656	1.57	-5.00	3.748
	G4	1.827	3.819	1.910	-8.04	-1.785	-7.08	-1.224	9.823	4.654	-1.830	-1.74	2.16	6.18	-5.13	4.54	1.993
	G5	1.248	3.881	2.50	-1.78	-3.53	-1.21	7.99	-3.30	-2.139	-2.602	-4.32	-5.86	4.349	-6.19	-5.14	-5.57
	G6	.000	9.60	-8.68	-7.08	-1.21	.012	-6.94	-3.70	-2.599	.012	-4.423	-.013	.006	-2.828	.006	-8.42
	G7	2.502	-5.83	5.494	-1.224	7.994	-6.946	-1.46	-1.85	2.203	2.673	-3.55	1.25	4.73	2.45	4.11	-2.65
	G8	5.53	-1.51	7.47	9.823	-3.30	-3.70	-1.853	-1.16	-2.220	-1.082	-2.38	-4.90	-2.62	-7.969	-8.56	5.329
	G9	-5.36	1.821	3.05	4.65	-2.139	-2.59	2.203	-2.22	-7.940	9.770	-5.343	-2.20	6.608	-4.121	2.021	-6.217
	G10	.000	9.650	2.222	-1.83	-2.60	.012	2.67	-1.082	9.770	.012	-6.33	-.013	.006	-1.27	.006	-2.16
	G11	2.65	-2.007	-1.588	-1.74	-4.32	-4.42	-3.553	-2.380	-5.34	-6.333	-1.734	-3.88	2.533	-8.509	-6.23	-5.581
	G12	.000	.000	1.890	2.162	-5.862	-.013	1.258	-4.90	-2.208	-.013	-3.885	.013	-.006	-2.657	-.006	-7.816
	G13	-9.650	.001	1.65	6.182	4.349	.006	4.739	-2.629	6.608	.006	2.533	-.006	.459	6.850	.068	1.103
	G14	-2.352	-4.892	1.57	-5.13	-6.199	-2.82	2.451	-7.969	-4.121	-1.271	-8.50	-2.65	6.850	-3.05	-1.120	5.45
	G15	-9.650	.000	-5.009	4.547	-5.141	.006	4.110	-8.569	2.021	.006	-6.235	-.006	.068	-1.120	.012	-1.12
	G16	2.236	3.961	3.748	1.993	-5.574	-8.420	-2.654	5.339	-6.217	-2.164	-5.581	-7.81	1.103	5.450	-1.127	-1.252
3.0	G1	3.33	.000	-3.217	-2.216	-3.29	-9.761	-4.343	3.217	-1.376	-3.217	-2.179	.000	-3.412	6.433	-1.88	1.13

G2	.000	.533	.050	-1.126	-.081	-2.251	-5.862	.081	-4.500	.050	-2.73	.122	-4.25	.031	-6.45	-8.18
G3	-3.21	.050	.012	1.06	-.006	-8.93	2.67	.006	-2.089	.012	-3.16	-.002	-4.04	-.006	-2.97	-2.21
G4	-2.21	-1.12	1.06	-3.10	8.24	-2.46	5.400	-3.67	-7.194	-4.84	-2.96	-4.10	-3.18	-3.084	-3.627	-5.35
G5	-3.21	-.081	-.006	8.24	.012	8.82	5.32	-.012	1.869	-.006	2.132	-.021	-1.05	-.006	1.27	2.98
G6	-9.76	-2.25	-8.93	-2.46	8.82	-1.16	-2.23	-3.348	-2.380	2.968	-1.277	-1.17	-4.206	2.714	-5.162	2.988
G7	-4.343	-5.862	2.66	5.400	5.329	-2.220	-7.940	-1.599	-5.343	-2.398	-3.318	3.977	-1.323	-1.61	8.27	-4.23
G8	3.217	.081	.006	-3.674	-.012	-3.348	-1.599	.012	-3.83	.006	-6.601	.021	-7.848	.006	-2.697	-7.265
G9	-1.37	-4.500	-2.08	-7.194	1.869	-2.38	-5.343	-3.837	-1.73	5.04	-5.86	7.496	-1.33	1.49	-1.07	-4.6
G10	-3.21	.050	.012	-4.849	-.006	2.96	-2.3	.006	5.045	.012	-9.166	-.002	2.299	-.006	3.528	3.794
G11	-2.17	-2.736	-3.160	-2.96	2.132	-1.27	-3.318	-6.601	-5.869	-9.166	-3.78	-7.20	-6.825	-5.169	1.53	-1.25
G12	.000	.122	-.002	-4.109	-.021	-1.17	3.977	.021	7.496	-.002	-7.208	.050	2.416	.023	6.771	1.190
G13	-3.412	-4.256	-4.041	-3.185	-1.052	-4.206	-1.323	-7.848	-1.339	2.299	-6.82	2.41	-1.112	-2.083	-6.324	-3.780
G14	6.433	.031	-.006	-3.084	-.006	2.714	-1.616	.006	1.492	-.006	-5.169	.023	-2.083	.012	-3.119	-4.682
G15	-1.888	-6.445	-2.970	-3.627	1.279	-5.162	8.207	-2.697	-1.079	3.52	1.538	6.771	-6.324	-3.119	-4.995	1.371
G16	1.130	-8.171	-2.213	-5.354	2.984	2.988	-4.235	-7.265	-4.690	3.794	-1.25	1.190	-3.780	-4.682	1.371	-1.162
4.0 G1	3.33	.001	3.333	3.333	-3.217	3.250	-4.343	.000	-1.37	1.559	.000	-6.40	3.367	-6.400	3.333	3.333
G2	.001	12.700	.001	.001	-.397	-.197	-3.446	-.795	-2.741	-1.956	.596	.398	.413	.398	.001	.001

