

**ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN PCA (*Principal Component Analysis*) DAN LDA (*Linear Discriminant Analysis*)
PADA SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK ZAITUN
BERBASIS DATA FTIR-SPECTROSCOPY**

SKRIPSI

Oleh:

SIGMA NUR RISMAWATI

NIM. 14640025



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

**ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN PCA (*Principal Component Analysis*) DAN LDA (*Linear Discriminant Analysis*)
PADA SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK ZAITUN
BERBASIS DATA FTIR-SPECTROSCOPY**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

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

Oleh:

**SIGMA NUR RISMAWATI
NIM. 14640025**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN PCA (*Principal Component Analysis*) DAN LDA (*Linear Discriminant Analysis*)
PADA SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK ZAITUN
BERBASIS DATA FTIR-SPECTROSCOPY**

SKRIPSI

Oleh:
Sigma Nur Rismawati
NIM. 14640025

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal 28 September 2018

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,
Ketua Jurusan



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

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEMOMETRIK MENGGUNAKAN PCA (*Principal Component Analysis*) DAN LDA (*Linear Discriminant Analysis*) PADA SAMPEL MINYAK BABI DAN MINYAK ZAITUN BERBASIS DATA FTIR-SPECTROSCOPY

SKRIPSI

Oleh:
Sigma Nur Rismawati
NIM. 14640025

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 16 Oktober 2018

| | | |
|--------------------|--|---|
| Penguji Utama | <u>Dr. H. Mokhamad Tirono, M.Si.</u> NIP. 19641211 199111 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>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003 |  |

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sigma Nur Rismawati
NIM : 14630025
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Kemometrik Menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) Pada Sampel Minyak Babi dan Minyak Zaitun Berbasis Data FTIR Spectroscopy

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya 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 skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 September 2018
Yang Membuat Pernyataan,




Sigma Nur Rismawati
NIM. 14640025

MOTTO

Keep Triying, Be Possitive, and Be The Best Version of My Self



HALAMAN PERSEMBAHAN

This thesis deepest appreciation to my beloved parents: **Aris Hariyono** for a lot of motivation that have been given to me and **Rahaju Tri Ellarusdijawati, S.Pd.** for all prayers that have been offered to me.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku dosen pembimbing I skripsi.
5. Ibu Umayyatus Syarifah, M.A. selaku pembimbing II skripsi.
6. Bapak Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si dan Ibu Erna Hastuti, M.Si. selaku penguji I dan penguji II skripsi.
7. Orangtua serta keluarga yang selalu mendukung dan memberikan do'a serta semangat agar penulis senantiasa diberikan kemudahan dalam melaksanakan segala hal.
8. Sahabat sekaligus keluarga selama di Malang dari tahun pertama perkuliahan, Andi Athiyah Anshariyah dan Indana Zulfa. Terimakasih telah menjadi sosok yang selalu ada disaat sedih maupun senang. Sosok yang selalu memotivasi dan paling memahami keadaanmu.
9. Athi Inayah dan Fiqi Hurum Maqsuroh sebagai partner ngerjain skripsi karena satu topik. Terima kasih karena sudah selalu ada mendampingi dan membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
10. *Sensor Research Team* yang selalu rame dan solid. Terimakasih atas kerjasama dan dukungannya.
11. Teman-teman seperjuangan Biofisika 2014 khususnya Mamluatul Hasanah. Terimakasih atas dukungan dan kepercayaan yang selalu diberikan dan juga

Fisika 2014 yang selalu saling memberikan dukungan dan semangat. Terima kasih karena tidak pernah menyerah sebelum berhasil.

12. Adik tingkat Biofisika 2015, terima kasih karena selalu dan tidak pernah bosan mendengarkan keluh kesahku dalam pengerjaan skripsi ini
13. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Malang, 13 September 2018

Penulis



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “Analisis Kemometrik Menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) pada Sampel Minyak Babi dan Minyak Zaitun Berbasis Data FTIR-*Spectroscopy*”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kesalahan. Oleh karena itu, penulis juga mohon maaf apabila dalam penyusunan proposal skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Malang, 22 September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| UCAPAN TERIMA KASIH | viii |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| ABSTRAK | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 6 |
| 1.5 Batasan Masalah | 6 |
| BAB II KAJIAN TEORI | |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 7 |
| 2.2 Landasan Teori | 8 |
| 2.2.1 Lemak dan Minyak | 8 |
| 2.2.2 Minyak Babi | 12 |
| 2.2.3 Minyak Zaitun | 13 |
| 2.2.4 Spektroskopi FTIR | 15 |
| 2.2.5 PCA (<i>Principal Component Analysis</i>) | 19 |
| 2.2.6 LDA (<i>Linear Discriminant Analysis</i>) | 21 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Jenis Penelitian | 25 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian | 25 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 25 |
| 3.3.1 Alat Penelitian | 25 |
| 3.3.2 Bahan Penelitian | 26 |
| 3.3.3 Konsentrasi Minyak dalam Campuran | 26 |
| 3.4 Prosedur Kerja | 27 |
| 3.4.1 Pengujian dengan Spektroskopi FTIR | 28 |
| 3.4.2 Pengolahan Data | 28 |
| 3.4.3 Analisis Data | 29 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Data Hasil Penelitian | 32 |
| 4.1.1 Data Hasil Uji FTIR pada Minyak Babi dan Minyak Zaitun | 34 |
| 4.1.2 Data Hasil Uji FTIR pada Campuran Minyak Babi dan Minyak Zaitun | 36 |

| | |
|---|----|
| 4.1.3 Data Hasil Analisis LDA (<i>Linear Discriminant Analysis</i>) | 37 |
| 4.1.4 Data Hasil Analisis PCA (<i>Principal Component Analysis</i>) | 49 |
| 4.2 Pembahasan..... | 53 |
| 4.3 Minyak Babi dalam Perspektif Islam..... | 56 |
| BAB V PENUTUP | |
| 5.1 Kesimpulan | 59 |
| 5.2 Saran..... | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 <i>Olea Europeae</i> | 13 |
| Gambar 2.2 Skema <i>Spektrofotometer Transformasi Fourier</i> | 18 |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian..... | 27 |
| Gambar 3.2 Gelombang Hasil Pengukuran FTIR | 28 |
| Gambar 3.3 Hasil Analisis dengan Menggunakan PCA | 29 |
| Gambar 4.1 Sampel Minyak Babi dan Minyak Zaitun | 31 |
| Gambar 4.2 Hasil Pembacaan Spektrum FTIR dari 5 Sampel Minyak | 32 |
| Gambar 4.3 Pola Spektrum Minyak Babi dan Minyak Zaitun..... | 34 |
| Gambar 4.4 Hasil FTIR Campuran Minyak Zaitun dan Minyak Babi | 36 |
| Gambar 4.5 <i>Score Plot</i> Data Minyak Menggunakan Metode LDA..... | 48 |
| Gambar 4.6 <i>Score Plot</i> PCA Minyak Babi, Minyak Zaitun, dan Campurannya .. | 50 |
| Gambar 4.7 <i>Scree Plot</i> | 51 |
| Gambar 4.8 <i>Plot 3D PCA</i> | 53 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Klasifikasi dan Sifat Asam Lemak..... | 10 |
| Tabel 2.2 | Klasifikasi Lemak Hewani..... | 11 |
| Tabel 2.3 | Sifat Fisik Minyak Babi | 12 |
| Tabel 2.4 | Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Babi..... | 16 |
| Tabel 2.5 | Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Zaitun | 17 |
| Tabel 2.6 | Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Babi dan Minyak Zaitun | 17 |
| Tabel 3.1 | Campuran Minyak Babi dan Minyak Zaitun | 26 |
| Tabel 3.2 | Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi Minyak | 29 |
| Tabel 4.1 | Pita Absorbansi Inframerah | 33 |
| Tabel 4.2 | Gugus Fungsi pada Minyak Babi..... | 34 |
| Tabel 4.3 | Gugus Fungsi pada Minyak Zaitun | 35 |
| Tabel 4.4 | <i>Tests of Equality of Group Means</i> | 39 |
| Tabel 4.5 | <i>Variables Entered/Removed Analisis Diskriminan</i> | 42 |
| Tabel 4.6 | <i>Variable in The Analysis</i> | 43 |
| Tabel 4.7 | <i>Eigenvalues</i> | 43 |
| Tabel 4.8 | <i>Clasification Function Coefficient</i> | 44 |
| Tabel 4.9 | <i>Wilk's Lambda</i> | 45 |
| Tabel 4.10 | <i>Function of Group Centroid</i> | 46 |
| Tabel 4.11 | <i>Classification Summary</i> | 46 |
| Tabel 4.12 | <i>Classification Result</i> | 47 |
| Tabel 4.13 | <i>Eigen Analysis of Correlation Matriks</i> | 52 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Spektrum Inframerah
- Lampiran 2 Data Gugus Fungsi
- Lampiran 3 Tabel *Group Statistic*
- Lampiran 4 *Covariance Matriks*
- Lampiran 5 *Variables not in the analysis*
- Lampiran 6 *Casewise Statistics*
- Lampiran 7 *Cannonial Discriminant Function*



ABSTRAK

Rismawati, Sigma Nur. 2018. **Analisis Kemometrik Menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) pada Sampel Minyak Babi dan Minyak Zaitun Berbasis Data FTIR-Spectroscopy**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Dr. Abdul Basid, M.Si

Kata Kunci : Minyak, FTIR-Spectroscopy, kemometrik, *Principal Component Analysis*, *Linear Discriminant Analysis*.

Minyak merupakan makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Pemalsuan minyak zaitun dengan tujuan untuk menekan biaya produksi mengakibatkan kerugian bagi konsumen, sehingga dibutuhkan alat dan metode untuk membedakan minyak zaitun dan minyak babi. Alat yang dapat digunakan ialah FTIR-Spectroscopy yang dikombinasi dengan metode kemometrik. FTIR-Spectroscopy digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya. Tujuan penelitian ini ialah untuk mendiskripsikan analisis hasil data gugus fungsi, memaparkan hasil kemometrik (LDA dan PCA) terhadap sampel minyak, dan menjelaskan efektivitas analisis data gugus fungsi dan analisis kemometrik terhadap sampel minyak. Data hasil FTIR-Spektroscopy berupa spektrum inframerah dengan absorbansi dan panjang gelombang tertentu. FTIR-Spektroscopy belum mampu untuk mengelompokkan minyak satu dengan minyak lain, sehingga dibutuhkan metode kemometrik LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PCA (*Principal Component Analysis*) untuk mengklasifikasi minyak. LDA mampu mengklasifikasi pola data minyak baik dari pada PCA. Hal ini dapat dilihat dari LDA yang memiliki nilai *cross validated* sebesar 100% dan PCA memiliki proporsi sebesar 83.38% untuk plot 2D dan 91% untuk 3D.

ABSTRACT

Rismawati, Sigma Nur. 2018. **Chemometric Analysis Using PCA (Principal Component Analysis) and LDA (Linear Discriminant Analysis) in Samples of Lard and Olive Oil Based on FTIR-Spectroscopy Data.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisors: (1) Dr. Imam Tazi, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Keywords: Oils, FTIR-Spectroscopy, Chemometric, Principal Component Analysis, Linear Discriminant Analysis.

Oil is an important food to maintain the healthy of human body. Olive oil forgery in purpose to decrease the production cost causes losses to consument, so it is needed devices and methods to distinguish between olive oil and lard. The devices that can be used is FTIR-Spectroscopy with chemometric methods. FTIR-Spectroscopy is used to know functional group that contained in sample. This research aims to describe the analysis result of functional groups data for oil samples, explain chemometric result (PCA and LDA) of lard, olive oil, and mixture samples based on Fourier Transform Infrared (FTIR) data, and explain the effectiveness of functional groups data result and chemometric analysis to oil samples. The data result of FTIR-Spectroscopy is as infrared spectrum with absorbance and wavelength. FTIR-Spectroscopy groups is not good for oil's classification. So it needs LDA (Linear Discriminant Analysis) and PCA (Principal Component Analysis) method as chemometric method to classify oil data's pattern. LDA is better to classify oil data's pattern than PCA. It can be seen from LDA has 100% cross validated value and PCA has 83.38% of proportion for 2D and 91% for 3D.

ملخص البحث

رسماتي، سيغما نور. 2018. التحليل الطريفة الكيمياءية (الكيمومترى) باسخدام PCA (*Principal Component Analysis*) و LDA (*Linear Discriminant Analysis*) على عينات لزيت الخنزير وزيت الزيتون القائم على بيانات FTIR-Spectroscopy (تحويل فورييه الأشعة تحت الحمراء- التحليل الطيفى). البحث الجامعى. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. الاشراف: الدكتور إمام تازى ، الماجستير، والدكتور عبد الباسط، الماجستير

الكلمات المفتاحية: الزيت ، FTIR-Spectroscopy ، الكيمومترى ، تحليل المكونات الرئيسى ، تحليل التمييز الخطى.

الزيت هو غذاء مهم للحفاظ على صحة جسم الإنسان. يؤدي تزييف زيت الزيتون لتقليل تكاليف الإنتاج إلى خسائر للمستهلكين ، لذا يحتاج الأدوات والطرائق للتمييز بين زيت الزيتون وزيت الخنزير. فهي FTIR-Spectroscopy الذي يجمع مع الكيمومترى. يستخدم FTIR-Spectroscopy لتحديد المجموعات الوظيفية الواردة في عينات زيت الخنزير وزيت الزيتون وخلائط منها. الاهداف البحث هي لوصف تحليل بيانات المجموعة الوظيفية ، ووصف نتائج الكيمومترى (PCA و LDA) لعينات الزيت ، وشرح فعالية تحليل بيانات المجموعة الوظيفية والتحليل الكيمومترى لعينات الزيت. نتائج FTIR-Spectroscopy هي في شكل طيف الأشعة تحت الحمراء مع الامتصاص و طول الموجية. لم يتمكن FTIR-Spectroscopy لان يجمع زيت واجد إلى زيت آخر ، لذلك يحتاج طريقة الكيمومترى LDA (التحليل التمييزى الخطى) و PCA (تحليل المكونات الرئيسية) لتصنيف الزيت. يقدر أن يصنف أنماط البيانات النفطية الأفضل من PCA. ويمكن أن يلاحظ من LDA الذي له قيمة صريحة متداولة بنسبة 100% و PCA يحتوي على نسبة 83.38% للمؤامرات 2د و 91% ل3د

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak merupakan makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Minyak memiliki fungsi fisiologis yang penting dalam tubuh manusia yaitu sebagai sumber asam lemak esensial dan pelarut vitamin A, D, E, dan K. Terdapat dua jenis minyak, yaitu minyak hewani dan minyak nabati. Minyak nabati memiliki daya simpan yang lebih lama dari pada minyak hewani karena minyak nabati memiliki struktur jaringan yang lebih kuat dari pada minyak hewani. Salah satu minyak nabati yang sering digunakan adalah minyak zaitun. Minyak zaitun memiliki banyak manfaat yaitu dapat menurunkan berat badan, bebas kolestrol, dan baik untuk menjaga kesehatan kulit.

Problematika terkait minyak zaitun saat ini mulai muncul, seperti banyak beredarnya minyak zaitun ilegal, minyak zaitun palsu, dan kurang terjaminnya kualitas dari minyak tersebut. Minyak zaitun memiliki harga jual yang lebih mahal dari pada minyak nabati. Hal ini menjadi pemicu bagi para pedagang untuk mencampurkan minyak babi yang memiliki harga murah ke dalam minyak zaitun. Minyak zaitun dan minyak babi dapat dikonsumsi oleh manusia. Minyak babi dapat ditinjau dari 2 sudut pandang yang berbeda yaitu dari sudut pandang agama dan ekonomi. Minyak babi digunakan sebagai campuran dari minyak zaitun dalam bidang industri karena dianggap lebih efektif. Harga dari minyak babi lebih murah dari minyak zaitun sehingga bisa menekan biaya produksi. Berbeda dari sudut pandang agama, kehadiran minyak babi pada makanan atau produk dapat

menyebabkan tidak halal nya produk tersebut. Kehalalan dari produk sangat penting karena masyarakat Indonesia mayoritas bergama islam. Selain itu, maraknya minyak zaitun impor yang masuk ke Indonesia menjadi kekhawatiran bagi masyarakat, karena tidak semua minyak impor memiliki label halal. Larangan untuk mengkonsumsi makanan yang mengandung babi terdapat pada QS. al-Baqarah [2]: 173, yang berbunyi:

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهْلَ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ فَمَنْ أَضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ ﴿١٧٣﴾

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

Allah SWT menyampaikan firmanNya sebagai petunjuk atau tanda-tanda dengan kata kiasan yang memiliki makna luas. Menurut Yusuf Al-Hajj Ahmad, kata (لَحْمٍ) berarti daging. Dalam hal ini para ulama sepakat bahwa tidak hanya daging babi, namun seluruh bagian dari babi seperti usus, lemak, tulang, otak, kaki, ataupun anggota tubuh babi yang lain. Selain karena Babi bersifat najis (*rijs*), Allah mengharamkan babi karena sifat dan wujudnya yang kotor serta kandungan sejumlah kesan negatif di dalamnya yang dapat mencapai peringkat membahayakan bagi orang yang memakannya. Ilmu pengetahuan modern menguak adanya serangga-serangga busuk, bakteri, dan kotoran yang melekat pada babi yang bisa mati jika dipanaskan sampai suhu tinggi (Ahmad, 2011).

Masalah kehalalan suatu produk menjadi problematika yang harus segera diatasi, masalah ini diakibatkan karena kurangnya perhatian pemerintah dalam

pengawasan peredaran produk. Sejauh ini pemerintah Indonesia melalui SK bersama (LPPOM MUI, Depag, dan BPOM Depkes) sudah mencanangkan jaminan halal yang diwujudkan sertifikat halal, namun dalam pelaksanaannya banyak ditemui berbagai kendala, salah satunya yaitu belum ditemukan metode yang efektif untuk menganalisis suatu produk yang benar-benar menunjukkan jika produk tersebut sudah memenuhi kriteria halal (Apriyanti, 2014).

Informasi mengenai himbauan untuk lebih selektif memilih minyak sudah tersebar luas di masyarakat. Masyarakat awam sulit mendeteksi minyak yang mengandung unsur babi hanya dari panca indera. Masyarakat hanya berpatokan kepada label halal, namun label tersebut belum tentu dimiliki oleh pedagang kecil, seperti pedagang minyak eceran. Masyarakat sebagai konsumen sulit mengetahui apakah minyak yang dijual tersebut mengandung campuran babi atau tidak.

Suatu produk yang mengandung minyak babi tidak dapat diterima di Indonesia karena mayoritas masyarakat Indonesia beragama Islam. Kehalalan suatu produk menjadi prioritas utama bagi konsumen. Kehalalan dan kemurnian suatu produk harus dibuktikan melalui alat yang cepat dan terpercaya guna mencegah meluasnya penipuan yang berupa pencampuran minyak babi dan minyak zaitun. Alat yang dapat digunakan untuk menganalisis dan membedakan lemak babi dan lemak zaitun yaitu *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy*. Salah satu faktor penting dari *FTIR Spectroscopy* adalah *chemometrics*. *Chemometrics* merupakan analisis data kimiawi (mendeteksi gugus fungsional) menggunakan infrared secara statistik dan matematik. Beberapa teknik *chemometrics* yang

digunakan untuk mengklasifikasi minyak yaitu PCA (*Principal Component Analysis*), CA (*Cluster Analysis*), dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*).

Penelitian yang terkait analisis sampel menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)-*Spectroscopy* telah dilakukan oleh Yaakob dan Che Man (2011) yang menggunakan FTIR *Spectroscopy* untuk membedakan beberapa minyak seperti minyak babi, minyak sapi, minyak ikan, minyak kelapa sawit, dan lain-lain. Data hasil FTIR tersebut berupa gelombang dengan nilai absorbansi dan bilangan gelombang yang berbeda tiap sampel minyak yang menunjukkan gugus-gugus fungsi tertentu. Data tersebut kemudian diolah menggunakan metode analisis PCA (*Principal Component Analysis*) dan CA (*Cluster Analysis*). Analisis PCA berguna untuk mengurangi dimensi pada grafik yang dihasilkan oleh FTIR, sehingga akan lebih mudah untuk menganalisis. Sedangkan CA digunakan untuk mengelompokkan jenis dari minyak berdasarkan kemiripan antar sampel.

Penelitian yang dilakukan oleh Reis (2013) yang menggunakan DRIFT (*Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy*) dengan analisis kemometrik PCA dan LDA untuk membedakan antara kopi panggang asli dengan kopi yang dicampur dengan sekam kopi, biji jagung, gandum, dan lain-lain. Pada penelitian tersebut metode LDA mampu memberikan prediksi hingga 100% dan mendeteksi tingkat pemalsuan serendah 1 g/100 g. Beberapa penelitian terdahulu menyebutkan bahwa data hasil FTIR yang diolah menggunakan PCA dan LDA memperoleh hasil yang memuaskan. Penggunaan FTIR yang dikombinasi dengan metode analisis PCA dan LDA kebanyakan menggunakan sampel yang berbentuk padatan. Oleh karena itu, perlu ada studi terkait metode analisis PCA dan LDA

untuk mengolah data FTIR yang berasal dari sampel cair. Penelitian kali ini diberi judul “Analisis Kemometrik menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) pada sampel minyak babi dan minyak zaitun berbasis data FTIR-*Spectroscopy*”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisis hasil kemometrik (PCA dan LDA) terhadap sampel minyak babi, minyak zaitun dan campurannya dengan berbasis data *Fourier Transform Infrared* (FTIR)?
2. Bagaimana analisis gugus fungsi pada sampel minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya?
3. Bagaimana efektivitas analisis gugus fungsi dan analisis kemometrik terhadap sampel minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk memaparkan analisis hasil kemometrik (PCA dan LDA) terhadap sampel minyak babi, minyak zaitun dan campurannya dengan berbasis data *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
2. Untuk mendiskripsikan analisis hasil data gugus fungsi terhadap sampel minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya.
3. Untuk menjelaskan efektivitas analisis data gugus fungsi dan analisis kemometrik terhadap sampel minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai pengembangan FTIR *spectroscopy*.
2. Mengetahui perbedaan antara minyak babi dan minyak zaitun melalui analisis komposisinya.
3. Membedakan pola puncak gelombang antara minyak babi, minyak zaitun, campurannya.
4. Mendiskripsikan cara pengolahan data dengan menggunakan analisis kemometrik khususnya PCA dan LDA.
5. Sebagai sumber informasi selanjutnya untuk penelitian terkait FTIR dan metode kemometrik.

1.5 Batasan Penelitian

1. Lemak yang digunakan yaitu minyak babi dan minyak zaitun.
2. FTIR *spectroscopy* menganalisis komposisi dari lemak tersebut, bukan menganalisis pola rasa dari lemak.
3. Sampel yang digunakan berfasa cair atau larutan.

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Minyak banyak digunakan sebagai campuran bahan makanan maupun sebagai campuran produk kecantikan. Minyak nabati sering digunakan sebagai campuran kosmetik sedangkan minyak hewani sering digunakan sebagai bahan campuran makanan karena mengandung kalori dan lemak yang tinggi sehingga bisa menambah cita rasa gurih pada makanan. Banyak kasus pencampuran untuk memperoleh keuntungan sebesar-besarnya dengan modal yang sekecil-kecilnya. Minyak zaitun memiliki harga yang lebih mahal dari pada minyak babi. Hal inilah yang memicu pedagang untuk berbuat curang yaitu dengan mencampurkan minyak babi ke dalam minyak zaitun. Kedua minyak tersebut secara kasat mata tidak bisa dibedakan. Oleh karena itu, muncul berbagai macam penelitian untuk membedakan antara minyak satu dengan minyak yang lain.

Penelitian yang dilakukan oleh Yaakob dan Che Man menggunakan FTIR-*Spectroscopy* untuk membedakan beberapa minyak seperti minyak babi, minyak sapi, minyak ikan, minyak kelapa sawit dan lain-lain. Data hasil FTIR tersebut berupa gelombang dengan nilai absorbansi dan bilangan gelombang yang berbeda tiap sampel minyak, kemudian data tersebut diolah menggunakan metode analisis PCA (*Principal Component Analysis*) dan CA (*Cluster Analysis*). Analisis PCA berguna untuk mengurangi dimensi pada grafik yang dihasilkan oleh FTIR, sehingga akan lebih mudah untuk menganalisis. Analisis CA digunakan untuk

mengelompokkan jenis dari minyak berdasarkan kemiripan antar sampel (Che, dkk, 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh Savaira, dkk (2017) bertujuan untuk mengetahui potensi FTIR untuk mendeteksi dan memprediksi muatan bakteri salmon fillet yang disimpan pada suhu 3,8,30 °C dalam tiga kondisi kemasan antara lain kemasan udara (AP) dan dua atmosfer yang dibentuk dengan campuran 50% N₂/ 40% CO₂/ 10% O₂ dengan jus lemon (MAPL) dan tanpa jus lemon (MAP). Analisis komponen utama (PCA) memungkinkan untuk mengidentifikasi bilangan gelombang yang berpotensi berkorelasi dengan proses pembusukan. Sedangkan analisis diskriminan linear (LDA) data spektra inframerah dilakukan untuk mendukung sensori data dan untuk secara akurat mengidentifikasi kesegaran sampel. Kesimpulan dari penelitian ini ialah FTIR dapat digunakan sebagai metode yang andal, akurat dan cepat untuk evaluasi kesegaran filet salmon yang disimpan di bawah suhu dan atmosfer kemasan yang berbeda.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Lemak dan Minyak

Suatu lemak atau *lipid* merupakan senyawa organik yang terdapat dalam alam serta tak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik monopolar seperti suatu hidrokarbon atau dietil eter. Lemak dan minyak adalah trigeliserida, atau trigeliserol, kedua istilah ini berarti trimester dari gliserol. Perbedaan antara suatu lemak atau suatu minyak adalah pada temperatur kadar lemak berbentuk padat dan minyak bersifat cair. Sebagian besar gliserida pada hewan adalah berupa lemak, sedangkan gliserida dalam tumbuhan cenderung berupa minyak (Winarno, 2004).

Lemak hewani mengandung banyak sterol yang disebut kolestrol, sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol dan mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh sehingga berbentuk cair. Lemak hewani ada yang berbentuk padat (lemak) yang berasal dari lemak hewan darat seperti lemak susu, lemak sapi, dan lemak babi. Lemak hewan laut seperti minyak ikan cod dan minyak ikan paus berbentuk cair dan disebut minyak. Lemak nabati yang berbentuk cair dapat dibedakan atas tiga golongan yaitu *drying oil* yang akan membentuk lapisan keras bila mengering di udara, misalnya minyak yang digunakan untuk car dan pernis, *semi drying oil* seperti minyak jagung, minyak biji kapas, dan minyak bunga matahari dan *non drying oil* misalnya minyak kelapa dan minyak kacang tanah. Lemak nabati yang berbentuk padat adalah minyak coklat dan bagian *stearin* dari minyak kelapa sawit (Winarno, 2004).

Struktur lemak terdiri dari tiga asam lemak yang masing-masing berikatan dengan gliserol melalui ikatan ester, gugus hidroksil, dan gugus karboksil. Lemak yang juga disebut triasilgliserol, dengan demikian terdiri atas tiga asam lemak yang berikatan dengan satu molekul gliserol. Sejumlah asam lemak dalam suatu molekul lemak bisa sama ketiga-tiganya, atau bisa terdiri atas dua atau tiga jenis asam lemak yang saling berlainan (Apriyanti, 2014).

Lemak dapat dibagi berdasarkan komposisi asam lemak yang dikandungnya yaitu lemak jenuh dan tak jenuh. Lemak jenuh adalah lemak yang mengandung asam lemak jenuh lebih dari 60%, sedangkan lemak tak jenuh mengandung asam lemak tak jenuh di atas 60%. Lemak hewani termasuk lemak jenuh dan berwujud padat pada suhu kamar dan disebut sebagai lemak dan disebut sebagai lemak,

kecuali minyak ikan karena mengandung banyak asam lemak tak jenuh (Apriyanti, 2014).

Tabel 2.1 Klasifikasi dan Sifat Asam Lemak (Apriyanti, 2014)

| Nama | Jumlah karbon | Formula | Titik leleh |
|------------------|---------------|---|-------------|
| Jenuh | | | |
| Laurat | 12 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$ | 44 |
| Miristat | 14 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$ | 58 |
| Palmitat | 16 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$ | 62,8 |
| Stearat | 18 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$ | 69,9 |
| Arakidonat | 20 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CO}_2\text{H}$ | |
| Tak Jenuh | | | |
| Palmitoleat | 16 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$ | 32 |
| Oleat | 18 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$ | 7 |
| Linoleat | 18 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$ | -5 |
| Linolenat | 18 | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$ | -11 |
| Arakidonat | 20 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$ | -50 |

Lemak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam karbosilat suku tinggi. Asam penyusun lemak disebut asam lemak. Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan rangkap diantara atom-atom karbon penyusunnya. Kedua jenis ikatan dalam asam lemak inilah yang menyebabkan perbedaan sifat fisik antara asam lemak satu dengan lainnya. Ikatan rangkap dalam bentuk *cis* suatu asam lemak tidak begitu berdekatan. Adanya ikatan rangkap dapat menurunkan gaya tarik yang mengikat rangkaian hidrokarbon. Ikatan yang longgar ini menyebabkan energi yang dibutuhkan untuk memecah trigeliserida lebih sedikit

sehingga titik leleh trigliserida asam lemak tak jenuh lebih rendah daripada titik leleh trigeliserida asam lemak jenuh. Asam lemak yang mempunyai lebih dari pada satu ikatan rangkap tak lazim, terutama terdapat pada minyak nabati, minyak ini disebut *poliunsaturat*. Klasifikasi asam lemak dapat diperhatikan di tabel 2.1.

Lemak hewani mengandung banyak sterol sehingga disebut kolestrol, sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol dan lebih banyak mengandung asam lemak tak jenuh sehingga umumnya berbentuk cair. Lemak hewani ada yang berbentuk padat (lemak) yang biasanya berasal dari hewan darat seperti lemak susu, lemak babi, lemak sapi. Lemak hewan laut seperti minyak ikan paus, minyak ikan cod, minyak ikan herring berbentuk cair dan disebut minyak (Winarno, 2004).

Klasifikasi lemak hewani dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Lemak Hewani (Winarno, 2004)

| Kelompok Lemak | Jenis Lemak/Minyak |
|---|---|
| 1. Lemak (berwujud padat) <ul style="list-style-type: none"> a. Lemak susu (<i>butter fat</i>) b. Hewan peliharaan (golongan Mamalia) | Lemak dari susu sapi, kerbau, kambing, dan domba Lemak babi, <i>skin grease</i> , <i>mutton tallow</i> , lemak tulang dan lemak/gemuk wool |
| 2. Minyak (berwujud cair) <ul style="list-style-type: none"> a. Hewan peliharaan b. Ikan (<i>fish oil</i>) | Minyak <i>neats foot</i> Minyak ikan paus, salmon, sarden, <i>herring</i> , <i>dog fish</i> , dan ikan lumba-lumba. |

2.2.2 Minyak Babi

Lard adalah suatu turunan babi yang dibuat dengan dua cara, yakni dengan rendering basah (*wet rendering*) atau rendering kering (*dry rendering*). Pada rendering basah, lemak babi direbus dalam air atau uap pada suhu tinggi dan lemak babi yang tidak dapat larut di air, disaring dari permukaan campuran, pada industri lemak ini dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Pada rendering kering, sering diberikan panas tinggi dalam oven tanpa air (Winarno, 2004)

Lard dapat diperoleh dari seluruh bagian tubuh babi selama terdapat konsentrasi yang tinggi dari jaringan. *Lard* dengan kualitas tertinggi yang disebut sebagai *leaf lard* diperoleh dari penyimpanan lemak sekitar ginjal dan di dalam sulbi. *Leaf lard* memiliki sedikit rasa daging babi, sehingga ideal untuk digunakan dalam material yang dipanggang, kemampuannya memproduksi *flaky* (lapisan), digunakan pada kulit *pie* (kerak). Tingkatan kualitas selanjutnya diperoleh dari bagian *fat back*, lemak keras diantara belakang kulit dan daging babi. Kualitas *lard* terendah diperoleh dari lemak lunak sekitar organ pencernaan, seperti usus kecil, walaupun lemak jenis ini sering digunakan secara langsung sebagai pembungkus untuk daging tak berlemak.

Tabel 2.3 Sifat Fisik Minyak Babi (Winarno, 2004)

| Sifat Fisik | Deskripsi |
|-----------------------|---|
| Densitas | 0,917 |
| Titik Leleh | 36°- 42° C |
| Kelarutan | Tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol, larut dalam benzena, kloroform, eter, karbon disulfida, petroleum eter. |
| Bilangan Saponifikasi | 195-203 |

2.2.3 Minyak Zaitun

Klasifikasinya dan morfologi minyak zaitun

Kerajaan : *Plantae*

Divisi : *Tracheophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Lamiales*

Famili : *Oleaceae*

Genus : *Olea L*

Species : *Olea europaea L*

Olea europaea memiliki pohon dengan tinggi mencapai 3-15 m. Batang mempunyai jenis kambium dan *xylem* dengan trakea atau tanpa trakea. Batang bisa dengan serat maupun tidak. Batang kayu parenkim kadang-kadang paratrakeal (tipikal) ataupun protrakeal (Susilo, 2012).

Bunga kecil-kecil berwarna putih atau krem, panjang bunga 6-10 mm. Bunga berkembang pada bulan Oktober sampai Maret. Buahnya ovoid, kecil berwarna hijau muda dengan bercak putih, berubah warna menjadi ungu gelap ketika buah matang, dengan diameter 10 mm, berbentuk tajam (Susilo, 2012).



Gambar 2.1 *Olea Europeae* (Budiman, 2015)

Buah zaitun yang telah matang berwarna ungu kehitaman dan kerap diekstrak untuk diambil minyaknya yang dikenal sebagai minyak zaitun. Zaitun mengandung alkaloid, saponin, dan tannin, tapi tidak mengandung sianogenik glikosid. Dalam beberapa riset juga menemukan adanya flavonoid apigenin, luteolin, chryseriol, dan derivatnya. Winarno (2004) dalam penelitiannya, Omega-9 (asam oleic) banyak ditemukan dalam minyak zaitun (*olive oil*). Omega-9 memiliki daya perlindungan tubuh yang mampu menurunkan LDL, meningkatkan HDL yang lebih besar dibandingkan Omega-3 dan Omega-6.

Allah SWT menyebut dan menyatakan buah zaitun dalam al-Quran sebanyak enam kali yang terdapat pada surat al-An'aam [16]: 99 dan 141, an-Nahl [16]: 11, an-Nuur [24]: 35, Abasa [80]: 29, dan at-Tin [95]: 1. Penyebutan tersebut dengan kata-kata *sharih* yang merujuk langsung pada buah tersebut. Berikut ini merupakan contoh penyebutan buah zaitun dalam surat An-nahl [16]: 11.

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الشَّمْرَةِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan.”(An-nahl [16]: 11)

Khazanah hadis nabawi, ditemukan ungkapan dari Abu Hurairah r.a. yang disebutkan oleh At-Tirmidzi dan Ibnu Majah, dari Nabi S.A.W., beliau bersabda:

كُلُوا الزَّيْتِ وَأَدْهُوَابِهِ فَإِنَّهُ مِنْ شَجَرَةٍ مُّبَارَكَةٍ

“Makanlah dengan lauk minyak (zaitun) dan berminyaklah dengannya, sesungguhnya ia adalah pokok yang diberkati.”

Pemanfaatan buah zaitun yang paling utama adalah sebagai minyak. Minyak zaitun yang paling bagus dan berkualitas adalah yang diekstrak dari buah zaitun yang sudah matang. Peneliti menjelaskan bahwa minyak zaitun mempunyai peran dalam mencegah penyakit jantung koroner, hipertensi, diabetes, obesitas, dan mencegah beberapa penyakit kanker seperti kanker payudara, kanker Rahim, kanker usus, dan kanker lambung (Ahmad, 2011).

2.2.4 Spektroskopi FTIR

Cahaya inframerah terbagi menjadi inframerah dekat, pertengahan dan jauh. Inframerah pada spektrofotometer merupakan inframerah jauh dan pertengahan yang mempunyai panjang gelombang 2,5-1000 μm . Daerah inframerah-tengah biasa digunakan untuk konfirmasi struktur, tetapi spektrofotometri inframerah-dekat, yang telah lama digunakan untuk mengendalikan produk-produk seperti tepung dan makanan hewan, semakin banyak diterapkan dalam pengendalian mutu industri farmasi (Watson, 2005).

Energi radiasi IR digunakan terbatas hanya pada transisi molekul yang melibatkan vibrasi dan rotasi, terutama terjadi antara daerah 4000-400 cm^{-1} atau panjang gelombang 2.5-25 μm . Penggunaan umum spektroskopi FTIR antara lain:

1. Identifikasi semua jenis senyawa organik dan beberapa jenis senyawa anorganik.
2. Penentuan gugus fungsi didalam senyawa organik
3. Penentuan kuantitatif beberapa komponen didalam campuran
4. Metode non destruktif
5. Penentuan susunan molekul dan sterokimia.

Senyawa organik yang disinari dengan sinar inframerah akan menyebabkan terjadinya penyerapan frekuensi oleh senyawa organik. Jumlah frekuensi yang melewati senyawa tersebut diukur sebagai presentasi transmisi (*presentage transmittance*). Presentasi transmisi dengan nilai 100 berarti semua frekuensi dapat melewati senyawa tersebut tanpa diserap sama sekali. Spektrum adalah grafik dari panjang gelombang dan energi yang diserap oleh suatu senyawa. Spektrum inframerah adalah plot intensitas penyerapan terhadap bilangan gelombang yang dinyatakan dengan jumlah gelombang dalam satuan cm^{-1} . Bilangan gelombang adalah radiasi di daerah vibrasi inframerah dari spectrum 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 2.4 menjelaskan panjang gelombang fungsional untuk serapan minyak babi.

Tabel 2.4 Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Babi
(Ramli, 2015)

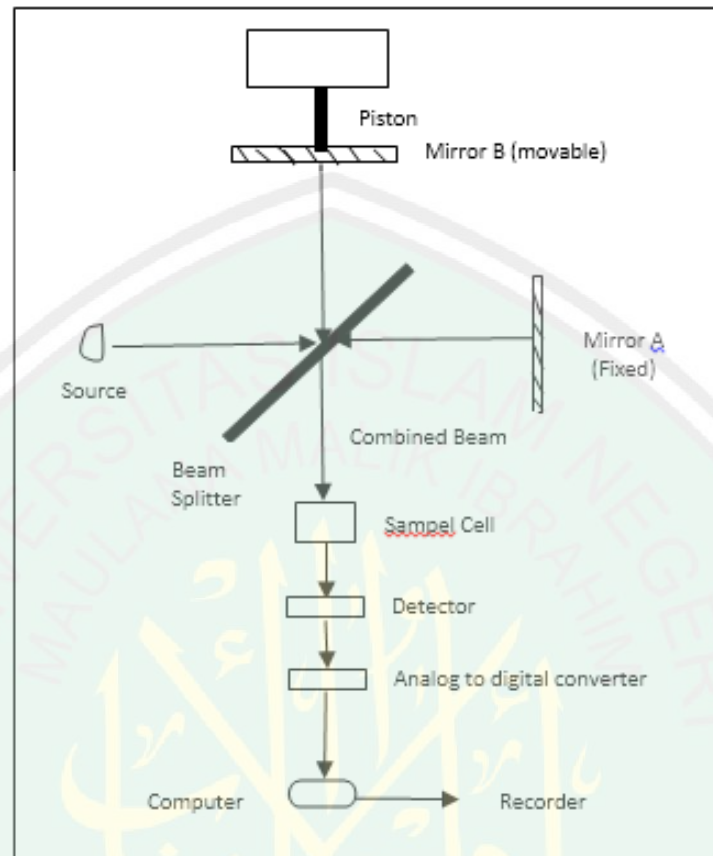
| Panjang Gelombang (cm^{-1}) | Gugus Fungsi yang Terabsorpsi pada IR |
|--|---------------------------------------|
| 3007 | -C-H (CH_2, CH_3) |
| 2850-2980 | -C-H (CH_2, CH_3) |
| 1747 | -C=O (ester) |
| 1464 | -C-H (CH_2, CH_3) |
| 1377 | -C-H (CH_3) |
| 1160 | =C-H (cis) |
| 1096 | -C-H |
| 721 | $-(\text{CH}_2)_n$, -HC=CH-(cis) |

Tabel 2.5 Panjang Gelombang Fungsional Serapan Pada Minyak Zaitun (Yang, 2001)

| Panjang Gelombang (cm ⁻¹) | Gugus Fungsi yang Terabsorpsi pada IR |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 3008 | CisRHC=CHR |
| 2954 | -CH ₃ |
| 2926 | -CH ₂ |
| 2854 | -CH ₂ |
| 1745 | RC=OOR |
| 1653 | Cis RHC=CHR |
| 1466 | -CH ₂ |
| 1419 | Cis RHC=CHR |
| 1379 | -CH ₃ |
| 1240 | -CH ₂ |
| 1163 | -CO-O- |
| 1120 | -CO-O- |
| 1099 | -CO-O- |
| 1034 | -CO-O- |
| 968 | Trans RHC=CHR |
| 723 | -(CH ₂) _n - |

Tabel 2.6 Panjang Gelombang Fungsional Serapan pada Minyak Babi dan Minyak Zaitun (Rohman, 2014)

| Panjang Gelombang (cm ⁻¹) | Gugus Fungsi yang Terabsorpsi pada IR |
|---------------------------------------|---|
| 3005 | C=CH <i>Stretching</i> |
| 2954 | CH ₃ <i>Stretching asymmetric</i> |
| 2924, 2852 | CH ₂ <i>Stretching asymmetric</i> |
| 1743, 1715 | C=O <i>Carbonyl Stretching</i> |
| 1654 | Cis C=C |
| 1465 | CH ₂ <i>Bending</i> |
| 1417 | CH <i>rocking (bending)</i> dari <i>cis</i> yang tidak terstitusi pada alkena |
| 1377 | CH ₃ <i>Bending</i> |
| 1228,1160 | C-O (eter) <i>Stretching</i> |
| 1111, 1097 | CH <i>Bending</i> |
| 1033 | C-O <i>Stretching</i> |
| 962 | =CH dari isolasi transolefin |
| 914 | -HC=CH <i>Bending</i> |
| 721 | <i>Overlapping</i> dari methylene -CH ₂ <i>rocking vibration</i> |



Gambar 2.2 Skema Spektrofotometer Transformasi Fourier (Pavia dkk, 2011)

Instrumen pada Spektrometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) secara umum sama dengan spektrometer inframerah dispersif, yang membedakan adalah pada spektrometer jenis ini tidak menggunakan monokromator melainkan menggunakan interferometer. Interferometer menggunakan cermin bergerak untuk memindahkan bagian radiasi yang dihasilkan oleh satu sumber, sehingga menghasilkan suatu interferogram yang dapat diubah menggunakan suatu persamaan yang disebut *fourier transformation*. Persamaan ini digunakan untuk mengekstraksi spektrum dari satu seri frekuensi yang bertumpang tindih. Interferogram merupakan sebuah sinyal kompleks, seperti sebuah gelombang berbentuk susunan gambar yang terdiri dari semua frekuensi-frekuensi yang dapat

memperbaiki spektrum inframerah. Keuntungan dari teknik ini adalah seluruh hasil spektrum didapat dalam waktu satu detik, berbeda dengan spektrometer inframerah dispersif yang memerlukan waktu dua sampai tiga menit untuk mendapatkan satu spektrum.