	G3	3.333	.001	3.333	3.333	-3.21	3.250	-5.205	.000	-4.977	-1.599	.000	-6.40	3.36	-6.400	3.333	3.333
	G4	3.33	.001	3.333	3.333	-3.217	3.250	5.311	.000	-5.130	-1.830	.000	-6.40	3.36	-6.40	3.333	3.333
	G5	-3.217	-.397	-3.217	-3.217	.012	.006	5.329	.025	1.869	9.68	-.019	-.012	-.013	-.012	-3.21	-3.21
	G6	3.25	-.197	3.250	3.250	.006	.012	2.489	-.006	-1.961	5.580	-.056	-.025	-.006	-.025	3.25	3.25
	G7	-4.34	-3.446	-5.20	5.311	5.329	2.489	-7.94	1.599	-5.343	9.646	2.89	-2.22	-4.00	-2.704	9.344	-6.82
	G8	.000	-.795	.000	.000	.025	-.006	1.599	.087	-1.274	-8.118	.055	.012	-.026	.012	.000	.000
	G9	-1.376	-2.741	-4.977	-5.130	1.869	-1.961	-5.343	-1.274	-1.73	-2.217	-8.153	-4.76	2.899	-1.138	-4.562	-8.697
	G10	1.559	-1.956	-1.599	-1.830	9.681	5.580	9.646	-8.118	-2.21	-3.411	1.757	-4.67	-4.217	-7.105	-2.284	2.768
	G11	.000	.596	.000	.000	-.019	-.056	2.895	.055	-8.15	1.757	.260	.111	.019	.111	.000	.000
	G12	-6.400	.398	-6.400	-6.400	-.012	-.025	-2.224	.012	-4.761	-4.67	.111	.050	.013	.050	-6.400	-6.400
	G13	3.367	.413	3.367	3.367	-.013	-.006	-4.009	-.026	2.899	-4.217	.019	.013	.013	.013	3.367	3.367
	G14	-6.400	.398	-6.400	-6.400	-.012	-.025	-2.704	.012	-1.138	-7.105	.111	.050	.013	.050	-6.400	-6.400
	G15	3.333	.001	3.333	3.333	-3.217	3.250	9.344	.000	-4.562	-2.284	.000	-6.40	3.367	-6.400	3.333	3.333
	G16	3.333	.001	3.333	3.333	-3.217	3.250	-6.821	.000	-8.697	2.768	.000	-6.40	3.367	-6.400	3.333	3.333
5.0	G1	.050	-.669	-.074	1.705	-2.234	.050	-.012	.037	.037	-1.308	-.173	4.601	5.969	-3.677	-.012	.023
	G2	-.669	9.025	1.004	7.105	9.948	-.669	.168	-.501	-.501	17.737	2.342	4.299	3.801	3.819	.167	-.307
	G3	-.074	1.004	.112	-1.677	-1.760	-.074	.019	-.056	-.056	1.973	.261	-3.44	-1.02	-7.94	.019	-.034