2.2.5 PCA (*Principal Component Analysis*)

Principal Component Analysis adalah salah satu bentuk metode interpretasi data dalam kemometri. Kemometri adalah penggunaan ilmu statistika dan matematika untuk pengolahan data kimia. *Software* ini mampu mengelompokkan dan menghubungkan hubungan dari banyak sampel. Metode ini dilakukan menggunakan *software* kemometri. Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi yang besar dari ruang data (*observed variables*) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (*independent variable*), yang dibutuhkan untuk mendiskripsikan data lebih sederhana (Pratiwi, 2013).

PCA (*Principal Component Analysis*) merupakan interpretasi data yang dilakukan dengan pereduksi data, jumlah variabel dalam suatu matriks dikurangi untuk menghasilkan variabel baru dengan tetap mempertahankan informasi yang dimiliki oleh data. Variabel baru yang dihasilkan berupa skor atau komponen utama. Cara ini dapat mengurangi pengaruh noise dan memanfaatkan perbedaan halus dari spektrum IR (Che, dkk, 2011).

Perhitungan analisis dengan menggunakan metode PCA adalah masalah memecahkan persamaan eigen. Adapun algoritma PCA secara umum sebagai berikut (Johnson, 2007):

1. Hitung matriks kovarian dengan persamaan berikut:

$$Cov(xy) = \frac{\sum xy}{n} - (\bar{x})(\bar{y}) \quad (2.1)$$

2. Hitung nilai eigen dengan persamaan berikut:

$$(A - \lambda I) = 0 \quad (2.2)$$

Dimana A merupakan matriks data, λ merupakan nilai eigen, dan I adalah matriks identitas.

3. Hitung vector dengan menyelesaikan persamaan berikut:

$$[A - \lambda I][X] = 0 \quad (2.3)$$

4. Tentukan variabel baru (PC) dengan mengalikan variabel asli dengan matriks vektor eigen.

Variasi/proporsi yang dapat dijelaskan oleh variabel baru ke-I bergantung pada kontribusinya. Dari masing-masing nilai eigen variabel baru (PC), variasi/proporsi PC dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Johnson, 2007):

$$Proporsi\ PC\ ke\ -\ i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \times 100\% \quad (2.4)$$

Vektor koefisien dari PC₁ dipilih sedemikian rupa sehingga proporsi PC₁ maksimum diantara vektor koefisien yang lain. Selanjutnya, PC₂ adalah kombinasi linier dari variabel terobservasi yang bersifat orthogonal terhadap PC₁ dan memiliki proporsi yang minimum dari proporsi sebelumnya dan maksimum dalam PC₂ (Djakaria, 2010).

Terdapat 2 cara untuk menentukan jumlah komponen utama (PC) yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Pertama, dengan melihat total proporsi yang

dapat dijelaskan lebih dari 80%. Kedua adalah dengan mengamati *scree plot* yaitu dengan cara melihat patahan siku dari *scree plot* (Johnson, 2007).

Interpretasi PCA dapat diperoleh dari analisis *loading*. *Loading* adalah korelasi antara variabel asli dengan variabel baru. *Loading* memberikan indikasi variabel asli mana yang sangat penting atau berpengaruh pada pembentukan variabel baru. Semakin tinggi nilai *loading*, maka variabel lama tersebut semakin berpengaruh terhadap pembentukan variabel baru. *Loading* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Sharma, 1996):

$$l_{ij} = \frac{w_{ij}}{s_j} \sqrt{\lambda_i} \quad (2.5)$$

L_{ij} merupakan *loading plot* variabel ke- j untuk PC ke- i . w_{ij} adalah bobot dari variabel ke- j terhadap PC ke- i . λ_i adalah nilai eigen dari PC ke- i dan s_j adalah standart deviasi dari variabel ke- j .

2.2.7 LDA (*Linear Discriminant Analysis*)

Linear Discriminant Analysis merupakan salah satu analisis diskriminan dengan *statistic multivariate* yang terkait dengan pemisahan (*separating*) atau alokasi/klasifikasi sekelompok objek ke dalam kelompok yang sudah didefinisikan terlebih dahulu. Tujuan pengenalan objek, metode ini mencoba menemukan suatu diskriminan atau kelompok yang nilainya secara numeris sedemikian sehingga mampu memisahkan objek yang karakterisasinya telah diketahui. Tujuan dari klasifikasi objek, pada metode ini mensortir objek (observasi) ke dalam dua atau lebih (Fukunaga, 1990).

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, 2002). Asumsi-asumsi analisis diskriminan dalam tiap kelompok:

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

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

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (2.6)$$

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, 2010).

LDA (*Linear Discriminant Analysis*) 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 p sebagai variabel bebas, j sebagai kelompok, dan n_i sebagai jumlah pengamatan untuk setiap kelompok ke- i . Suatu pengamatan baru akan ditempatkan pada salah satu kelompok berdasarkan fungsi diskriminan berikut:

$$D_i = b_0 + b_{1j}x_{1j} + b_{2j}x_{2j} + \dots + b_{pj}x_{pj} \quad (2.7)$$

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 memaksimalkan rasio antara jarak antar kelas dengan jarak dalam kelas di dalam ruang proyeksi (Choiriyah, 2016):

$$J1 (W) = \max \frac{\text{Trace} (W^T S_b W)}{\text{Trace} (W^T S_w W)} \quad (2.8)$$

Dimana W merupakan matrik $N \times q$ yang kolom-kolomnya terdiri dari q vektor-vektor diskriminan. Persamaan 2.8 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 (Choiriyah, 2016).

Adapun algoritma dari LDA antara lain:

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.

$$S_b = \sum_{i=1}^k n_i (m_i - m_o) (m_i - m_o)^T \quad (2.9)$$

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

$$S_w = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_i^{(j)} - m_i)^T \quad (2.10)$$

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

$$S_b V = \lambda S_w V \quad (2.11)$$

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 *fisher basis vektor*.

$$X_i = V^T X^i \quad (2.12)$$

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

$$\text{Cut-off} = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (2.13)$$

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Data FTIR (*Fourier Transform Infrared*)-*Spectroscopy* dianalisis dengan metode kemometrik LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PCA (*Principal Component Analysis*). Metode kemometrik digunakan untuk mengklasifikasi sampel minyak babi dan minyak zaitun melalui panjang gelombang yang dihasilkan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang analisis kemometrik terhadap beda sampel minyak babi dan minyak zaitun berbasis data *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *spectroscopy* dengan metode kemometrik LDA (*Linear Discriminant Analysis*) dan PCA (*Principal Component Analysis*) dilaksanakan pada Maret sampai April 2018 di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang dan Laboratorium Riset Atom Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

1. Spektrofotometer FTIR
2. *Vacum rotary evaporator*
3. Perangkat PC
4. Pengaduk
5. *Oven*

6. Kain saring
7. *Beaker glass*
8. Kertas saring
9. Mikropipet
10. Batang Pengaduk
11. Kaca arloji
12. *Software* SPSS
13. *Software* Matlab/Minitab

3.3.2 Bahan Penelitian

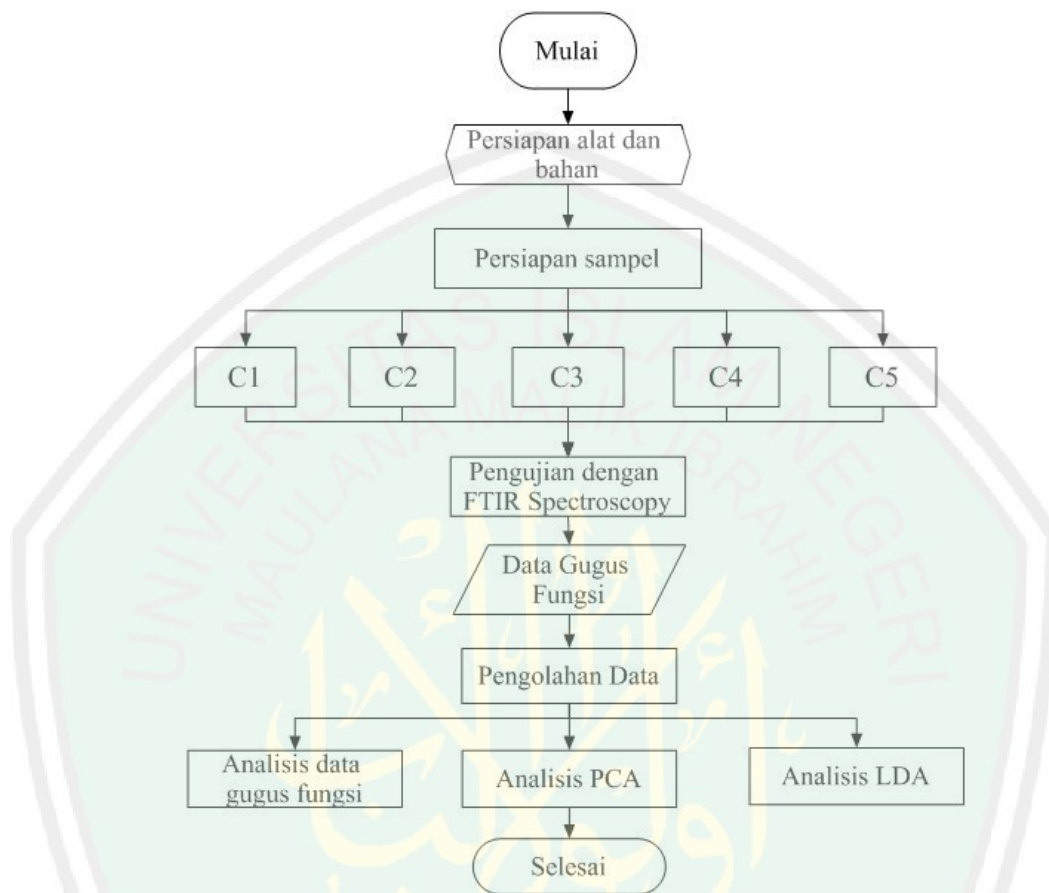
1. Lemak babi
2. Minyak zaitun
3. *Kloroform*
4. Na_2SO_4
5. Akuades
6. *Acetone*
7. *Hexane*

3.3.3 Konsentrasi Minyak dalam Campuran

Tabel 3.1 Campuran minyak babi dan minyak zaitun

| Campuran Minyak Babi dan Minyak Zaitun | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Minyak Babi (%) | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| Minyak Zaitun (%) | 100 | 75 | 50 | 25 | 0 |

3.4 Prosedur Kerja

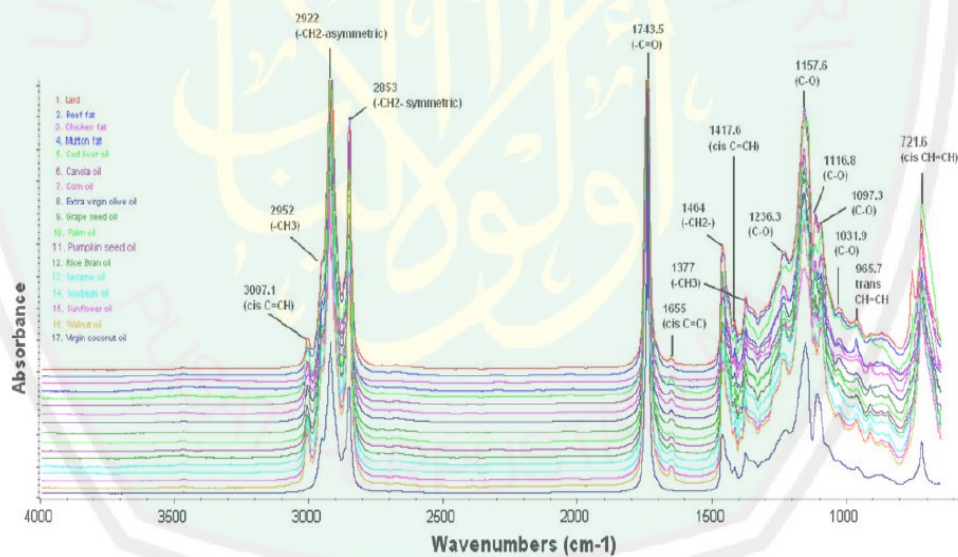


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1, menjelaskan bahwa penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Setelah itu dilakukan preparasi sampel yang berupa minyak babi dan minyak zaitun. Sampel dibagi menjadi lima bagian yaitu minyak babi murni, minyak zaitun murni, campuran minyak zaitun dan minyak babi dengan perbandingan konsentrasi 25:75, 50:50, dan 75:25. Setelah sampel siap maka sampel diuji menggunakan alat *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy*. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan *software* SPSS untuk analisis LDA (*Linier Discriminant Analysis*) dan *software* minitab untuk PCA (*Principal Component Analysis*).

3.4.1 Pengujian dengan Spektroskopi FTIR

Spektrum FTIR dari semua sampel minyak diukur dengan menggunakan sebuah FTIR tipe shimadzu yang terhubung dengan perangkat lunak sistem operasi OMNIC. Sampel diletakkan pada *plate holder* FTIR. Analisis dibuat pada frekuensi 4000-650 cm^{-1} . Setelah selesai, plat dibersihkan dengan *hexane* sebanyak dua kali dan *acetone* sampai tidak ada sampel minyak yang tertinggal lalu plat dikeringkan menggunakan *tissue*. Pengambilan data diulangi sebanyak 3 kali. Data yang dihasilkan berupa gelombang yang memiliki puncak-puncak tertentu yang menandakan gugus fungsi yang terkandung dalam minyak tersebut.



Gambar 3.2 Gelombang Hasil Pengukuran FTIR (Che, dkk, 2011)

3.4.2 Pengolahan Data

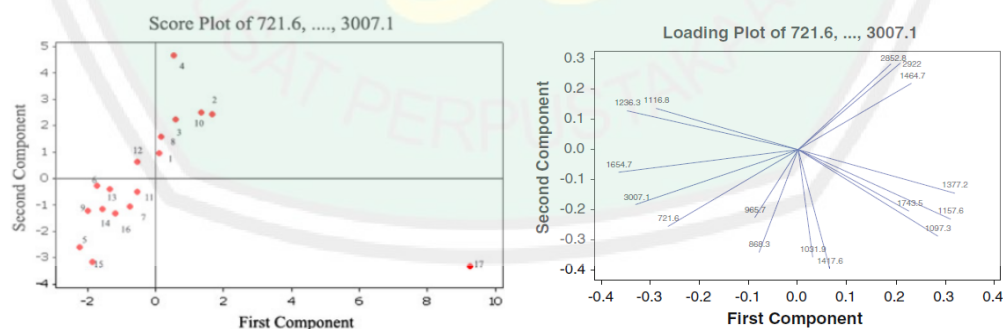
Setelah proses pengujian dengan menggunakan FTIR-*Spectroscopy* selesai, maka akan diperoleh spektrum berupa absorbansi (sumbu y) dan bilangan gelombang (sumbu x). Absorbansi pada bilangan gelombang tertentu yang menunjukkan gugus fungsi yang terkandung dalam minyak tersebut.

Tabel 3.2 Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi Minyak

| No | Gugus Fungsi | Bilangan Gelombang |
|----|--------------|--------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

3.4.3 Analisis Data

Data hasil spektrum FTIR yang diperoleh akan diolah menggunakan analisis kemometrik dengan metode PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*). Metode PCA diolah menggunakan *software* minitab. Metode ini merupakan analisis *multivariate* yang mentransformasi variabel-variabel asal yang saling berkorelasi menjadi variabel-variabel baru yang tidak saling berkorelasi dengan mereduksi sejumlah variabel tersebut sehingga mempunyai dimensi yang lebih kecil namun dapat menerangkan sebagian besar keragaman variabel aslinya.



Gambar 3.3 Hasil Analisis dengan Menggunakan PCA (Che, dkk, 2011)

Metode LDA diolah menggunakan *software* SPSS untuk mereduksi dari sejumlah bilangan gelombang yang dihasilkan menjadi tampilan dua atau tiga

dimensi, sehingga akan terlihat dengan jelas pengelompokan serta presisi dan akurasi pengelompokan dari sampel yang diuji coba.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan alat FTIR-*Spectroscopy* untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Output dari FTIR-*Spectroscopy* berupa spektrum inframerah. Spektrum tersebut memiliki puncak gelombang yang menandakan suatu gugus fungsi dalam sampel. Gugus fungsi dari sampel tersebut kemudian dikelompokkan dengan metode kemometrik LDA (*Linear Discriminant analysis*) dan PCA (*Principal Component Analysis*).

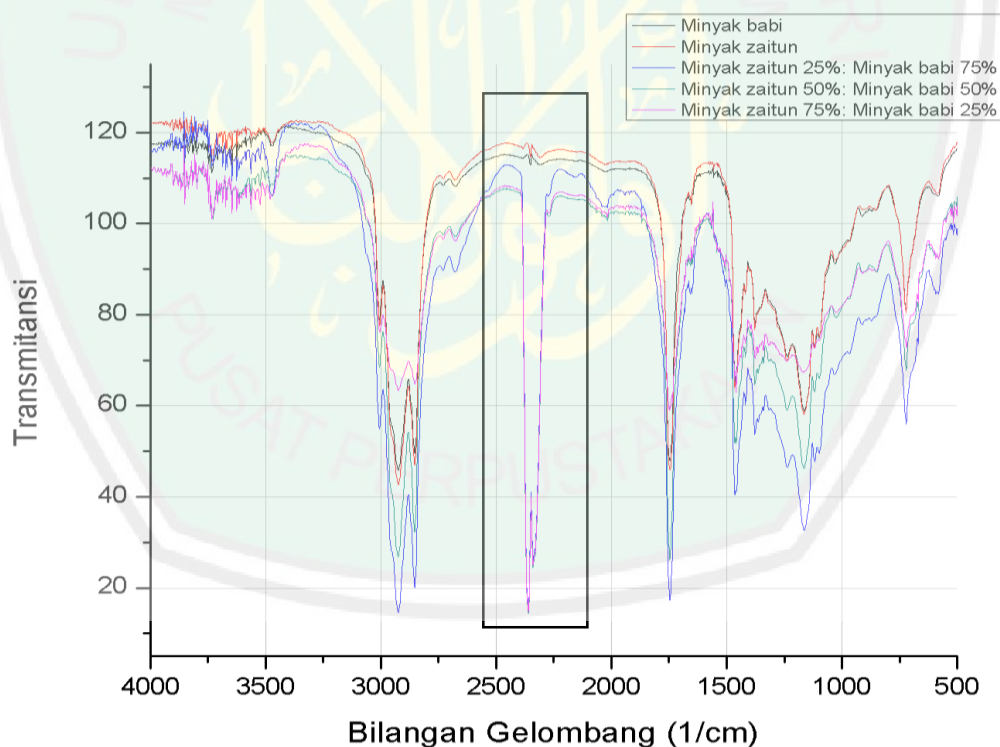
Sampel yang digunakan yaitu minyak babi murni, minyak zaitun murni, campuran minyak babi dan minyak zaitun dengan variasi konsentrasi 25%:75%, 50%:50%, dan 75%:25%. Hasil pengujian tersebut berupa spektrum inframerah. Spektrum ini merupakan grafik dari bilangan gelombang dan absorbansi senyawa. Penelitian ini menggunakan FTIR tipe shimadzu.



Gambar 4.1 Sampel Minyak Babi dan Minyak Zaitun

4.1 Data Hasil Penelitian

Hasil spektrum FTIR dari 5 sampel minyak pada panjang gelombang 4000-500 cm^{-1} dapat dilihat pada gambar 4.2. Dari gambar tersebut dapat diketahui bilangan gelombang (sumbu x) dan transmitansi (sumbu y) dari 5 spektrum minyak. Transmitansi menunjukkan adanya vibrasi molekul dari minyak dan bilangan gelombang menunjukkan gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Salah satu perbedaan antara minyak babi murni, minyak zaitun murni, dan campurannya terlihat pada daerah 2250-2500 cm^{-1} . Campuran minyak babi dan minyak zaitun memiliki transmitansi yang lebih kecil dari pada minyak murni.



Gambar 4.2 Hasil Pembacaan Spektrum FTIR dari 5 Sampel Minyak.

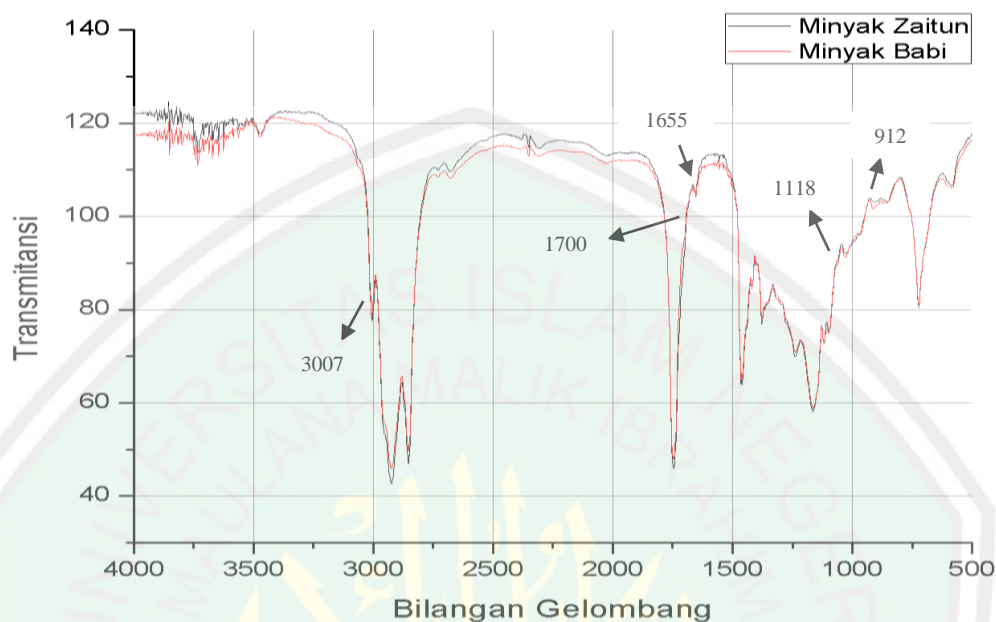
Spektrum dari kelima sampel tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan jika diamati secara langsung. Perlu adanya analisis lanjutan untuk mengelompokkan dan mengklasifikasi sampel tersebut. Tabel 4.1 merupakan data

nama gugus fungsi dan senyawa dengan kisaran panjang gelombang tertentu. Tabel tersebut digunakan sebagai acuan untuk menganalisis spektrum yang dihasilkan oleh sampel minyak pada penelitian ini.

Tabel 4.1 Pita Absorbansi Infra Merah

| 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 | 2222-2500 (4,5-5,0 μ) |
| SH | Sulfur | 2500-2700 | |
| C=C | Alkuna | 2190-2260 | 2000-2222 (5,0-5,5 μ) |
| C=N | Alkilnitril | 2240-2260 | |
| | Iosianat | 2240-2275 | |
| | Arilnitril | 2220-2240 | |
| -N=C=N | Diimida | 2130-2155 | 1667-1818 (6,0-6,5 μ) |
| -N ₃ | Azida | 2120-2160 | |
| >CO | Aldehid | 1720-1740 | 1538-1667 (6,5-7,5 μ) |
| | Keton | 1675-1725 | |
| | Asam Karbosilat | 1700-1725 | |
| | Ester | 2000-2300 | |
| | Asilhalida | 1755-1850 | |
| | Amida | 1670-1700 | 1053-1333 (7,5-9,5 μ) |
| CN | Oksim | 1640-1690 | |
| CO | β-diketon | 1540-1640 | 666-900 (11-15,0μ) |
| C=O | Ester | 1650 | |
| C=C | Alkena | 1620-1680 | |
| N-H _(b) | Amina | 1575-1650 | |
| -N=N- | Azo | 1575-1630 | |
| -C-NO ₂ | Nitro | 1550-1570 | |
| -C-NO ₂ | Nitro aromatic | 1300-1570 | |
| C-O-C | Eter | 1230-1270 | |
| -(CH ₂) _n | Senyawa lain | -722 | |

4.1.1 Data Hasil Uji FTIR pada Minyak Babi dan Minyak Zaitun



Gambar 4.3 Pola Spektrum Minyak Babi dan Minyak Zaitun

Gambar 4.3 merupakan pola spektrum minyak babi dan minyak zaitun pada pengulangan pertama. Pola spektrum yang didapatkan hampir sama namun memiliki nilai intensitas (transmitansi) yang berbeda pada masing-masing puncaknya. Tabel 4.2 merupakan tabel puncak spektrum yang melambangkan gugus-gugus fungsi tertentu pada sampel minyak babi dan minyak zaitun:

Tabel 4.2. Gugus Fungsi pada Minyak Babi

| No | Gugus Fungsi | Bilangan Gelombang |
|----|---|-------------------------------------|
| 1 | <i>Cis-olefinic</i> C=H | 3007.024144 |
| 2 | <i>CH₂ Stretching asymmetric</i> | 2924.085056 |
| 3 | <i>C=O Carbonyl Stretching</i> | 1747.507296, 1743.649664 |
| 4 | <i>CH₂ Bending</i> | 1463.971344 |
| 5 | <i>CH rocking (bending)</i> dari cis yang tidak terstutitisi pada alkena ^[3] | 1417.67976 |
| 6 | <i>CH₃ Bending</i> | 1377.174624 |
| 7 | <i>C-O (eter) stretching</i> | 1163.076048, 1118.71328, 1099.42512 |
| 8 | <i>C-O stretching</i> | 1029.987744 |
| 9 | =CH dari isolasi transolefin ² ^[5] | 968.265632 |
| 10 | <i>-HC=CH Bending</i> | 912.329968 |
| 11 | <i>Overlapping</i> dari methylene -CH ₂ rocking vibration | 721.377184 |

Tabel 4.3 Gugus Fungsi Pada Minyak Zaitun

| No | Gugus Fungsi | Bilangan Gelombang |
|----|---|--------------------------------------|
| 1 | C=CH <i>stretching</i> | 3005.095328, 3007.024144 |
| 2 | CH ₂ <i>Stretching asymmetric</i> | 2924.085056, 2852.718864 |
| 3 | C=O <i>Carbonyl Stretching</i> | 1743.649664 |
| 4 | CH ₂ <i>Bending</i> | 1465.90016 |
| 5 | CH <i>rocking (bending)</i> dari cis yang tidak terstutitisi pada alkena | 1417.67976 |
| 6 | CH ₃ <i>Bending</i> | 1377.174624 |
| 7 | C-O (eter) <i>Stretching</i> | 1163.076048, 1118.71328, 1097.496304 |
| 8 | C-O <i>stretching</i> | 1028.058928 |
| 9 | =CH dari isolasi transolefin | 968.265632 |
| 10 | <i>Overlapping</i> dari methylene -CH ₂ <i>rocking vibration</i> | 723.306 |

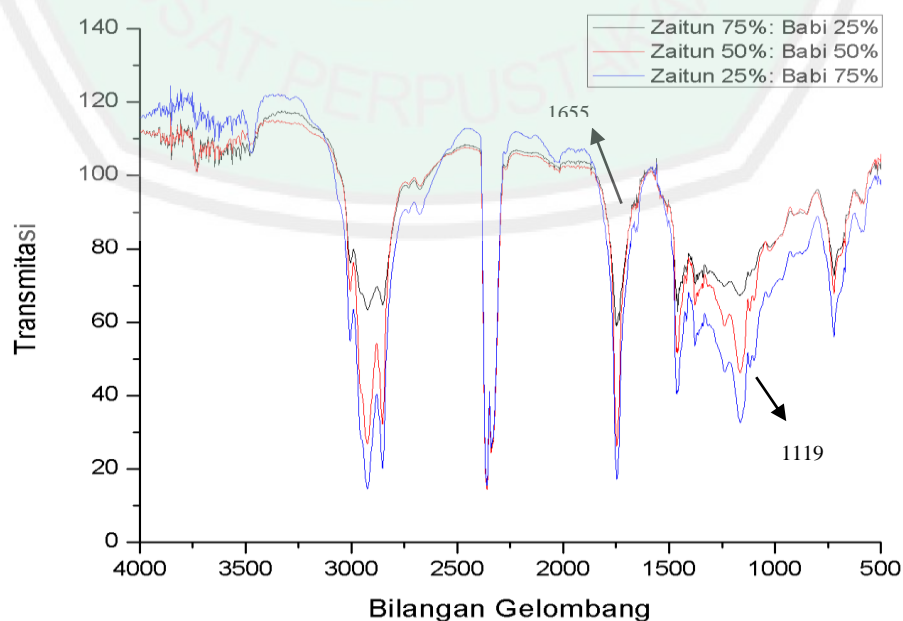
Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa zaitun memiliki puncak pada daerah 3007. Puncak yang sama juga muncul pada spektrum minyak babi namun dengan intensitas transmitansi yang lebih tinggi dari minyak zaitun. Hal ini disebabkan karena minyak zaitun memiliki ikatan rangkap *olefinic* yang lebih tinggi dari minyak babi. Minyak babi mengalami vibrasi *bending* oleh -HC=CH pada bilangan gelombang 912 cm⁻¹. Sedangkan minyak zaitun tidak ditemukan vibrasi pada bilangan gelombang pada daerah tersebut.

Daerah 1655 muncul serapan rendah pada pola spektrum dari minyak zaitun. Hal ini merupakan vibrasi dari ikatan rangkap tak jenuh disubstitusi C=C jenis *cis-olefin* yang menunjukkan kandungan *Mono Unsaturated Fatty Acid* (MUFA) pada minyak zaitun (A.Rohman & Che Man, 2012). Pada minyak babi muncul serapan rendah pada daerah 1700 yang merupakan serapan dari vibrasi ikatan rangkap C=C *trans-olefin*. Ikatan C=C jenis *cis-olefin* hanya dimiliki oleh jenis minyak nabati yang memiliki intensitas absorbansi yang lebih tinggi dibandingkan ikatan C=C jenis *trans-olefin* yang hanya terdapat pada minyak hewani. Meskipun terkadang

ikatan *trans-olefin* tidak muncul seperti pada penelitian ini. Minyak zaitun terdiri dari 83% asam oleat yang merupakan asam lemak tak jenuh jenis MUFA dan minyak babi memiliki kandungan asam oleat sebesar 45%. Perbedaan ini mempengaruhi intensitas serapan pada pola spektrum daerah tersebut. Serapan pada daerah ini merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk membedakan minyak zaitun dan minyak babi.

Minyak babi mengalami *overlapping* di daerah bilangan gelombang 1118 cm^{-1} dan 1099 cm^{-1} , sedangkan minyak zaitun mengalami *overlapping* di daerah bilangan gelombang 1118 cm^{-1} dan 1097 cm^{-1} . Pada daerah tersebut intensitas serapan minyak zaitun lebih tinggi dari minyak babi. Serapan tersebut merupakan vibrasi *bending* dari CH dan vibrasi deformasi CH dari asam lemak. Hal ini yang menjadi pembeda untuk menganalisis sampel minyak zaitun, babi, dan campurannya.

4.1.2 Data Hasil Uji FTIR pada Campuran Minyak Babi dan Minyak Zaitun



Gambar 4.4 Hasil FTIR campuran minyak zaitun dan babi pengulangan 1

Hasil spektrum dari campuran minyak dengan konsentrasi 25%:75%, 50%:50%, dan 75%:25% ditunjukkan pada gambar 4.4. Daerah serapan 1655 menunjukkan puncak karakteristik, dimana terlihat intensitas serapan terendah sampai tertinggi dimiliki oleh campuran minyak zaitun dan minyak babi dengan konsentrasi 75%:25%, 50%:50%, dan 25%:75%. Hal ini menunjukkan bahwa serapan semakin lemah seiring dengan bertambahnya konsentrasi minyak zaitun. Pada dasarnya daerah serapan 1655 minyak nabati mengalami vibrasi dari ikatan rangkap tak jenuh disubstitusi C=C jenis *cis-olefin* yang mengakibatkan serapan rendah. Vibrasi ini menunjukkan adanya kandungan *Mono Unsaturated Fatty Acid* (MUFA) pada minyak zaitun lebih tinggi dari pada minyak babi.

Kedua minyak tersebut menunjukkan perbedaan pada daerah 1650, 1119, dan 1099. Pada ketiga titik tersebut perbedaan kedua minyak dapat dianalisis secara kualitatif. Selanjutnya perbedaan spektrum minyak dapat diukur dengan melihat intensitas dari transmitan atau absorbansinya. Intensitas serapan bergantung pada jumlah gugus yang diserap oleh radiasi inframerah. Namun untuk analisis kualitatif lebih lanjut perlu digunakan metoda statistik kimia (*chemometric*) untuk membantu analisis campuran kedua minyak.

4.1.3 Data Hasil Analisis LDA (*Linear Discrimant Analysis*)

Analisis kemometrik LDA bertujuan untuk mengklasifikasi pola data minyak. Metode analisis ini mencoba untuk memaksimalkan penyebaran data-data input diantara kelas-kelas yang berbeda dan meminimalkan penyebaran input pada kelas yang sama. Data yang diolah pada penelitian ini berupa puncak gelombang pada

tiap-tiap sampel minyak. Puncak gelombang tersebut diperoleh dari data hasil FTIR spektroskopi lima sampel minyak dengan tiga kali pengulangan.

Data puncak gelombang (*input*) yang akan dianalisis menggunakan metode LDA dapat dilihat pada lampiran 2. Tabel pada lampiran tersebut menunjukkan hasil puncak spektrum gelombang pada hasil uji FTIR. Puncak spektrum tersebut diibaratkan sebagai gugus fungsi (sensor). Terdapat 18 puncak spektrum yang menandakan 18 gugus fungsi yaitu gugus fungsi pertama (G1), gugus fungsi kedua (G2), gugus fungsi ketiga (G3), dan seterusnya. Kemudian 5 grup dalam tabel tersebut menandakan adanya 5 sampel dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Kedelapan belas gugus fungsi tersebut akan digunakan sebagai variabel independen untuk analisis kemometrik LDA.

Lampiran 3 menjelaskan bahwa terdapat 15 total respon minyak yang terdiri dari 3 respon minyak yang memberikan keputusan sebagai grup 1 yaitu minyak babi murni, 3 respon minyak sebagai grup 2 yaitu minyak zaitun murni, 3 respon minyak sebagai grup 3 yaitu minyak babi 25%: minyak zaitun 75%, 3 respon minyak sebagai grup 4 yaitu minyak babi 50%: minyak zaitun 50%, dan 3 minyak sebagai grup 5 yaitu minyak babi 75%: minyak zaitun 25%. Respon tersebut merupakan jumlah pengulangan dari tiap-tiap minyak.

Standar deviasi adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur jumlah variasi atau sebaran sejumlah set nilai data. Standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa titik data cenderung mendekati *mean* (rata-rata), sedangkan standar deviasi yang tinggi menunjukkan bahwa titik data tersebar pada rentang nilai yang lebih luas. Berdasarkan data tabel pada lampiran 2 grup 1 yaitu minyak

babi murni pada G1, G2, G4, dan G18 memiliki *standart deviasi* .0000. Hal ini menunjukkan bahwa pada pengulangan 1,2,3 gugus fungsi pertama, kedua, keempat, dan kedelapan belas memiliki nilai bilangan gelombang yang mendekati nilai rata-rata. Sedangkan pada gugus fungsi ketiga (G5) memiliki *standart deviasi* 16.09184. Hal ini menandakan bahwa gugus fungsi tersebut memiliki nilai bilangan gelombang yang jauh dari rata-rata. Jadi, semakin tinggi *standart deviasi* maka semakin besar rentan nilai sampel terhadap nilai rata-rata.

4.4 Tests of Equality of Group Means

| | Wilks' Lambda | F | df1 | df2 | Sig. |
|-----|---------------|------------|-----|-----|------|
| G1 | .000 | 260284.249 | 4 | 10 | .000 |
| G2 | .(a) | | | | |
| G3 | .000 | 6105.750 | 4 | 10 | .000 |
| G4 | .000 | 466824.625 | 4 | 10 | .000 |
| G5 | .029 | 83.312 | 4 | 10 | .000 |
| G6 | .000 | 71004.522 | 4 | 10 | .000 |
| G7 | .127 | 17.134 | 4 | 10 | .000 |
| G8 | .519 | 2.321 | 4 | 10 | .128 |
| G9 | .535 | 2.171 | 4 | 10 | .146 |
| G10 | .460 | 2.932 | 4 | 10 | .076 |
| G11 | .233 | 8.236 | 4 | 10 | .003 |
| G12 | .056 | 42.202 | 4 | 10 | .000 |
| G13 | .039 | 61.120 | 4 | 10 | .000 |
| G14 | .173 | 11.979 | 4 | 10 | .001 |
| G15 | .264 | 6.962 | 4 | 10 | .006 |
| G16 | .139 | 15.430 | 4 | 10 | .000 |
| G17 | .196 | 10.283 | 4 | 10 | .001 |
| G18 | .(a) | | | | |

Tests of Equality of Group Means (uji signifikansi perbedaan rata-rata pada setiap variabel independen) merupakan interpretasi pertama yang dilakukan dari metode LDA. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui beberapa variabel yang berkontribusi dalam pengklasifikasian. Adapun untuk variabel independennya adalah sensor 1 sampai sensor 18. Dasar pengambilan yang dijadikan keputusan dalam hipotesis uji signifikansi yaitu sebagai berikut:

1. Jika signifikansi $>0,05$ maka tidak ada perbedaan yang signifikan pada rata-rata setiap kelompok (kondisi)
2. Jika signifikansi $<0,05$ maka terdapat perbedaan yang signifikan pada rata-rata setiap kelompok (kondisi).

Hasil uji *Equality of group means* terdapat pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa sensor G8, G9, G10 memiliki nilai signifikansi $>0,05$ yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan variabel independen di tiap kelompok. Sensor G1 - G7 dan sensor G11 - G18 memiliki nilai signifikansi $<0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada variabel independen di tiap kelompok. Hal ini berarti sensor tersebut memiliki pengaruh dominan dalam pengklasifikasian pola gugus fungsi minyak. G2 dan G18 memiliki nilai signifikansi yang tidak bisa dihitung karena nilai variabel konstan pada tiap grupnya (kelompok sampel). Nilai *wilks' lambda* pada tabel di atas diperoleh dari persamaan matematis (Prof. Gudono, 2015):

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

SSw adalah nilai varians dalam matrik SSCPw (*Sun of square nd cross product*) dan SSt adalah nilai varians dalam matrik SSCPt. Nilai SSw diperoleh dari tabel *Whithin Grooup Matrices* sedangkan nilai SSt diperoleh dari tabel *Covariance Matrices* (tabel terlampir dilampiran) dengan rumus:

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

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

Tabel 4.5 merupakan hasil dari proses *stepwise method*. Proses tersebut menunjukkan variabel yang dimasukkan dalam setiap tahap. Terdapat 4 tahapan (*step*), yang berarti terdapat 4 variabel yang masuk ke dalam model. Variabel yang masuk ke dalam model adalah variabel yang memiliki pengaruh signifikan pada grup dan tidak mempengaruhi nilai F yang tidak signifikan. Tahapan pemasukan variabel ditentukan oleh besar kecilnya angka *sig of F to remove* dimana angka terkecil akan didahulukan.



Tabel 4.5 *Variables Entered/Removed* Analisis Diskriminan

| Step | Number of Variables | Lambda | df1 | df2 | df3 | Exact F | | | | Approximate F | | | |
|------|---------------------|--------|-----|-----|-----|------------|-----|--------|------|---------------|-----|--------|------|
| | | | | | | Statistic | df1 | df2 | Sig. | Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 1 | 1 | .000 | 1 | 4 | 10 | 466824.625 | 4 | 10.000 | .000 | | | | |
| 2 | 2 | .000 | 2 | 4 | 10 | 251519.538 | 8 | 18.000 | .000 | | | | |
| 3 | 3 | .000 | 3 | 4 | 10 | | | | | 218018.239 | 12 | 21.458 | .000 |
| 4 | 4 | .000 | 4 | 4 | 10 | | | | | 137314.264 | 16 | 22.023 | .000 |

Tabel 4.6 *Variabel in the Analysis*

| Step | | Tolerance | F to Remove | Wilks' Lambda |
|------|----|-----------|-------------|---------------|
| 1 | G4 | 1.000 | 466824.625 | |
| 2 | G4 | .719 | 270055.505 | .000 |
| | G1 | .719 | 150572.666 | .000 |
| 3 | G4 | .717 | 175870.972 | .000 |
| | G1 | .699 | 30331.990 | .000 |
| | G6 | .949 | 4577.256 | .000 |
| 4 | G4 | .694 | 150754.477 | .000 |
| | G1 | .508 | 15375.205 | .000 |
| | G6 | .067 | 17709.004 | .000 |
| | G5 | .071 | 112.689 | .000 |

Tabel 4.6 menunjukkan ada 4 variabel yang digunakan pada analisis. Tahap pertama terdapat 1 variabel yaitu G4, tahap kedua terdapat 2 variabel yaitu G4 dan G1, tahap ketiga bertambah menjadi 3 variabel yaitu G4, G1, dan G6. Tahap terakhir (tahap 4) terdapat 4 variabel yang dimasukkan ke dalam model yaitu G4, G1, G6, dan G5. Variabel yang dikeluarkan dalam model analisis diskriminan pada tiap tahapnya dapat dilihat pada tabel *variables not in the analysis* yang ada pada lampiran 5.

Tabel 4.7 *Eigenvalues*

| Function | Eigenvalue | % of Variance | Cumulative % | Canonical Correlation |
|----------|----------------|---------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 1050996.583(a) | 91.2 | 91.2 | 1.000 |
| 2 | 97373.400(a) | 8.5 | 99.7 | 1.000 |
| 3 | 3465.645(a) | .3 | 100.0 | 1.000 |
| 4 | 4.274(a) | .0 | 100.0 | .900 |

Tabel 4.7 merupakan bagian dari *summary of canonical discriminant function*. Hasil pada tabel 4.7 nilai eigen yang diperoleh menjauhi angka nol, yang berarti fungsi *discriminant* yang diperoleh cukup baik karena tidak terjadi multikolinearitas (keterkaitan antara variabel bebas).

Terdapat nilai *canonical correlation* pada tabel 4.7, yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan antara hasil diskriminasi atau besarnya variabilitas yang mampu diterangkan oleh variabel independen terhadap variabel dependen. Fungsi 1, 2, dan 3 memperoleh nilai *canonical correlation* sebesar 1,000 apabila dikuadratkan menjadi 1, artinya 100% varians dari variabel independen (kelompok) dapat dijelaskan dari model diskriminan yang terbentuk. Fungsi 4 memperoleh nilai *canonical correlation* sebesar 0,9, maka bila dikuadratkan menjadi 0,81 atau 81% yang artinya 81% varians dapat dijelaskan dari model diskriminan yang terbentuk. Besarnya korelasi ditunjukkan antara 0-1. jadi hubungan antara ke empat fungsi tersebut sangat tinggi karena nilainya mendekati 1.