G4	1.705	7.105	-1.677	.000	-9.663	-1.776	2.871	-4.803	1.108	9.948	5.684	-8.52	3.354	4.718	1.677	1.990
G5	-2.234	9.948	-1.760	-9.663	8.296	-2.95	3.704	-2.34	-4.29	-2.860	-2.09	-6.00	2.018	-1.053	5.745	-6.906
G6	.050	-.669	-.074	-1.776	-2.958	.087	.006	.019	.019	.695	-.174	6.821	-3.443	-3.567	-.031	.063
G7	-.012	.168	.019	2.871	3.704	.006	.012	-.019	-.019	1.330	.044	1.158	7.002	2.004	-.006	.014
G8	.037	-.501	-.056	-4.803	-2.345	.019	-.019	.037	.037	-1.985	-.130	-8.39	3.045	-1.171	-3.217	-.003
G9	.037	-.501	-.056	1.108	-4.29	.019	-.019	.037	.037	-1.985	-.130	5.013	-3.919	-4.828	-3.217	-.003
G10	-1.308	17.737	1.973	9.948	-2.860	.695	1.330	-1.985	-1.985	143.33	4.600	8.64	3.610	-1.19	-.676	1.574
G11	-.173	2.342	.261	5.684	-2.094	-.174	.044	-.130	-.130	4.600	.608	7.599	4.075	-1.862	.043	-.080
G12	4.601	4.299	-3.446	-8.527	-6.004	6.821	1.158	-8.39	5.013	8.644	7.599	7.39	-5.244	-5.976	5.976	1.35
G13	5.969	3.801	-1.02	3.354	2.01	-3.44	7.002	3.045	-3.919	3.610	4.075	-5.24	2.238	-9.614	2.366	-7.098
G14	-3.677	3.819	-7.94	4.718	-1.05	-3.567	2.004	-1.17	-4.828	-1.192	-1.86	-5.97	-9.614	-3.055	-2.508	-1.044
G15	-.012	.167	.019	1.677	5.745	-.031	-.006	-3.217	-3.217	-.676	.043	5.976	2.366	-2.508	.012	-.026
G16	.023	-.307	-.034	1.990	-6.906	.063	.014	-.003	-.003	1.574	-.080	1.350	-7.098	-1.04	-.026	.054

Log Determinants

Group	Rank	Log Determinant
1.00	a	b
2.00	a	b
3.00	a	b
4.00	a	b
5.00	a	b
Pooled within-groups	8	-30.782

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those of the group covariance matrices.

- a. Rank < 3
- b. Too few cases to be non-singular

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	Function			
	1	2	3	4
G1	-.969	-3.710	3.111	2.015
G3	.430	-3.099	3.203	1.779
G4	9.329	11.464	-3.173	.197
G5	.334	-2.389	.821	-.040
G6	4.958	-.173	1.825	-3.191
G8	4.592	10.042	-4.560	3.269
G11	-11.448	-4.805	2.540	.311
G12	2.491	-6.504	.544	-.459

Variables Entered/Removed^{a,b,c,d}

Step	Entered	Wilks' Lambda											
		Statistic	df1	df2	df3	Exact F				Approximate F			
						Statistic	df1	df2	Sig.	Statistic	df1	df2	Sig.
1	G12	.000	1	4	10.000	22706.698	4	10.000	.000				
2	G5	.000	2	4	10.000	4699.050	8	18.000	.000				
3	G3	.000	3	4	10.000					2567.06	12	21.458	.000
4	G11	.000	4	4	10.000					2161.87	16	22.023	.000
5	G1	.000	5	4	10.000					1976.09	20	20.850	.000
6	G8	.000	6	4	10.000					1636.35	24	18.653	.000
7	G4	.000	7	4	10.000					4322.07	28	15.844	.000
8	G6	.000	8	4	10.000					6256.96	32	12.659	.000

At each step, the variable that minimizes the overall Wilks' Lambda is entered.

- Maximum number of steps is 32.
- Minimum partial F to enter is 3.84.
- Maximum partial F to remove is 2.71.
- F level, tolerance, or VIN insufficient for further computation.