Tabel 4.8 *Classification Function Coefficients*

| | GRUP | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 |
| G1 | 129751.1 | 124542.6 | 154200.2 | 127454.5 | 129347.1 |
| G4 | 6232.190 | 15490.794 | 21716.737 | 15422.328 | 16078.856 |
| G5 | -2974.740 | -3045.720 | -4051.288 | -3161.468 | -3255.416 |
| G6 | 95432.137 | 97709.693 | 129996.0 | 101425.2 | 104476.7 |
| (Constant) | -3E+007 | -3E+007 | -4E+007 | -3E+007 | -3E+007 |

Tabel 4.8 menunjukkan fungsi diskriminan yang digunakan sebagai penentu klasifikasi dari minyak murni dan campuran. Fungsi diskriminan terbentuk dari variabel terseleksi yang memiliki kontribusi dalam menentukan prediksi. Adapun variabel-variabel tersebut yaitu G1, G4, G5, dan G6. Variabel yang tidak masuk merupakan variabel yang memiliki kontribusi lemah terhadap model klasifikasi. Fungsi diskriminan yang terbentuk yaitu:

$$D_1 = -26788156.964 + (129751.106 G_1 + 6232.190 G_4 - 2974.740 G_5 + 95432.137 G_6)$$

$$D_2 = -27456309.334 + (124542.632 G_1 + 15490.794 G_4 - 3045.720 G_5 + 97709.693 G_6)$$

$$D_3 = -44639954.946 + (154200.169 G_1 + 21716.737 G_4 - 4051.288 G_5 + 129996.021 G_6)$$

$$D_4 = -28867187.481 + (127454.495 G_1 + 15422.328 G_4 - 3161.468 G_5 + 101425.246 G_6)$$

$$D_5 = -30083972.380 + (129347.058 G_1 + 16078.856 G_4 - 3255.416 G_5 + 104476.680 G_6)$$

Fungsi diskriminan tersebut di analisis menggunakan uji *multivariate tes signifikan* dari *wilk's lambda* untuk menguji signifikansi pola minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya. Hipotesis yang dilakukan menggunakan uji *chi-square* dalam penelitian ini yaitu:

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata (*centroid*) dari keenam fungsi diskriminan

H_1 = Ada perbedaan rata-rata (*centroid*) dari keenam fungsi diskriminan

Berikut merupakan ketentuan dari uji *chi-square*:

1. Sig > 0.05 maka H_0 diterima
2. Sig < 0.05 maka H_0 ditolak

Tabel 4.9 *Wilk's Lambda*

| Test of Function(s) | Wilks' Lambda | Chi-square | Df | Sig. |
|---------------------|---------------|------------|----|------|
| 1 through 4 | .000 | 334.070 | 16 | .000 |
| 2 through 4 | .000 | 202.350 | 9 | .000 |
| 3 through 4 | .000 | 93.230 | 4 | .000 |
| 4 | .190 | 15.796 | 1 | .000 |

Hasil analisis *wilk's lambda* pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa fungsi diskriminan 1 - 4 memiliki nilai sig. *chi-square* 0.000, lebih kecil dari standar nilai sig. uji *chi-square* (0.05), maka dapat diambil kesimpulan bahwa model fungsi diskriminan tersebut mampu mengelompokkan atau membedakan minyak murni, minyak babi, dan campurannya. Hal ini juga dapat dilihat pada tabel 4.10 dimana sampel dibagi menjadi 5 grup *centroid* yang memiliki rata-rata skor fungsi diskriminan yang berbeda.

Tabel 4.10 *Function of Grup Centroid*

| GRUP | Function | | | |
|------|----------|----------|---------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.00 | -780.251 | -449.662 | 4.873 | .132 |
| 2.00 | -470.095 | 249.752 | 71.579 | 1.201 |
| 3.00 | 1610.173 | -109.574 | 16.283 | -.006 |
| 4.00 | -269.766 | 162.138 | -16.037 | -3.103 |
| 5.00 | -90.060 | 147.347 | -76.698 | 1.777 |

Tabel 4.11 *Classification Summary*

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

(a) *Classification Processing Summary*

| GRUP | 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 |

(b) *Prior Probabilities for Groups*

Tabel 4.11 diatas menunjukkan jumlah sampel (responden) sebanyak 15 yang diproses dan tidak ada data yang hilang. Pada tabel *prior probabilities for groups* menunjukkan kelompok dengan keputusan grup 1 sebanyak 3 sampel, grup 2 sebanyak 3 sampel, grup 3 sebanyak 3 sampel, grup 4 sebanyak 3 sampel, dan grup 5 sebanyak 3 sampel.

Tabel 4.12 *Classification Result*

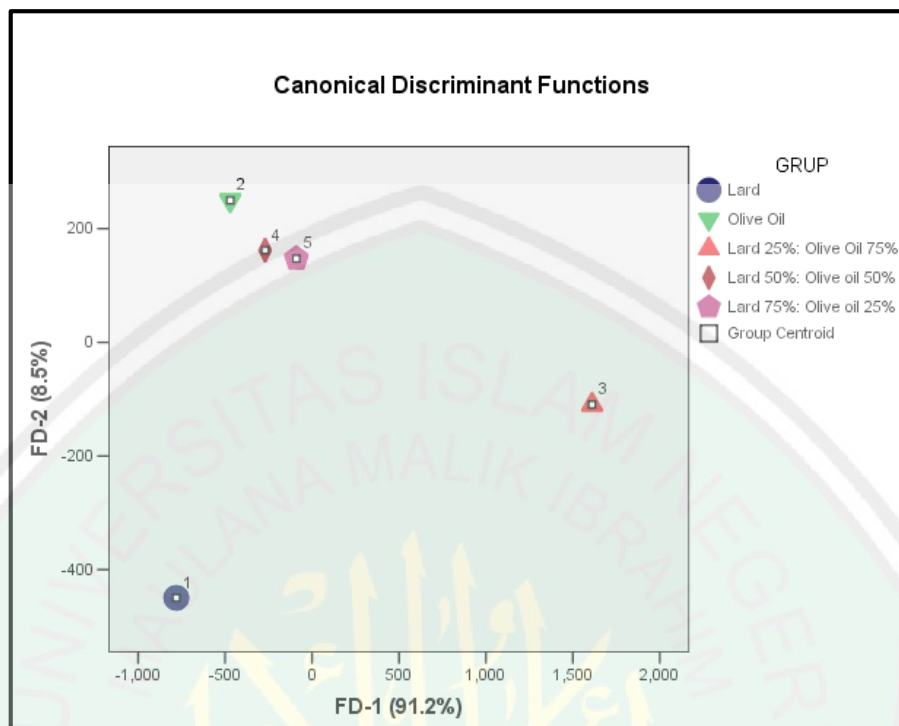
| | | Predicted Group Membership | | | | | Total | |
|------------------------------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | GRUP | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | | |
| Original | Count | 1.00 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | 2.00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | 3.00 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| | | 4.00 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| | | 5.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | % | 1.00 | 100.0 | .0 | .0 | .0 | .0 | 100.0 |
| | | 2.00 | .0 | 100.0 | .0 | .0 | .0 | 100.0 |
| | | 3.00 | .0 | .0 | 100.0 | .0 | .0 | 100.0 |
| | | 4.00 | .0 | .0 | .0 | 100.0 | .0 | 100.0 |
| | | 5.00 | .0 | .0 | .0 | .0 | 100.0 | 100.0 |
| Cross-validated ^a | Count | 1.00 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | 2.00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | | 3.00 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| | | 4.00 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| | | 5.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | % | 1.00 | 100.0 | .0 | .0 | .0 | .0 | 100.0 |
| | | 2.00 | .0 | 100.0 | .0 | .0 | .0 | 100.0 |
| | | 3.00 | .0 | .0 | 100.0 | .0 | .0 | 100.0 |
| | | 4.00 | .0 | .0 | .0 | 100.0 | .0 | 100.0 |
| | | 5.00 | .0 | .0 | .0 | .0 | 100.0 | 100.0 |

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.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 100.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Tabel 4.12 menunjukkan *crosstabulasi* antara perhitungan awal dan setelah di cross-validasi. Fungsi diskriminan yang terbentuk secara keseluruhan memiliki tingkat validasi yang tinggi yaitu 100%. Hasil tersebut menunjukkan hasil keakuratan fungsi diskriminasi yang baik.



Gambar 4.5 Score Plot Data Minyak Menggunakan Metode LDA

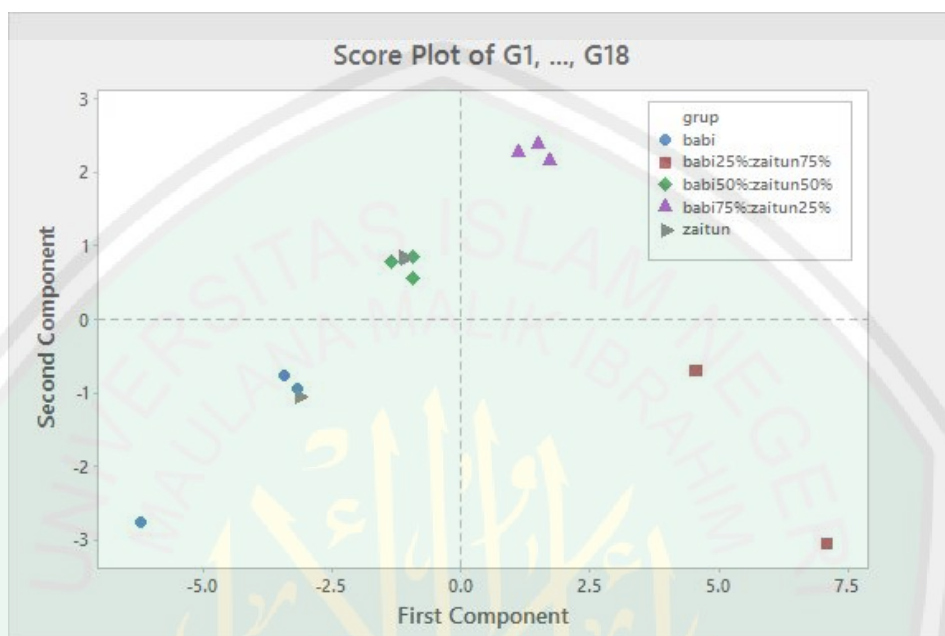
Hasil analisis data pola minyak babi, minyak zaitun dan campurannya menggunakan *score plot* ditunjukkan pada gambar 4.5. Pola klasifikasi yang dibentuk dapat membedakan data setiap minyak. Warna biru adalah minyak babi, warna hijau adalah minyak zaitun, warna oranye adalah campuran minyak babi 25%: minyak zaitun 75%, warna merah merupakan campuran minyak babi 50%: minyak zaitun 50%, warna ungu adalah minyak babi 75%: minyak zaitun 25%. *Score plot* diatas menunjukkan sampel yang dikelompokkan menjadi 5 kelompok, kelompok tersebut terbentuk karena dipisahkan oleh 4 fungsi diskriminant. Data yang diperoleh pada setiap kelompok menunjukkan *centroid* yang ditandai dengan kotak warna putih. Hal ini menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari pengulangan 1, pengulangan 2 dan pengulangan 3 tiap sampel minyak memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dari nilai *centroid* masing-masing kelompok.

Klasifikasi tersebut berdasarkan nilai dari fungsi diskriminan yang mempunyai fungsi berbeda pada setiap kondisi. Seperti yang terlihat dari tabel 4.7, fungsi diskriminan ke 1 mempunyai kontribusi untuk membedakan data minyak dengan varian sebesar 91,2%. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi diskriminan ke 1 sudah cukup untuk membedakan 5 kondisi data yang berbeda pada sampel minyak. Fungsi diskriminan 2 menunjukkan bahwa fungsi diskriminan ke 2 mempunyai kontribusi untuk membedakan data dengan varian 8,5% yang berarti kurang dapat membedakan kondisi data pada minyak. Fungsi diskriminan ke 3 yang hanya memiliki varian 0,3%. Perbedaan ini terletak pada nilai koefisien setiap variabel independen penyusun fungsi diskriminannya. Fungsi diskriminan yang terbentuk dengan *statistic multivariate* LDA menggunakan metode *stepwise* yang merupakan metode memasukkan variabel-variabel secara bertahap untuk menyeleksi variabel-variabel yang memiliki kontribusi besar dalam menentukan prediksi pada model fungsi diskriminan dan menghapus variabel yang memiliki kontribusi rendah. Berdasarkan fungsi diskriminan yang dibentuk pada data minyak, maka variabel yang dihapus yaitu G2, G3, G7, G8 sampai G18.

4.1.4 Data Hasil Analisis PCA (*Principal Component Analysis*)

PCA (*Principal Component Analysis*) merupakan interpretasi data yang dilakukan dengan mereduksi data. Jumlah variabel dalam suatu matriks dikurangi untuk menghasilkan variabel baru dengan tetap mempertahankan informasi yang dimiliki data. Adapun variabel baru yang dihasilkan berupa skor atau komponen utama. Cara untuk meminimalisir kesalahan akibat jumlah data spektroskopi FTIR

yang cukup banyak dan bervariasi adalah dengan memilih delapan belas puncak pada daerah $3500\text{ cm}^{-1} - 450\text{ cm}^{-1}$.



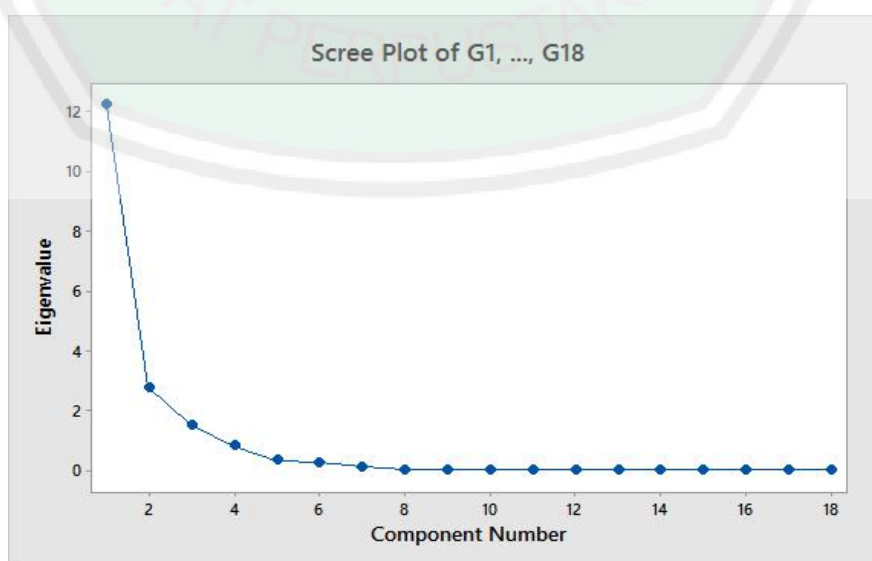
Gambar 4.6 *Score Plot* PCA Minyak Babi, Minyak Zaitun, dan Campurannya

Hasil dari analisis PCA berupa *score plot* yang bisa dilihat pada gambar 4.6. Gambar tersebut menunjukkan adanya empat kuadran pemisah yang dapat membedakan minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa masing-masing sampel dikelompokkan ke dalam jarak yang berbeda satu sama lain. Jarak antar sampel menunjukkan tingkat kesamaan antar sampel, semakin jauh jarak maka semakin sedikit kesamaan yang dimiliki tiap-tiap sampel. Sebagai contoh, terlihat bahwa minyak babi dan minyak zaitun berada pada kuadran yang berbeda. Gambar tersebut membuktikan bahwa minyak babi dan minyak zaitun dapat dibedakan secara berkelompok. Selain itu terlihat bahwa semakin naik persentase konsentrasi minyak babi maka semakin dekat minyak

tersebut dengan minyak babi murni. Hal ini dilihat dari minyak babi 50% yang berdekatan dengan minyak babi murni.

Gambar 4.9 terdapat satu pengulangan pada minyak zaitun yang letaknya berbeda kuadran dari dua pengulangan yang lain. Hal ini disebabkan karena terdapat informasi yang belum tercakup. *Score* PCA dua dimensi ini memiliki nilai kumulatif yang cukup baik yaitu sebesar 83,38%. Nilai tersebut belum mampu mengklasifikasi sampel dengan maksimal, sehingga perlu dibuat *score plot* PCA tiga dimensi yang memiliki nilai kumulatif yang lebih baik.

Analisis PCA diawali dengan menghitung nilai korelasi antar variabel karena pada dasarnya analisis PCA dapat dilakukan jika variabel yang ada memiliki korelasi. Analisis ini dilakukan perhitungan korelasi dari setiap variabel dan dibentuk dalam sebuah matriks berkorelasi. Matriks berkorelasi tersebut nantinya akan dilakukan analisis PCA dengan melihat nilai eigen yang ada pada masing-masing variabel. Variabel baru (*Principal Component*) dibentuk berdasarkan nilai eigen yang lebih dari satu.

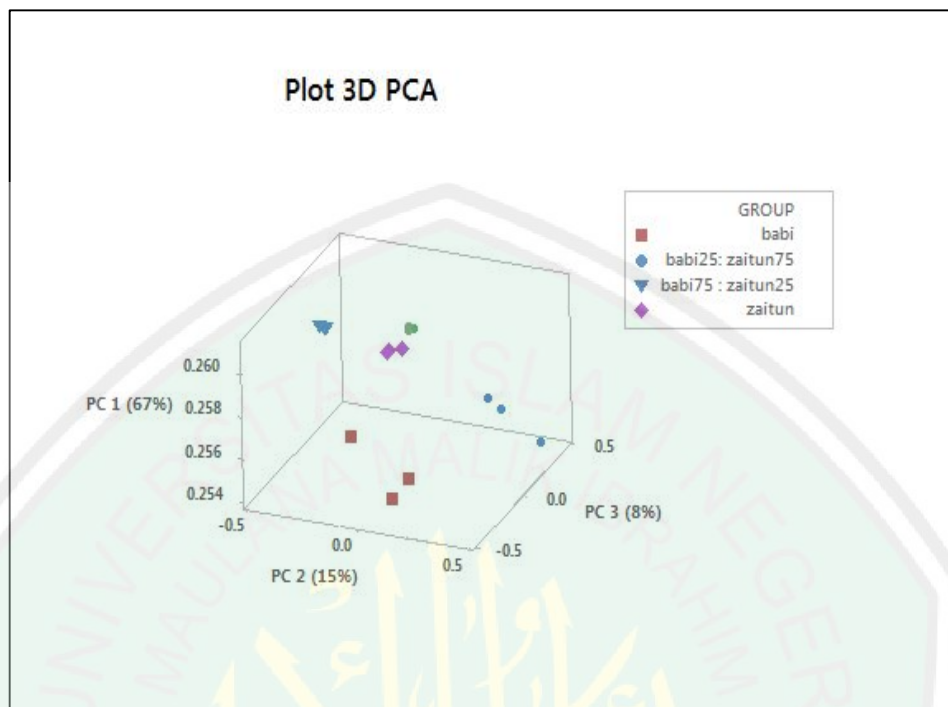


Gambar 4.7 Scree plot

Gambar 4.7 menjelaskan tentang komponen utama dan nilai eigen. Syarat satu komponen utama terbentuk yaitu apabila memiliki nilai eigen ≥ 1 . Gambar 4.7 terdapat G1- G3 yang merupakan komponen dengan nilai eigen lebih dari satu dan termasuk komponen yang paling berpengaruh dalam klasifikasi. G4-G18 memiliki nilai eigen < 1 , sehingga dikeluarkan dari analisis. *Scree plot* yang ditampilkan berupa plot dua atau tiga dimensi yang terdiri dari PC-1, PC-2, dan PC-3. Tabel 4.13 menunjukkan bahwa nilai proporsi PC-1 = 67%, PC-2 = 15%, dan PC-3 = 8%. Jika dijumlahkan maka total nilai komulatifnya adalah 91%. Berikut merupakan hasil *score plot* 3D yang dapat dilihat pada gambar 4.11:

Tabel 4.13 *Eigen Analysis of Correlation Matriks*

| Eigenvalue | Proportion | Cumulative |
|------------|------------|------------|
| 12.224 | 0.679 | 0.679 |
| 2.767 | 0.154 | 0.833 |
| 1.494 | 0.083 | 0.916 |
| 0.812 | 0.045 | 0.961 |
| 0,045 | 0.018 | 0.979 |
| 0,182 | 0.014 | 0.999 |
| 0.317 | 0.006 | 1.000 |
| 0.255 | 0.001 | 1.000 |
| 0.107 | 0.000 | 1.000 |
| 0,014 | 0.000 | 1.000 |
| 0.006 | 0.000 | 1.000 |
| 0.003 | 0.000 | 1.000 |
| 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| -0.000 | -0.000 | 1.000 |
| -0.000 | -0.000 | 1.000 |
| -0.000 | -0.000 | 1.000 |
| -0.000 | -0.000 | 1.000 |



Gambar 4.8 Plot 3D PCA

Klasifikasi tiap minyak terlihat jelas ketika diagram diubah menjadi 3D, tiap-tiap sampel terlihat mengelompok sesuai dengan jenisnya. Minyak Babi Murni disimbolkan dengan kotak berwarna merah, minyak zaitun murni disimbolkan dengan belah ketupat ungu, minyak babi 75%: minyak zaitun 25% disimbolkan dengan segitiga biru, minyak babi 50%: minyak zaitun 50% disimbolkan dengan lingkaran hijau dan minyak babi 25%: minyak zaitun 75% disimbolkan dengan lingkaran biru.

4.2 Pembahasan

Minyak babi dan minyak zaitun memiliki pola spektrum yang hampir sama. Kemiripan ini dikarenakan komponen penyusun dari kedua minyak tersebut merupakan trigliserida (Rohman, 2014). Perbedaan yang terlihat yaitu berupa tinggi atau rendahnya serapan pada masing-masing pola spektrum. Daerah serapan 1655

cm^{-1} , 1119 cm^{-1} , 912 cm^{-1} merupakan daerah pembeda dari kedua minyak. Perbedaan pada ketiga puncak tersebut dianalisis secara kualitatif. Perbedaan spektrum dari kedua minyak juga dapat diukur dari intensitas serapan. Intensitas serapan bergantung pada jumlah gugus yang diserap oleh radiasi inframerah. Serapan rendah pada minyak zaitun pada daerah 1655 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi dari ikatan rangkap tak jenuh disubsitusi C=C jenis cis-olefinic. Serapan tersebut hanya dimiliki oleh jenis minyak nabati. Pada minyak babi tidak muncul serapan pada daerah tersebut. Serapan rendah pada daerah tersebut menandakan adanya MUFA (*Mono Unsaturated Fatty Acid*) yang terkandung dalam minyak zaitun. Minyak zaitun memiliki memiliki MUFA yang lebih banyak dari minyak babi. Minyak zaitun memiliki kandungan MUFA sebesar 83%, sedangkan minyak babi sebesar 45%.

Hasil spektrum dari campuran minyak babi dan minyak zaitun pada daerah serapan 1655 cm^{-1} menunjukkan puncak karakteristik, intensitas serapan terendah sampai tertinggi dimiliki oleh campuran minyak zaitun dan minyak babi dengan konsentrasi 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%. Absorbansi serapan semakin lemah seiring dengan bertambahnya konsentrasi minyak zaitun. Hal ini dikarenakan minyak zaitun memiliki kandungan MUFA yang lebih tinggi dari minyak babi.