Variables in the Analysis

Step		Tolerance	F to Remove	Wilks' Lambda
1	G12	1.000	22706.698	
2	G12	.806	1427.020	.000
	G5	.806	1079.163	.000
3	G12	.804	1113.144	.000
	G5	.798	280.475	.000
	G3	.989	101.398	.000
4	G12	.068	10881.571	.000
	G5	.642	305.504	.000
	G3	.968	90.044	.000
	G11	.076	43.382	.000
5	G12	.064	9810.710	.000
	G5	.557	289.322	.000
	G3	.084	885.428	.000
	G11	.074	34.041	.000
	G1	.086	17.682	.000
6	G12	.056	491.882	.000
	G5	.356	155.930	.000
	G3	.079	425.112	.000
	G11	.059	23.923	.000
	G1	.083	14.687	.000
	G8	.499	5.351	.000
7	G12	.024	720.240	.000
	G5	.133	9.601	.000
	G3	.045	519.175	.000
	G11	.011	91.141	.000
	G1	.036	26.721	.000
	G8	.007	317.953	.000
	G4	.005	253.682	.000
8	G12	.021	525.303	.000
	G5	.129	3.043	.000
	G3	.045	370.654	.000
	G11	.006	43.804	.000
	G1	.036	20.298	.000

G8	.007	238.337	.000
G4	.005	110.993	.000
G6	.025	22.175	.000

Structure Matrix

	Function			
	1	2	3	4
G2 ^a	-.362*	-.155	-.029	-.097
G15 ^a	-.269	.509*	-.238	.265
G7 ^a	-.016	-.107*	-.052	-.067
G14 ^a	.133	-.412	-.626*	.097
G3	.033	.013	.214*	.178
G12	.088	-.145	-.175*	.020
G8	.007	-.052	-.147*	.090
G5	.077	.065	.131*	-.103
G9 ^a	-.092	-.043	-.119*	.022
G4	.070	.065	.116*	-.057
G10 ^a	.443	-.370	.391	-.507*
G16 ^a	.376	-.373	.304	-.425*
G6	.017	-.021	-.003	-.116*
G13 ^a	-.001	.002	.014	-.060*
G11	.002	-.006	.009	-.054*
G1	.000	.003	-.005	.027*

Pooled within-groups correlations between discriminating variables and standardized canonical discriminant functions

Variables ordered by absolute size of correlation within function.

a. This variable not used in the analysis.

*. Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

Functions at Group Centroids

GROUP	Function			
	1	2	3	4
1.00	1050.577	-44.396	24.822	-15.725
2.00	-868.725	79.347	43.725	-.648
3.00	-650.901	13.674	-55.299	-11.417
4.00	-624.072	-103.439	5.593	12.725
5.00	1093.122	54.814	-18.841	15.064

Unstandardized canonical discriminant functions evaluated at group means

Classification Processing Summary

Processed	15
Excluded Missing or out-of-range group codes	0
At least one missing discriminating variable	0
Used in Output	15

Prior Probabilities for Groups

GROUP	Prior	Cases Used in Analysis	
		Unweighted	Weighted
1.00	.200	3	3.000
2.00	.200	3	3.000
3.00	.200	3	3.000
4.00	.200	3	3.000
5.00	.200	3	3.000
Total	1.000	15	15.000

Casewise Statistics

Case Number	Actual Group	Predicted Group	Highest Group				Second Highest Group			Discriminant Scores			
			P(D>d G=g)		Squared Mahalanobis Distance to Centroid	Group	P(G=g D=d)		Squared Mahalanobis Distance to Centroid	Function 1	Function 2	Function 3	Function 4
			p	df			P(G=g D=d)	P(G=g D=d)					
Original 1	1	1	1.000	4	1.000	.024	5	.000	14025.08	1049.9	-43.25	25.159	-15.47
2	1	1	.997	4	1.000	.170	5	.000	14022.86	1050.1	-43.06	25.488	-15.77
3	1	1	.998	4	1.000	.127	5	.000	14062.04	1049.8	-43.41	24.941	-15.63
4	2	2	.435	4	1.000	3.788	3	.000	61966.23	-868.2	80.283	43.641	-1.251
5	2	2	.918	4	1.000	.947	3	.000	61787.79	-868.7	77.547	43.410	-.392
6	2	2	.918	4	1.000	.947	3	.000	61787.79	-868.7	77.547	43.410	-.392
7	3	3	.211	4	1.000	5.851	4	.000	17701.41	-650.2	12.298	-53.83	-9.725
8	3	3	.255	4	1.000	5.332	4	.000	18246.83	-649.5	12.433	-57.4	-12.12
9	3	3	.551	4	1.000	3.041	4	.000	17950.55	-651.9	11.617	-55.37	-12.3
10	4	4	.557	4	1.000	3.007	3	.000	18189.83	-622.6	-102.3	5.251	13.391

	11	4	4	.573	4	1.000	2.912	3	.000	17945.7	-621.0	-100.3	6.235	13.242
	12	4	4	.380	4	1.000	4.194	3	.000	17759.11	-623.8	-100.2	6.829	11.618
	13	5	5	1.000	4	1.000	.006	1	.000	14046.42	1091.6	53.678	-19.26	15.040
	14	5	5	.319	4	1.000	4.705	1	.000	14291.47	1090.5	54.591	-20.24	16.202
	15	5	5	.292	4	1.000	4.950	1	.000	13781.42	1092.7	52.698	-18.24	13.659
Cross-validated ^a	1	1	5**	.000	8	1.000	13743.92	1	.000	132103.1				
	2	1	5**	.000	8	1.000	14734.57	1	.000	2996914.				
	3	1	1	.000	8	1.000	90227.95	5	.000	350360.8				
	4	2	2	.017	8	1.000	18.588	3	.000	57018.92				
	5	2	2	.971	8	1.000	2.286	3	.000	55735.47				
	6	2	2	.971	8	1.000	2.286	3	.000	55735.47				
	7	3	3	.000	8	1.000	27717.20	4	.000	4440661.				
	8	3	3	.000	8	1.000	171.345	4	.000	55914.49				
	9	3	3	.000	8	1.000	205.672	4	.000	16159.62				
	10	4	4	.055	8	1.000	15.240	3	.000	20252.32				
	11	4	4	.000	8	1.000	184.891	3	.000	16173.81				
	12	4	4	.000	8	1.000	61.414	3	.000	23155.55				
	13	5	5	.000	8	1.000	307891.9	1	.000	426856.4				
	14	5	5	.000	8	1.000	1604.184	1	.000	293532.2				

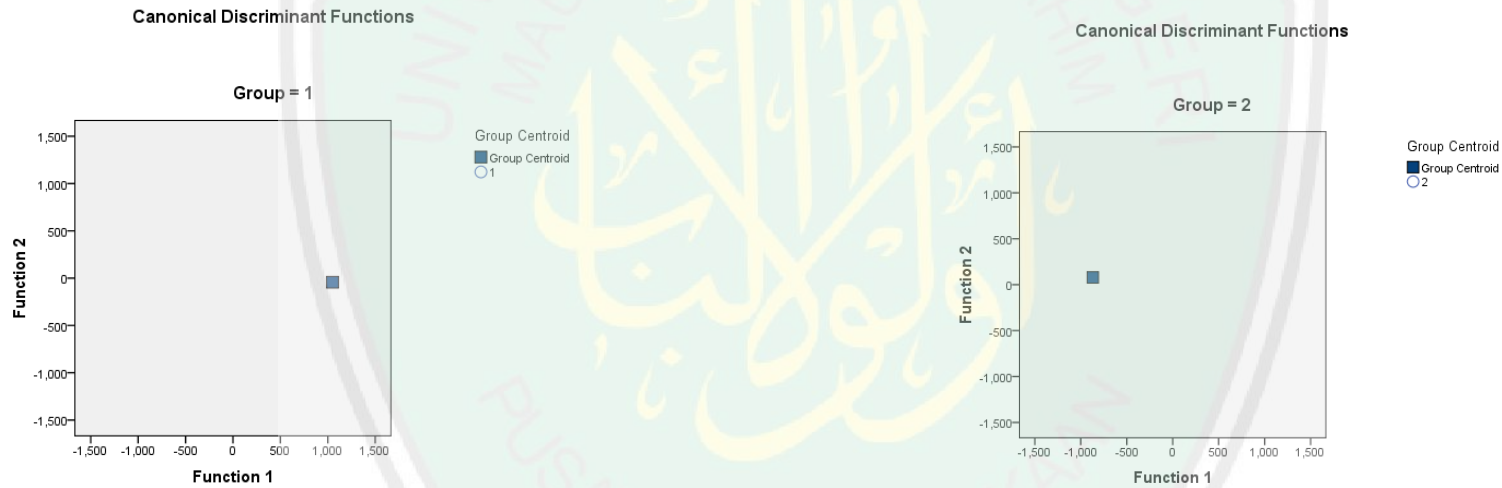
15	5	5	.000	8	1.000	1866.900	1	.000	298844.3			
----	---	---	------	---	-------	----------	---	------	----------	--	--	--