FTIR-*Spectroscopy* belum mampu mengklasifikasi sampel, sehingga dibutuhkan metode *chemometric* LDA dan PCA untuk analisis selanjutnya. Adanya sedikit perbedaan gugus fungsi pada tiap-tiap minyak dapat menjadi penentu dalam pengklasifikasian sampel. Minyak zaitun dan minyak babi memiliki kemiripan dari segi komposisi penyusunnya sehingga ketika dikelompokkan menggunakan PCA

2D minyak babi dan minyak zaitun berada dalam kuadran yang sama. Terdapat beberapa gugus fungsi yang berbeda dari kedua minyak. Gugus fungsi yang berbeda tersebut memiliki pengaruh dominan, sehingga meskipun dalam satu kuadran yang sama minyak babi dan minyak zaitun dapat dibedakan.

Metode LDA memberikan hasil yang lebih baik dalam pengklasifikasian pola minyak dari pada PCA. Metode LDA memiliki nilai *cross validated* sebesar 100% yang berarti metode ini memiliki keakuratan fungsi diskriminan yang baik. Namun pada dasarnya dalam pengolahan LDA, masih memungkinkan terjadinya multikolinearitas. Berbeda dengan PCA yang menggunakan variabel-variabel baru yang tidak saling berkorelasi sehingga masalah multikolinearitas dapat dihindari.

Proses pengolahan data dengan metode PCA secara umum dapat dituliskan sebagai berikut: 18 variabel/ 18 gugus fungsi diubah menjadi 18 PC (*Principal Component*). Kemudian 18 PC diubah menjadi 18 sumbu/ dimensi. Setelah itu diambil nilai varian dan covarian dari matriks yang terbentuk, sehingga membentuk matriks baru. Matriks baru tersebut kemudian menghasilkan *eigen value* dan *eigen vector*. Kemudian diurutkan *eigen value* dari besar ke kecil dan diambil 2/3 terbesar sebagai PC-1, PC-2, dan PC-3. Langkah terakhir muncul Plot PCA dimana PC-1 sebagai sumbu x, PC-2 sebagai sumbu y, dan PC-3 sebagai sumbu z. Sedangkan pada metode LDA 18 variabel/gugus fungsi dikelompokkan terlebih dahulu menjadi 5 grup/jenis sehingga membentuk 5 fungsi diskriminan yang nantinya akan direduksi menjadi 2/3 fungsi discriminan. Adapun proses selanjutnya sama seperti pada proses PCA.

Metode LDA mampu mengklasifikasikan sampel minyak hanya dengan plot 2 dimensi, sedangkan untuk metode PCA membutuhkan plot 3 dimensi agar memperoleh hasil yang akurat. Jadi dapat diketahui bahwa metode LDA memiliki kemampuan untuk mengklasifikasi sampel yang lebih baik dari pada PCA.

4.3 Minyak Babi dalam Perspektif Islam

Minyak babi merupakan senyawa ester non-polar yang tidak larut dalam air, yang dihasilkan oleh babi. Minyak babi biasa digunakan untuk banyak makanan atau sebagai makanan yang mirip dengan mentega. Menurut perspektif islam minyak babi termasuk salah satu jenis makanan yang diharamkan. Hal ini berdasarkan firman Allah SWT dalam surat al-An'am [6]: 145.

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

﴿١٤٥﴾

“Katakanlah:”Tiadalah aku peroleh dalam wahyu yang diwahyukan kepadaku, sesuatu yang diharamkan bagi orang yang hendak memakannya, kecuali kalah makanan itu bangkai, atau darah yang mengalir atau daging babi, karena sesungguhnya semua itu kotor-atau hewan disembelih atas nama selain Allah” (al-An'am [6]:145)

Dalam ayat yang lain Allah SWT secara tegas berfirman:

حُرِّمَتْ عَلَيْكُمْ أَلْمَيْتَةُ وَالْدَّمُ وَلَحْمُ الْخِنزِيرِ وَمَا أُهْلِيَ لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ

“Diharamkan bagimu (memakan) bangkai, darah, daging babi, (daging hewan) yang disembelih atas nama selain Allah.” (al-Mai'dah [5]: 3)

Kedua ayat ini secara tekstual hanya mengharamkan memakan daging babi.

Namun para ulama juga mengharamkan seluruh bagian dari babi dan tidak hanya

sebatas daging babi saja. Hal ini karena kata daging babi "*lahm khinzir*" secara tegas dalam kedua-dua ayat di atas tanpa menyebutkan bagian tubuh yang lain sehingga daging babi merupakan bagian terbesar yang dimakan dari babi. Para ulama bersepakat mengenai keharaman babi, sehingga tidak dihalalkan memakan apapun yang berasal dari babi seperti daging, lemak, urat, tulang, usus, otak, kaki, ataupun anggota tubuh babi yang lain.

Berbagai penelitian ilmiah membuktikan bahwa dibandingkan hewan-hewan yang lain babi tergolong yang paling membawa virus dan bakteri yang membahayakan tubuh manusia. Adapun penyakit-penyakit tersebut antarlain:

1. Penyakit-penyakit parasit; misalnya penyakit yang ditimbulkan oleh "cacing spiral" yang merupakan jenis cacing yang paling berbahaya bagi manusia, dan semua jenis babi boleh dipastikan mengandung cacing jenis ini. Cacing ini bersarang dalam diafragma (rongga badan antara dada dan perut) dan berkembangbiak disana, sehingga menyebabkan terhambatnya pernafasan hingga kematian. Ada lagi penyakit parasit yang ditimbulkan oleh "cacing pita" yang panjangnya bisa mencapai sepuluh kaki. Cacing ini menyebabkan beragam gangguan pencernaan dan kekurangan darah (anemia).
2. Penyakit-penyakit yang ditimbulkan oleh kandungan organ badan daging dan lemak babi, misalnya meningkatnya kadar asam polik di darah, sebab zat asam yang dikeluarkan babi hanya 2%, sedangkan sisanya masih tersimpan dan menjadi bagian yang tak terpisahkan di dalam daging babi. Hal ini dapat menyebabkan nyeri sendi. Selain itu, kandungan lemak pada

daging babi berbeda dengan kandungan lemak pada hewan lainnya. Kandungan lemak dalam minyak babi dapat menyebabkan peningkatan kadar kolesterol dalam darah sehingga dapat memicu penyakit pengerasan urat nadi, penyakit lambung, dll.

Jadi dapat disimpulkan bahwa segala hal yang berasal dari babi seperti minyak haram hukumnya untuk di konsumsi. Hasil dari penelitian ini yaitu FTIR yang dikombinasi dengan metode LDA dan PCA mampu mengklasifikasi minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya dengan baik. Sehingga penelitian ini dapat membantu masyarakat untuk mengetahui kehalalan suatu minyak dari komposisinya apakah mengandung minyak babi atau tidak.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Analisis kemometrik (PCA dan LDA) mampu mengklasifikasi pola data minyak dengan baik. Metode kemometrik tersebut mampu mengklasifikasikan 5 buah sampel minyak babi, minyak zaitun, dan campurannya berdasarkan puncak-puncak spektrum yang dimiliki oleh tiap-tiap sampel.
2. Analisis gugus fungsi dilakukan dengan cara mencari puncak-puncak spektrum pada bilangan gelombang tertentu. Puncak-puncak tersebut melambangkan gugus fungsi yang terkandung dalam minyak. Pada daerah spektrum $1117 \text{ cm}^{-1} - 1098 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan spektrum spesifik (khas) dalam mengidentifikasi perbedaan minyak babi dan minyak zaitun.
3. Analisis gugus fungsi belum mampu membedakan sampel minyak sehingga selanjutnya dibutuhkan metode klasifikasi kimia (kemometrik). Analisis kemometrik khususnya LDA (*Linear Discriminant Analysis*) memiliki nilai validasi sebesar 100% sedangkan PCA memiliki proporsi sebesar 83.38% untuk 2D dan 91% untuk 3D. Sehingga metode LDA dinilai paling efektif dan baik untuk mengklasifikasi pola data minyak.

5.2 Saran

Sebaiknya penelitian selanjutnya pengolahan data dengan metode PCA dilakukan dengan aplikasi *unscramble*. Data yang diperoleh dari aplikasi tersebut lebih lengkap dan akurat. Selain itu, peneliti selanjutnya diharapkan dapat memperbanyak variasi campuran minyak dan tidak melakukan pengulangan di tiap sampelnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Yusuf Al-Hajj. 2011. *Sains Moden Menurut Perspektif Al-Quran dan As-Sunnah*. Johor Bahru: Perniagaan Jahabersa.
- Apriyanti, Y. F. 2014. *Analisis Minyak Babi pada Simulasi Emulsi Minyak Ikan (Cod Liver Oil) Menggunakan Spektroskopi Fourier Transform Infrared dan Principal Component Analysis*. Uin Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Al-Quran dan Terjemahannya. 2008. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Budiman. 2015. Manfaat Buah Zaitun. Diakses 15 Januari 2018, dari www.infoagribisnis.com/2015/02/manfaat-buah-zaitun/
- 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*, 187–192.
- Che Man, Y. B., Rohman, A., & Mansor, T. S. T. 2012. Differentiation of lard from other edible fats and oils by means of Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(2), 187–192.
- Choiriyah, A. 2016. *Pengujian Array Sensor Berbasis Membran Lipid Untuk Klasifikasi Pola Rasa Kebiasaan Susu Menggunakan Metode Linear Discriminant Analysis (LDA) (Studi Kasus pada Susu Sapi Dan Susu Kambing)*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Djakaria, Ismail., Suryo Gurito dan Sri Haryatmi Kartiko. 2010. *Visualisasi Data Iris Menggunakan Analisis Komponen Utama dan Analisis Komponen Kernel*. Jurnal Ilmu Dasar Vol.11(1):31-38
- Fukunaga, K. 1990. *Introduction to Statistical Pattern Recognition Second*. Boston: Harcourt Brace Jovanovich.
- Johnson dan Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis Edisi Keenam*. Pearson Prentice Hall.
- Miller, J. N., & Miller, J. C. 2010. *Chemometrics for Analytical Chemistry. Analytical Chemistry (Fifth edit)*. Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.
- Pavia, Donald, dkk. 2011. *Introduction to Spectroscopy 3rd Edition*. USA: Thomson Learning.

Pratiwi, Dian Esti dan Agus Harjoko. 2013. *Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis)*. Yogyakarta: FMIPA UGM.

Prof. Gudono, Ph.D. CMA. 2015. *Analisis Data Multivariat*. Yogyakarta: BPF.

Ramli, Syazwani. 2015. Detection of Lard in Ink Extracted from Printed Food Packaging Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Journal of Spectroscopy*, 1-6.

Reis, N., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. 2013. Performance of diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy and chemometrics for detection of multiple adulterants in roasted and ground coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2), 395–401.

Rohman, A., Man, . 2012. *Analytical Method Development for Analysis of Soybean Oil in the Mixture with Virgin Coconut Oil Using Infrared*, 32(2), 111–116.

Rohman, A., Triyana, K., Siswindari, & Erwanto, Y. 2012. Differentiation of lard and other animal fats based on triacylglycerols composition and principal component analysis. *International Food Research Journal*, 19(2), 475–479.

Rohman, A., Guspitari Intan, dkk. 2014. Quantification of Lard in the Mixture with Olive Oil in Cream Cosmetics Based on FTIR Spectra and Chemometrics for Halal Authentication. *Jurnal Teknologi*, 69(1), 113-119.

Saraiva, C., Vasconcelos, H., & de Almeida, J. M. M. M. 2017. A chemometrics approach applied to Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) for monitoring the spoilage of fresh salmon (*Salmo salar*) stored under modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, 241, 331–339. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.038>

Sharma, Subhash. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons.

Susilo, T. Y. 2012. *Khasiat Minyak Zaitun (Olive Oil) dalam Meningkatkan Kadar HDL (High Density Lipoprotein) Darah Tikus Wistar Jantan Khasiat Minyak Zaitun (Olive Oil) dalam Meningkatkan Kadar HDL (High Density Lipoprotein) Darah Tikus Wistar Jantan*. Jember: Universitas Jember.

Varmuza, K. 2002. *Applied Chemometrics: From Chemical Data to Relevant Information*. Cairo, Mesir: 1st Convergence On Chemistry.

Watson, D. 2005. *Analisis farmasi: Buku Ajar untuk Mahasiswa Farmasi dan Praktisi Kimia Farmasi Edisi 2*. Jakarta: EGC.

Winarno, F. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

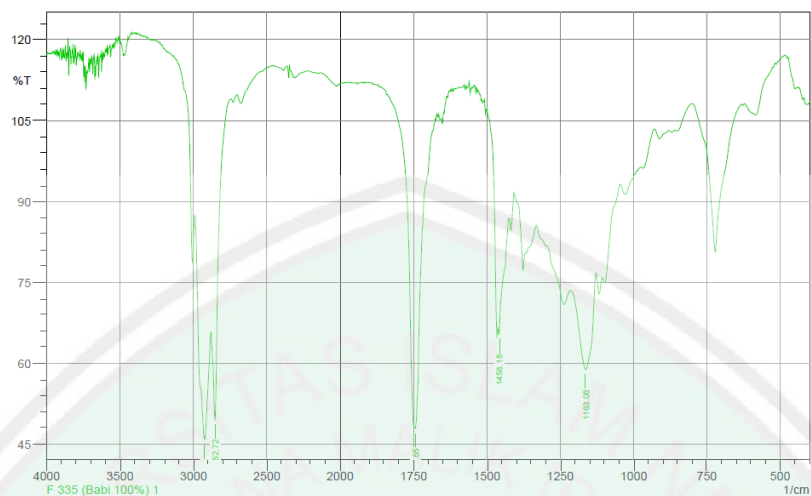
Yang, Hong. 2001. Comparison of Near-Infrared, Fourier Transform-Infrared, and Fourier Transform-Raman Methods for Determining Olive Pomace Oil Adulteration in Extra Virgin Olive Oil. *JAACS*. Vol.78(9):889-895



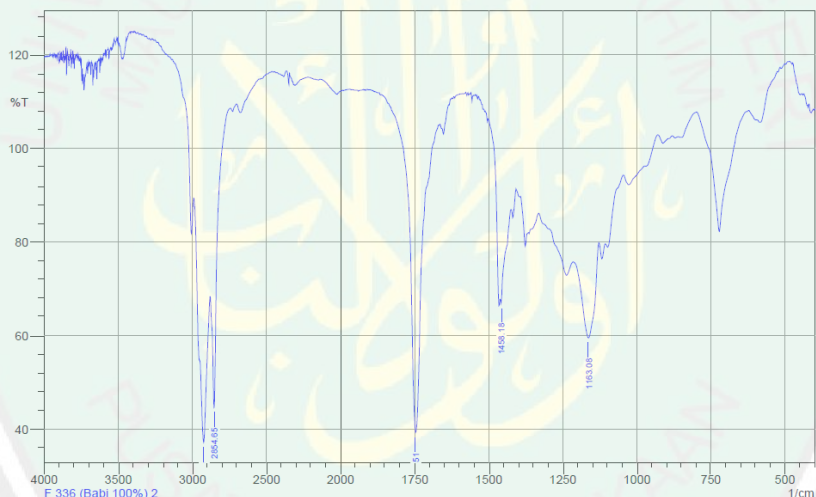
The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM" in a circular arrangement at the top and "PUSAT PERPUSTAKAAN" at the bottom. In the center, there is a yellow calligraphic design. The word "LAMPIRAN" is superimposed over the logo in a large, bold, black serif font.

LAMPIRAN

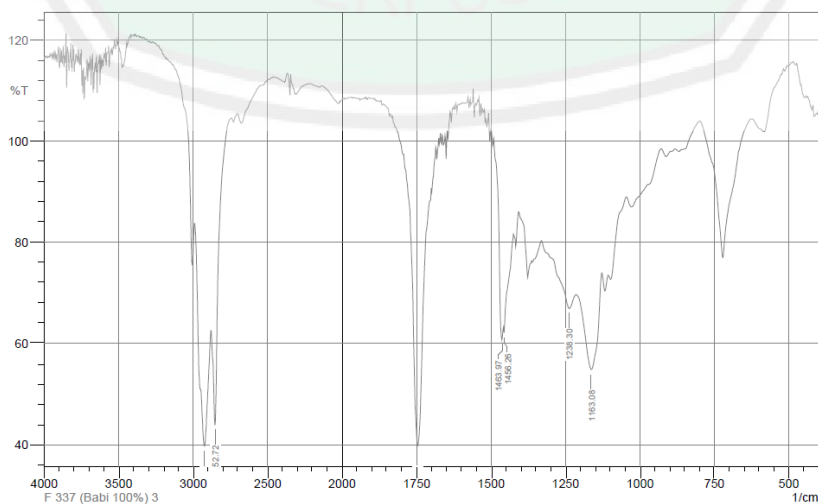
Lampiran 1



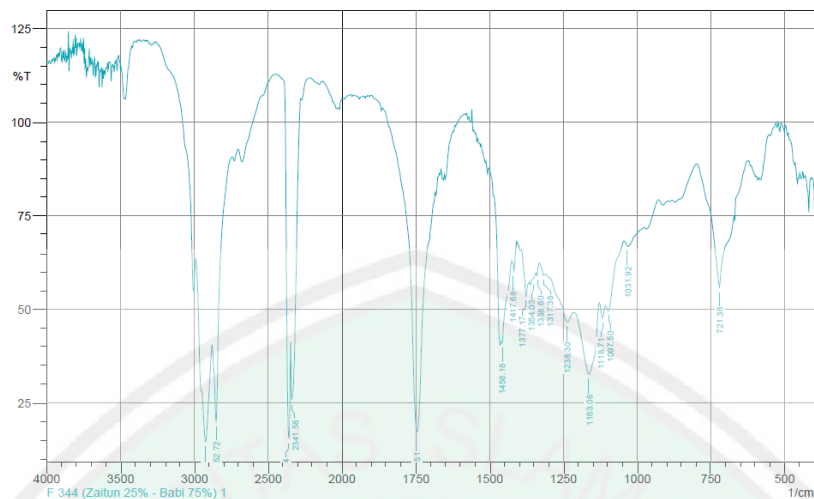
Hasil Spektrum Minyak Babi Pengulangan 1



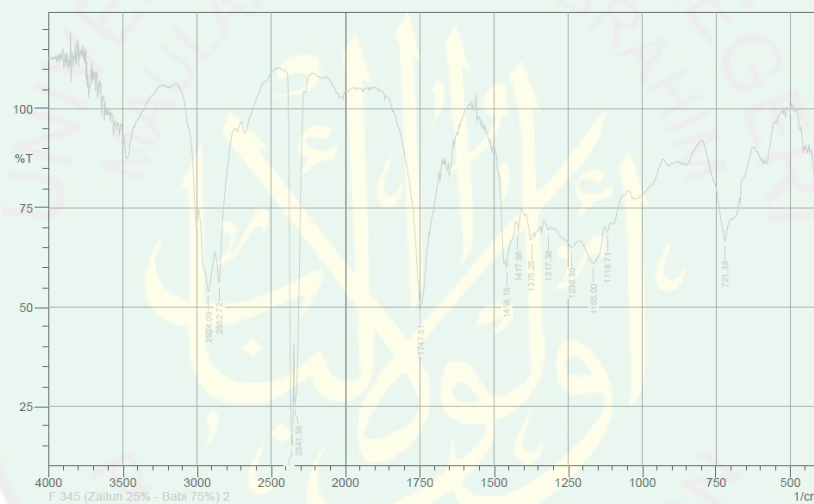
Hasil Spektrum Minyak Babi Pengulangan 2



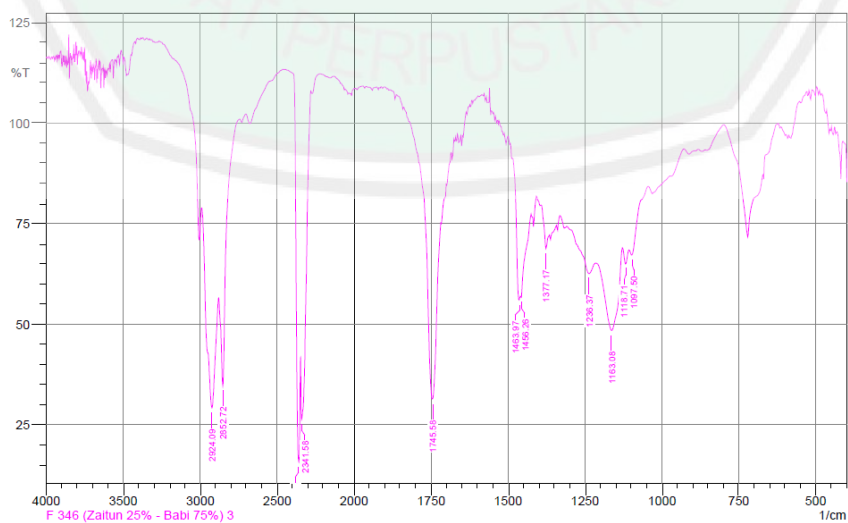
Hasil Spektrum Minyak Babi Pengulangan 3