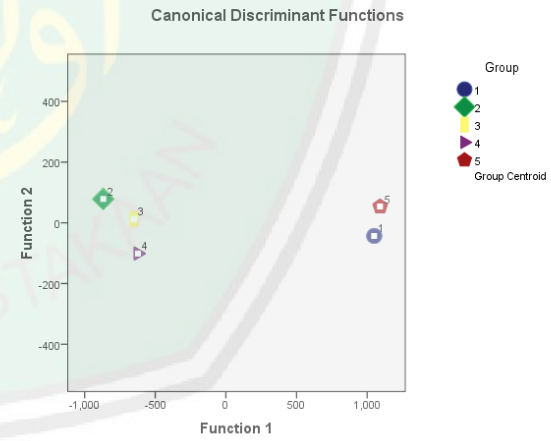
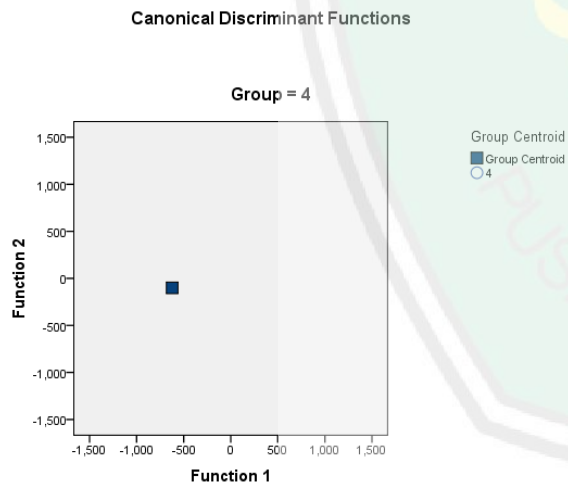
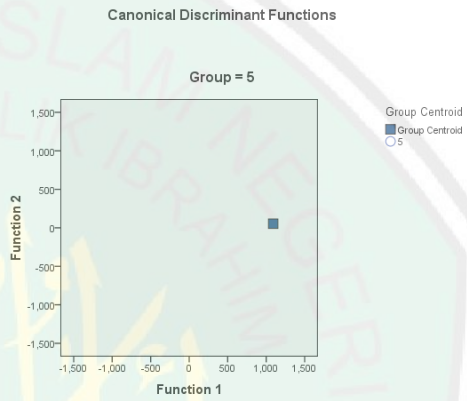
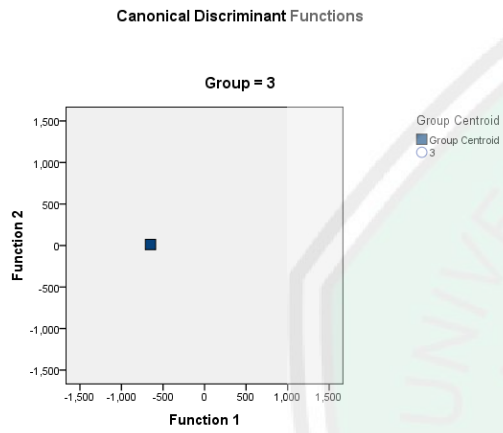
For the original data, squared Mahalanobis distance is based on canonical functions.

For the cross-validated data, squared Mahalanobis distance is based on observations.

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

** . Misclassified case







KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Athi Inayah
NIM : 14640001
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Kemometrik Menggunakan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PLS (*Partial Least Square*) dari Sampel Campuran Minyak Babi dan Minyak Sawit Berbasis Data FTIR
Pembimbing I : Dr. Imam Tazi, M.Si
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah M.A

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	15 Januari 2018	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	22 Januari 2018	Acc Bab I, II, dan III	
3	1 Agustus 2018	Konsultasi Data	
4	14 Agustus 2018	Konsultasi Bab IV	
5	15 Agustus 2018	Konsultasi Integrasi Agama	
6	29 Agustus 2018	Konsultasi Bab V	
7	30 Agustus 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
8	3 September 2018	Konsultasi Integrasi Agama dan Acc	
9	3 September 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 3 September 2018
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003