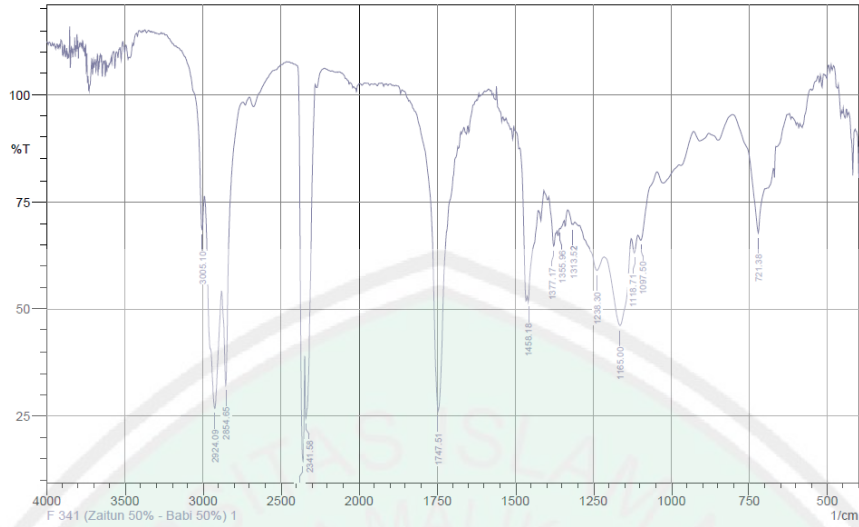
Hasil Spektrum Minyak Zaitun25%:Minyak Babi75% Pengulangan 1



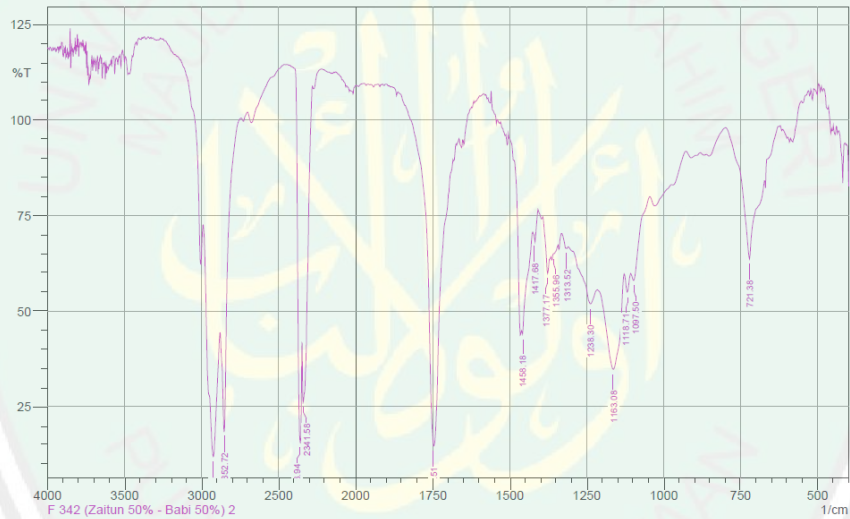
Hasil Spektrum Minyak Zaitun25%:Minyak Babi75% Pengulangan 2



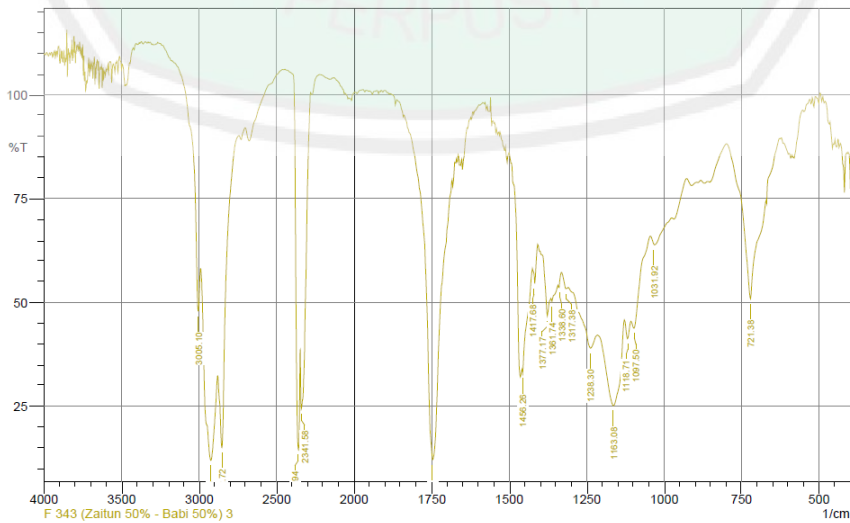
Hasil Spektrum Minyak Zaitun25%:Minyak Babi75% Pengulangan 3



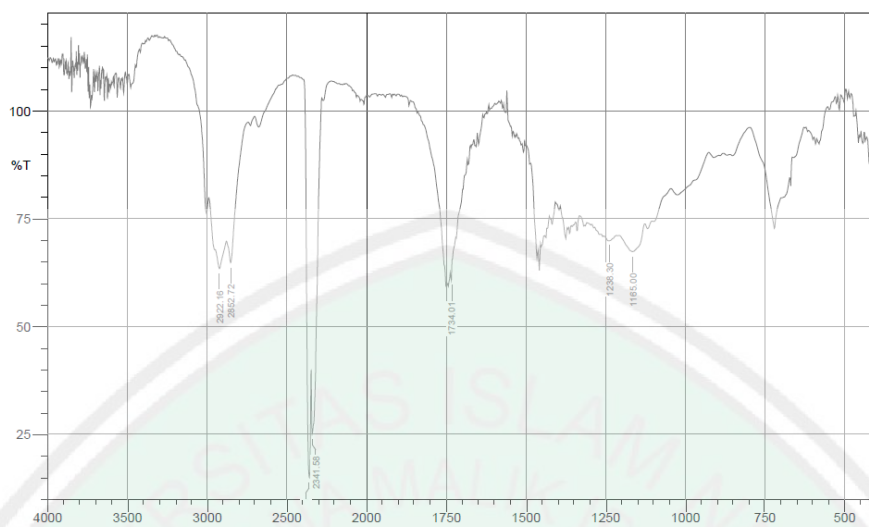
Hasil Spektrum Minyak Zaitun50%:Minyak Babi50% Pengulangan 1



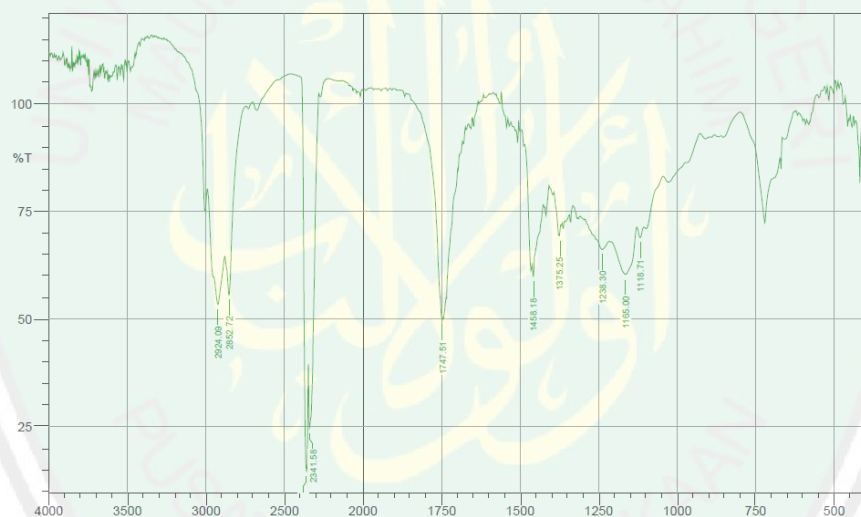
Hasil Spektrum Minyak Zaitun50%:Minyak Babi50% Pengulangan 2



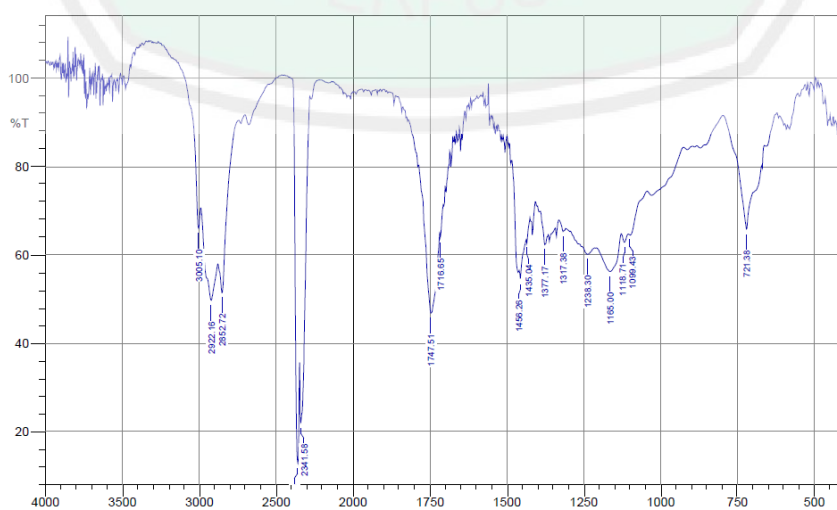
Hasil Spektrum Minyak Zaitun50%:Minyak Babi50% Pengulangan 3



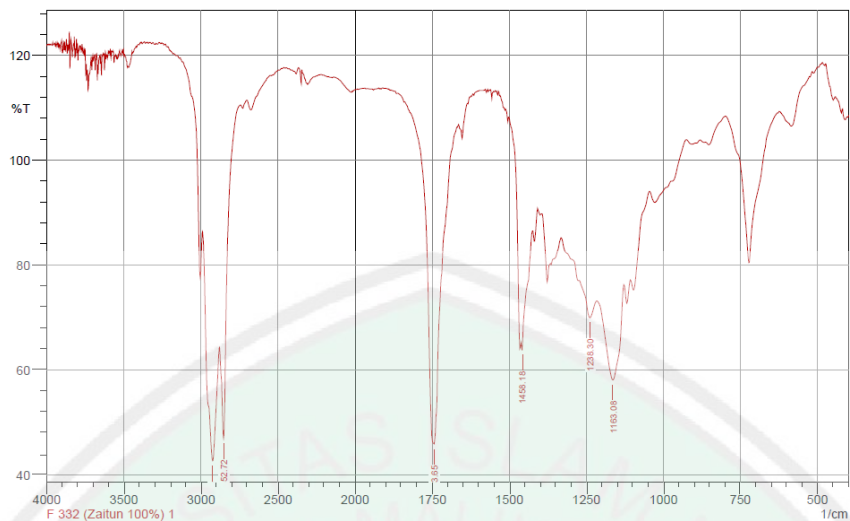
Hasil Spektrum Minyak Zaitun75%:Minyak Babi25% Pengulangan 1



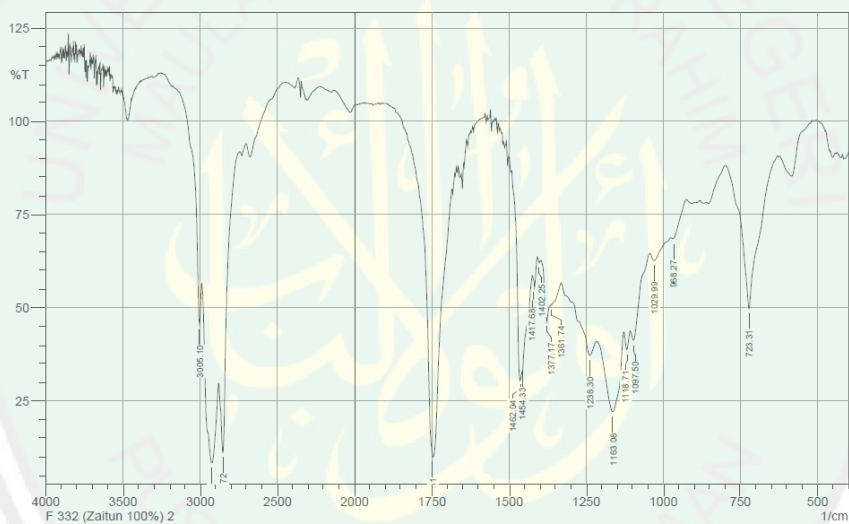
Hasil Spektrum Minyak Zaitun75%:Minyak Babi25% Pengulangan 2



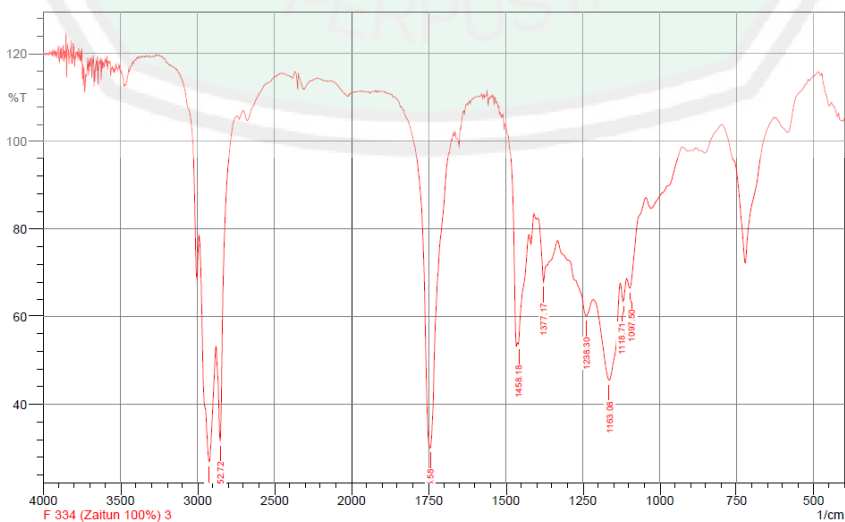
Hasil Spektrum Minyak Zaitun75%:Minyak Babi25% Pengulangan 2



Hasil Spektrum Minyak Zaitun Pengulangan 1



Hasil Spektrum Minyak Zaitun Pengulangan 2



Hasil Spektrum Minyak Zaitun Pengulangan 3

Lampiran 2

Tabel 4.7 Data puncak bilangan gelombang FTIR untuk analisi LDA

| G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | G8 | G9 |
|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 300.702414 | 292.4085056 | 285.2718864 | 174.75073 | 174.364966 | 146.590016 | 145.8184896 | 141.767976 | 137.7174624 |
| 300.702414 | 292.4085056 | 285.464768 | 174.75073 | 146.590016 | 145.8184896 | 141.9608576 | 139.4533968 | 137.7174624 |
| 300.702414 | 292.4085056 | 285.2718864 | 174.75073 | 146.397134 | 145.625608 | 141.767976 | 137.7174624 | 136.1744096 |
| 300.509533 | 292.4085056 | 285.2718864 | 238.208776 | 174.364966 | 146.590016 | 145.8184896 | 141.9608576 | 140.0320416 |
| 300.702414 | 292.4085056 | 285.2718864 | 238.594539 | 174.75073 | 146.3971344 | 145.625608 | 141.767976 | 140.2249232 |
| 300.509533 | 292.4085056 | 285.2718864 | 238.401658 | 174.557848 | 146.590016 | 145.8184896 | 141.767976 | 140.0320416 |
| 346.993998 | 300.5095328 | 292.4085056 | 285.271886 | 238.208776 | 234.9297888 | 202.7185616 | 174.3649664 | 167.4212288 |
| 346.993998 | 300.5095328 | 292.4085056 | 285.464768 | 238.015894 | 234.9297888 | 174.7507296 | 145.8184896 | 141.9608576 |
| 346.993998 | 300.5095328 | 292.4085056 | 285.464768 | 238.015894 | 234.9297888 | 174.7507296 | 145.8184896 | 141.9608576 |
| 300.509533 | 292.4085056 | 285.464768 | 234.158262 | 174.75073 | 161.4418992 | 145.8184896 | 137.7174624 | 135.5957648 |
| 300.509533 | 292.4085056 | 285.2718864 | 234.158262 | 174.75073 | 161.4418992 | 145.8184896 | 137.7174624 | 135.5957648 |
| 300.509533 | 292.4085056 | 285.2718864 | 234.158262 | 174.75073 | 161.4418992 | 145.625608 | 141.767976 | 137.7174624 |
| 300.702414 | 292.4085056 | 285.2718864 | 235.894197 | 234.158262 | 174.7507296 | 145.8184896 | 141.767976 | 137.7174624 |
| 300.509533 | 292.4085056 | 285.2718864 | 235.894197 | 234.158262 | 174.7507296 | 145.8184896 | 141.767976 | 137.5245808 |
| 300.702414 | 292.4085056 | 285.2718864 | 235.894197 | 234.158262 | 174.557848 | 146.3971344 | 145.625608 | 141.767976 |

| G10 | G11 | G12 | G13 | G14 | G15 | G16 | G17 | G18 | GROUP |
|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|
| 136.367291 | 123.8299872 | 116.3076048 | 111.678446 | 109.942512 | 102.9987744 | 96.8265632 | 91.2329968 | 72.1377184 | 1.0 |
| 136.367291 | 123.8299872 | 116.3076048 | 111.871328 | 109.942512 | 102.8058928 | 97.0194448 | 91.2329968 | 72.1377184 | 1.0 |
| 123.829987 | 116.3076048 | 111.871328 | 109.942512 | 102.998774 | 91.2329968 | 86.9896016 | 85.4465488 | 72.1377184 | 1.0 |
| 137.717462 | 136.3672912 | 123.8299872 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 102.8058928 | 97.0194448 | 72.3306 | 2.0 |
| 137.717462 | 136.1744096 | 123.8299872 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 102.9987744 | 96.8265632 | 72.3306 | 2.0 |
| 137.717462 | 123.8299872 | 116.3076048 | 111.871328 | 109.74963 | 102.8058928 | 97.0194448 | 85.4465488 | 72.3306 | 2.0 |
| 145.81849 | 141.767976 | 137.7174624 | 123.637106 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 103.191656 | 72.1377184 | 3.0 |
| 139.453397 | 137.7174624 | 136.3672912 | 123.829987 | 116.500486 | 111.871328 | 109.7496304 | 103.191656 | 72.1377184 | 3.0 |
| 139.453397 | 137.7174624 | 136.3672912 | 123.829987 | 116.500486 | 111.871328 | 109.7496304 | 103.191656 | 72.1377184 | 3.0 |
| 134.052712 | 131.3523696 | 123.8299872 | 116.500486 | 111.871328 | 109.7496304 | 102.4201296 | 96.8265632 | 72.1377184 | 4.0 |
| 134.052712 | 131.3523696 | 123.8299872 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 102.9987744 | 97.0194448 | 72.1377184 | 4.0 |
| 133.85983 | 131.7381328 | 123.8299872 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 103.191656 | 96.8265632 | 72.1377184 | 4.0 |
| 136.17441 | 133.8598304 | 131.7381328 | 123.829987 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 103.191656 | 72.1377184 | 5.0 |
| 136.17441 | 133.8598304 | 131.7381328 | 123.829987 | 116.500486 | 111.871328 | 109.942512 | 103.191656 | 72.1377184 | 5.0 |
| 137.717462 | 136.1744096 | 133.8598304 | 123.637106 | 116.307605 | 111.871328 | 109.7496304 | 103.191656 | 72.1377184 | 5.0 |

Lampiran 3

Tabel Group Statistik

| Group | Mean | Std. Deviation | Valid N (listwise) | | |
|-------|------|-------------------|--------------------|----------|-------|
| | | | Unweighted | Weighted | |
| 1.00 | G1 | 300.7024 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G2 | 292.4085 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G3 | 285.3362 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G4 | 174.7507 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G5 | 155.7840 | 16.09184 | 3 | 3.000 |
| | G6 | 146.0114 | .51032 | 3 | 3.000 |
| | G7 | 143.1824 | 2.28492 | 3 | 3.000 |
| | G8 | 139.6463 | 2.03213 | 3 | 3.000 |
| | G9 | 137.2031 | .89088 | 3 | 3.000 |
| | G10 | 132.1882 | 7.23842 | 3 | 3.000 |
| | G11 | 121.3225 | 4.34305 | 3 | 3.000 |
| | G12 | 114.8288 | 2.56129 | 3 | 3.000 |
| | G13 | 111.1641 | 1.06231 | 3 | 3.000 |
| | G14 | 107.6279 | 4.00897 | 3 | 3.000 |
| | G15 | 99.0126 | 6.73798 | 3 | 3.000 |
| | G16 | 93.6119 | 5.73586 | 3 | 3.000 |
| | G17 | 89.3042 | 3.34081 | 3 | 3.000 |
| | G18 | 72.1377 | .00000 | 3 | 3.000 |
| 2.00 | G1 | 300.5738 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G2 | 292.4085 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G3 | 285.2719 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G4 | 238.4017 | .19288 | 3 | 3.000 |
| | G5 | 174.5578 | .19288 | 3 | 3.000 |
| | G6 | 146.5257 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G7 | 145.7542 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G8 | 141.8323 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G9 | 140.0963 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G10 | 137.7175 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G11 | 132.1239 | 7.18338 | 3 | 3.000 |
| | G12 | 121.3225 | 4.34305 | 3 | 3.000 |
| | G13 | 114.8288 | 2.56129 | 3 | 3.000 |
| | G14 | 111.1641 | 1.22496 | 3 | 3.000 |
| | G15 | 107.4351 | 4.00897 | 3 | 3.000 |
| | G16 | 100.9414 | 3.39786 | 3 | 3.000 |
| | G17 | 93.0975 | 6.62664 | 3 | 3.000 |
| | G18 | 72.3306 | .00000 | 3 | 3.000 |
| 3.00 | G1 | 346.9940 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G2 | 300.5095 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G3 | 292.4085 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G4 | 285.4005 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G5 | 238.0802 | .11136 | 3 | 3.000 |

| | | | | | |
|------|-----|----------|----------|---|-------|
| | G6 | 234.9298 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G7 | 184.0733 | 16.14724 | 3 | 3.000 |
| | G8 | 155.3340 | 16.48132 | 3 | 3.000 |
| | G9 | 150.4476 | 14.69955 | 3 | 3.000 |
| | G10 | 141.5751 | 3.67489 | 3 | 3.000 |
| | G11 | 139.0676 | 2.33857 | 3 | 3.000 |
| | G12 | 136.8173 | .77952 | 3 | 3.000 |
| | G13 | 123.7657 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G14 | 116.4362 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G15 | 111.8713 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G16 | 109.7496 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G17 | 103.1917 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G18 | 72.1377 | .00000 | 3 | 3.000 |
| 4.00 | G1 | 300.5095 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G2 | 292.4085 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G3 | 285.3362 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G4 | 234.1583 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G5 | 174.7507 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G6 | 161.4419 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G7 | 145.7542 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G8 | 139.0676 | 2.33857 | 3 | 3.000 |
| | G9 | 136.3030 | 1.22496 | 3 | 3.000 |
| | G10 | 133.9884 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G11 | 131.4810 | .22272 | 3 | 3.000 |
| | G12 | 123.8300 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G13 | 116.3719 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G14 | 111.8713 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G15 | 109.7496 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G16 | 102.8702 | .40152 | 3 | 3.000 |
| | G17 | 96.8909 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G18 | 72.1377 | .00000 | 3 | 3.000 |
| 5.00 | G1 | 300.6381 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G2 | 292.4085 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G3 | 285.2719 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G4 | 235.8942 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G5 | 234.1583 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G6 | 174.6864 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G7 | 146.0114 | .33408 | 3 | 3.000 |
| | G8 | 143.0539 | 2.22720 | 3 | 3.000 |
| | G9 | 139.0033 | 2.39619 | 3 | 3.000 |
| | G10 | 136.6888 | .89088 | 3 | 3.000 |
| | G11 | 134.6314 | 1.33632 | 3 | 3.000 |
| | G12 | 132.4454 | 1.22496 | 3 | 3.000 |
| | G13 | 123.7657 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G14 | 116.3719 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G15 | 111.8713 | .00000 | 3 | 3.000 |

| | | | | | |
|-------|-----|----------|----------|----|--------|
| | G16 | 109.8139 | .11136 | 3 | 3.000 |
| | G17 | 103.1917 | .00000 | 3 | 3.000 |
| | G18 | 72.1377 | .00000 | 3 | 3.000 |
| Total | G1 | 309.8836 | 19.20667 | 15 | 15.000 |
| | G2 | 294.0287 | 3.35414 | 15 | 15.000 |
| | G3 | 286.7249 | 2.94228 | 15 | 15.000 |
| | G4 | 233.7211 | 36.37636 | 15 | 15.000 |
| | G5 | 195.4662 | 35.63703 | 15 | 15.000 |
| | G6 | 172.7190 | 34.01933 | 15 | 15.000 |
| | G7 | 152.9551 | 17.27817 | 15 | 15.000 |
| | G8 | 143.7868 | 8.87910 | 15 | 15.000 |
| | G9 | 140.6107 | 7.73487 | 15 | 15.000 |
| | G10 | 136.4316 | 4.55022 | 15 | 15.000 |
| | G11 | 131.7253 | 6.90708 | 15 | 15.000 |
| | G12 | 125.8488 | 8.38595 | 15 | 15.000 |
| | G13 | 117.9792 | 5.29969 | 15 | 15.000 |
| | G14 | 112.6943 | 3.81570 | 15 | 15.000 |
| | G15 | 107.9880 | 5.76522 | 15 | 15.000 |
| | G16 | 103.3974 | 6.76127 | 15 | 15.000 |
| | G17 | 97.1352 | 6.34326 | 15 | 15.000 |
| | G18 | 72.1763 | .07986 | 15 | 15.000 |

Lampiran 4

Covariance Matrices

| GRUP | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | G8 | G9 | G10 | G11 | G12 | G13 | G14 | G15 | G16 | G17 | G18 | |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.00 | G1 | 1.20E-011 | -1.2E-011 | -1.2E-013 | -4.5E-012 | -3.8E-012 | -8.5E-012 | 3.37E-012 | -7.8E-012 | 1.75E-012 | -2.1E-012 | -4.7E-013 | -4.3E-012 | -2.8E-012 | -4.1E-012 | 1.31E-012 | -7.5E-012 | -5.4E-012 | -5.1E-012 |
| | G2 | -1.2E-011 | -5.3E-012 | -1.3E-012 | -8.0E-012 | -8.3E-012 | -7.5E-012 | 1.12E-011 | -1.1E-011 | 3.00E-012 | 4.41E-012 | 8.58E-013 | -3.5E-012 | -2.7E-012 | -8.7E-013 | 7.36E-012 | -8.8E-013 | -4.7E-012 | -5.0E-013 |
| | G3 | -1.2E-013 | -1.3E-012 | .012 | 1.36E-011 | -.887 | -.019 | -.118 | -.019 | .050 | .403 | .242 | .143 | .068 | .223 | .368 | .329 | .188 | -1.6E-013 |
| | G4 | -4.5E-012 | -8.0E-012 | 1.36E-011 | -1.1E-013 | -1.7E-012 | -1.2E-012 | 8.68E-012 | 1.27E-012 | 3.30E-013 | -2.4E-012 | 6.47E-013 | -9.7E-013 | 1.09E-012 | -2.1E-014 | 7.03E-012 | -3.0E-012 | -2.0E-012 | -2.4E-012 |
| | G5 | -3.8E-012 | -8.3E-012 | -.887 | -1.7E-012 | 258.947 | 8.073 | 36.744 | 29.651 | 7.242 | 58.843 | 35.306 | 20.821 | 7.26 | 32.590 | 56.109 | 45.283 | 27.158 | -1.4E-012 |
| | G6 | -8.5E-012 | -7.5E-012 | -.019 | -1.2E-012 | 8.073 | .260 | 1.153 | 1.004 | .298 | 2.418 | 1.451 | .856 | .316 | 1.339 | 2.288 | 1.879 | 1.116 | -2.2E-012 |
| | G7 | 3.37E-012 | 1.12E-011 | -.118 | 8.68E-012 | 36.744 | 1.153 | 5.221 | 4.278 | 1.091 | 8.867 | 5.320 | 3.137 | 1.116 | 4.911 | 8.439 | 6.839 | 4.092 | 6.76E-013 |
| | G8 | -7.8E-012 | -1.1E-011 | -.019 | 1.27E-012 | 29.651 | 1.004 | 4.278 | 4.130 | 1.488 | 12.091 | 7.255 | 4.278 | 1.666 | 6.697 | 11.366 | 9.468 | 5.580 | -3.3E-012 |
| | G9 | 1.75E-012 | 3.00E-012 | .050 | 3.30E-013 | 7.242 | .298 | 1.091 | 1.488 | .794 | 6.449 | 3.869 | 2.282 | .942 | 3.572 | 6.002 | 5.109 | 2.976 | -3.6E-015 |
| | G10 | -2.1E-012 | 4.41E-012 | .403 | -2.4E-012 | 58.843 | 2.418 | 8.867 | 12.091 | 6.449 | 52.395 | 31.437 | 18.540 | 7.658 | 29.019 | 48.767 | 41.513 | 24.182 | -1.7E-012 |
| | G11 | -4.7E-013 | 8.58E-013 | .242 | 6.47E-013 | 35.306 | 1.451 | 5.320 | 7.255 | 3.869 | 31.437 | 18.862 | 11.124 | 4.595 | 17.411 | 29.260 | 24.908 | 14.509 | 2.91E-013 |
| | G12 | -4.3E-012 | -3.5E-012 | .143 | -9.7E-013 | 20.821 | .856 | 3.137 | 4.278 | 2.282 | 18.540 | 11.124 | 6.580 | 2.716 | 10.268 | 17.256 | 14.689 | 8.557 | -2.7E-012 |
| | G13 | -2.8E-012 | -2.7E-012 | .068 | 1.09E-012 | 7.261 | .316 | 1.110 | 1.656 | .942 | 7.658 | 4.595 | 2.710 | 1.129 | 4.241 | 7.118 | 6.077 | 3.534 | -9.3E-013 |
| | G14 | -4.1E-012 | -8.7E-013 | .223 | -2.1E-014 | 32.590 | 1.339 | 4.911 | 6.697 | 3.572 | 29.019 | 17.411 | 10.268 | 4.241 | 16.072 | 27.010 | 22.992 | 13.393 | -7.6E-013 |
| | G15 | 1.31E-012 | 7.36E-012 | .368 | 7.03E-012 | 56.109 | 2.288 | 8.439 | 11.366 | 6.002 | 48.767 | 29.260 | 17.256 | 7.118 | 27.010 | 45.400 | 38.629 | 22.508 | 1.64E-012 |
| | G16 | -7.5E-012 | -8.8E-013 | .329 | -3.0E-012 | 45.283 | 1.879 | 6.839 | 9.468 | 5.109 | 41.513 | 24.908 | 14.689 | 6.077 | 22.992 | 38.629 | 32.900 | 19.160 | -3.5E-013 |
| | G17 | -5.4E-012 | -4.7E-012 | .188 | -2.0E-012 | 27.158 | 1.116 | 4.092 | 5.580 | 2.976 | 24.182 | 14.509 | 8.557 | 3.534 | 13.393 | 22.508 | 19.160 | 11.161 | -1.1E-012 |
| | G18 | -5.1E-012 | -5.0E-013 | -1.6E-013 | -2.4E-012 | -1.4E-012 | -2.2E-012 | 6.76E-013 | -3.3E-012 | -3.6E-015 | -1.7E-012 | 2.91E-013 | -2.7E-012 | -9.3E-013 | -7.6E-013 | 1.64E-012 | -3.5E-013 | -1.1E-012 | -1.7E-013 |
| 2.00 | G1 | .012 | 2.63E-011 | 1.47E-011 | .019 | .019 | -.012 | -.012 | -.006 | .012 | 7.18E-012 | .391 | .242 | .143 | .068 | .223 | .198 | .360 | 1.90E-012 |
| | G2 | 2.63E-011 | -5.3E-012 | 1.23E-012 | -8.7E-012 | 3.72E-012 | -4.0E-012 | -1.4E-012 | -2.9E-012 | 3.63E-012 | -7.7E-013 | 7.14E-013 | 8.58E-013 | -3.5E-012 | 4.60E-012 | 1.78E-012 | -2.6E-012 | 2.88E-012 | 6.84E-013 |
| | G3 | 1.47E-011 | 1.23E-012 | -2.9E-012 | -1.1E-011 | 1.05E-011 | 4.01E-012 | 2.34E-012 | 8.64E-012 | 1.13E-011 | 7.99E-013 | -4.6E-014 | 7.53E-013 | 2.54E-012 | 7.52E-012 | 7.78E-012 | 2.29E-012 | 1.16E-012 | 1.86E-012 |
| | G4 | .019 | -8.7E-012 | -1.1E-011 | .037 | .037 | -.019 | -.019 | -.019 | -.019 | -5.5E-012 | -.019 | -1.4E-012 | -3.7E-012 | -1.0E-012 | -1.6E-013 | .019 | -.019 | 8.47E-013 |
| | G5 | .019 | 3.72E-012 | 1.05E-011 | .037 | .037 | -.019 | -.019 | -.019 | .019 | 1.05E-012 | -.019 | -1.5E-012 | -6.5E-013 | 6.25E-013 | 2.15E-012 | .019 | -.019 | -1.5E-013 |
| | G6 | -.012 | -4.0E-012 | 4.01E-012 | -.019 | -.019 | .012 | .012 | .006 | -.012 | -3.0E-012 | -.391 | -.242 | -.143 | -.068 | -.223 | -.198 | -.360 | -2.0E-012 |
| | G7 | -.012 | -1.4E-012 | 2.34E-012 | -.019 | -.019 | .012 | .012 | .006 | -.012 | -2.3E-012 | -.391 | -.242 | -.143 | -.068 | -.223 | -.198 | -.360 | 1.24E-012 |
| | G8 | -.006 | -2.9E-012 | 8.64E-012 | -.019 | -.019 | .006 | .006 | .012 | -.006 | -2.0E-012 | .409 | .242 | .143 | .068 | .223 | .180 | .378 | -1.3E-012 |
| | G9 | .012 | 3.63E-012 | 1.13E-011 | .019 | .019 | -.012 | -.012 | -.006 | .012 | 2.88E-012 | .391 | .242 | .143 | .068 | .223 | .198 | .360 | -2.0E-013 |
| | G10 | 7.18E-012 | -7.7E-013 | 7.99E-013 | -5.5E-012 | 1.05E-012 | -3.0E-012 | -2.3E-012 | -2.0E-012 | 2.88E-012 | -1.3E-012 | -1.1E-012 | -4.3E-013 | -7.3E-013 | -1.7E-012 | 2.37E-012 | -1.6E-012 | -6.7E-013 | 3.52E-013 |
| | G11 | .391 | 7.14E-013 | -4.6E-014 | -.019 | -.019 | -.391 | -.391 | .409 | .391 | -1.1E-012 | 51.601 | 31.195 | 18.397 | 8.799 | 28.795 | 24.387 | 47.602 | -1.3E-012 |
| | G12 | .242 | 8.58E-013 | 7.53E-013 | -1.4E-012 | -1.5E-012 | -.242 | -.242 | .242 | .242 | -4.3E-013 | 31.195 | 18.862 | 11.124 | 5.320 | 17.411 | 14.751 | 28.777 | 6.58E-013 |
| | G13 | .143 | -3.5E-012 | 2.54E-012 | -3.7E-012 | -6.5E-013 | -.143 | -.143 | .143 | .143 | -7.3E-013 | 18.397 | 11.124 | 6.580 | 3.137 | 10.268 | 8.699 | 16.971 | -1.2E-012 |
| | G14 | .068 | 4.60E-012 | 7.52E-012 | -1.0E-012 | 6.25E-013 | -.068 | -.068 | .068 | .068 | -1.7E-012 | 8.799 | 5.320 | 3.137 | 1.501 | 4.911 | 4.161 | 8.117 | -4.7E-013 |
| | G15 | .223 | 1.78E-012 | 7.78E-012 | -1.6E-013 | 2.15E-012 | -.223 | -.223 | .223 | .223 | 2.37E-012 | 28.795 | 17.411 | 10.268 | 4.911 | 16.072 | 13.616 | 26.563 | 4.94E-013 |
| | G16 | .198 | -2.6E-012 | 2.29E-012 | .019 | .019 | -.198 | -.198 | .180 | .198 | -1.6E-012 | 24.387 | 14.751 | 8.699 | 4.161 | 13.616 | 11.545 | 22.496 | 4.20E-013 |
| | G17 | .360 | 2.88E-012 | 1.16E-012 | -.019 | -.019 | -.360 | -.360 | .378 | .360 | -6.7E-013 | 47.602 | 28.777 | 16.971 | 8.117 | 26.563 | 22.496 | 43.912 | -8.2E-013 |
| | G18 | 1.90E-012 | 6.84E-013 | 1.86E-012 | 8.47E-013 | -1.5E-013 | -2.0E-012 | 1.24E-012 | -1.3E-012 | -2.0E-013 | 3.52E-013 | -1.3E-012 | 6.58E-013 | -1.2E-012 | -4.7E-013 | 4.94E-013 | 4.20E-013 | -8.2E-013 | -3.6E-013 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 3.00 | G1 | -4.4E-012 | -3.4E-012 | 1.05E-011 | 4.50E-012 | -1.4E-013 | -7.7E-012 | 1.88E-011 | -9.5E-012 | -7.6E-012 | -3.9E-012 | -5.1E-012 | 1.17E-011 | 1.42E-012 | 4.22E-012 | -6.3E-013 | 3.48E-012 | -2.8E-012 | -1.9E-012 |
| | G2 | -3.4E-012 | -1.2E-012 | 1.43E-011 | 1.16E-011 | 5.36E-012 | -2.8E-012 | 1.46E-011 | -9.7E-012 | 5.90E-013 | 5.35E-012 | 1.99E-012 | 1.06E-012 | 6.35E-012 | 3.55E-015 | 4.18E-012 | -2.8E-012 | -4.4E-012 | -3.0E-012 |
| | G3 | 1.05E-011 | 1.43E-011 | -5.3E-012 | -3.9E-012 | -4.3E-012 | -8.3E-012 | 1.09E-011 | 1.13E-012 | -2.6E-012 | 3.19E-012 | -1.1E-011 | -4.1E-013 | 2.70E-012 | 4.43E-012 | -1.8E-012 | 2.49E-012 | -5.6E-012 | -5.0E-013 |
| | G4 | 4.50E-012 | 1.16E-011 | -3.9E-012 | .012 | .012 | 1.04E-011 | -1.798 | -1.835 | -1.637 | -.409 | -.280 | -.087 | .012 | .012 | 4.11E-012 | 6.07E-012 | 1.28E-013 | -1.8E-012 |
| | G5 | -1.4E-013 | 5.36E-012 | -4.3E-012 | -.012 | .012 | -4.8E-012 | 1.798 | 1.835 | 1.637 | -.409 | -.280 | -.087 | -.012 | -.012 | -2.4E-012 | -2.04E-012 | -6.3E-012 | -2.4E-012 |
| | G6 | -7.7E-012 | -2.8E-012 | -8.3E-012 | 1.04E-011 | -4.8E-012 | -6.7E-012 | 3.44E-012 | -9.7E-012 | 1.95E-012 | 4.33E-012 | -1.4E-012 | -3.2E-012 | 1.11E-012 | 4.73E-013 | -3.7E-012 | -3.4E-012 | -5.3E-012 | -3.9E-012 |
| | G7 | 1.88E-011 | 1.46E-011 | 1.09E-011 | -1.798 | 1.798 | 3.44E-012 | 260.733 | 266.128 | 237.357 | 59.339 | 37.761 | 12.587 | -1.798 | -1.798 | 4.09E-012 | 5.59E-012 | 8.33E-013 | 1.85E-012 |
| | G8 | -9.5E-012 | -9.7E-012 | 1.13E-012 | -1.835 | 1.835 | -9.7E-012 | 266.128 | 271.634 | 242.268 | 60.567 | 38.543 | 12.848 | -1.835 | -1.835 | -3.8E-012 | -4.8E-013 | -5.6E-012 | -3.7E-012 |
| | G9 | -7.6E-012 | 5.90E-013 | -2.6E-012 | -1.637 | 1.637 | 1.95E-012 | 237.357 | 242.268 | 216.077 | 54.019 | 34.376 | 11.459 | -1.637 | -1.637 | -1.2E-012 | -7.7E-013 | -2.1E-012 | 5.04E-013 |
| | G10 | -3.9E-012 | 5.35E-012 | 3.19E-012 | -.409 | .409 | 4.33E-012 | 59.339 | 60.567 | 54.019 | 13.505 | 8.594 | 2.865 | -.409 | -.409 | 1.98E-012 | 1.46E-012 | -8.2E-013 | 7.10E-013 |
| | G11 | -5.1E-012 | 1.99E-012 | -1.1E-011 | -.280 | .280 | -1.4E-012 | 37.761 | 38.543 | 34.376 | 8.594 | 5.469 | 1.823 | -.280 | -.280 | -2.0E-012 | -2.2E-012 | -4.7E-012 | -3.8E-012 |
| | G12 | 1.17E-011 | 1.06E-012 | -4.1E-013 | -.087 | .087 | -3.2E-012 | 12.587 | 12.848 | 11.459 | 2.865 | 1.823 | .008 | -.087 | -.087 | -2.1E-012 | 1.95E-012 | -2.8E-012 | -5.7E-013 |
| | G13 | 1.42E-012 | 6.35E-012 | 2.70E-012 | .012 | -.012 | 1.11E-012 | -1.798 | -1.835 | -1.637 | -.409 | -.280 | -.087 | .012 | .012 | 1.19E-012 | -1.2E-012 | -2.8E-013 | 9.09E-013 |
| | G14 | 4.22E-012 | 3.55E-015 | 4.43E-012 | .012 | -.012 | 4.73E-013 | -1.798 | -1.835 | -1.637 | -.409 | -.280 | -.087 | .012 | .012 | 3.26E-012 | 1.98E-012 | -2.3E-012 | -9.5E-013 |
| | G15 | -6.3E-013 | 4.18E-012 | -1.8E-012 | 4.11E-012 | -2.4E-012 | -3.7E-012 | 4.09E-012 | -3.8E-012 | -1.2E-012 | 1.98E-012 | -2.0E-012 | -2.1E-012 | 1.19E-012 | 3.26E-012 | -4.8E-013 | -5.3E-013 | -5.9E-013 | -2.4E-013 |
| | G16 | 3.48E-012 | -2.8E-012 | 2.49E-012 | 6.07E-012 | 2.04E-012 | -3.4E-012 | 5.59E-012 | -4.8E-013 | -7.7E-013 | 1.46E-012 | -2.2E-012 | 1.95E-012 | -1.2E-012 | 1.98E-012 | -5.3E-013 | 2.17E-013 | -1.3E-012 | -5.0E-013 |
| | G17 | -2.8E-012 | -4.4E-012 | -5.6E-012 | 1.28E-013 | -6.3E-012 | -5.3E-012 | 8.33E-013 | -5.6E-012 | -2.1E-012 | -8.2E-013 | -4.7E-012 | -2.8E-012 | -2.8E-013 | -2.3E-012 | -5.9E-013 | -1.3E-012 | 8.03E-013 | -1.7E-012 |
| | G18 | -1.9E-012 | -3.0E-012 | -5.0E-013 | -1.8E-012 | -2.4E-012 | -3.9E-012 | 1.85E-012 | -3.7E-012 | 5.04E-013 | 7.10E-013 | -3.8E-012 | -5.7E-013 | 9.09E-013 | -9.5E-013 | -2.4E-013 | -5.0E-013 | -1.7E-012 | -1.7E-013 |
| 4.00 | G1 | -1.2E-012 | 1.43E-011 | 1.04E-011 | -7.5E-012 | 7.24E-012 | -1.2E-011 | -2.5E-012 | 3.26E-012 | 4.78E-012 | -4.7E-012 | 1.77E-012 | -9.6E-013 | 7.31E-012 | 4.18E-012 | -2.8E-012 | 8.99E-012 | -3.6E-012 | -3.0E-012 |
| | G2 | 1.43E-011 | -5.3E-012 | 1.32E-011 | 1.53E-012 | -6.0E-012 | 2.11E-012 | -1.4E-012 | 4.93E-012 | -3.9E-012 | -5.7E-012 | 4.38E-012 | -8.8E-013 | 8.02E-012 | -1.6E-012 | 2.49E-012 | 4.04E-012 | -4.1E-012 | -5.0E-013 |
| | G3 | 1.04E-011 | 1.32E-011 | .012 | -5.9E-012 | 1.36E-011 | 6.30E-012 | .006 | -.130 | -.068 | .006 | -.012 | 3.57E-012 | .012 | 6.50E-013 | 2.56E-012 | -.043 | -.006 | 3.48E-012 |
| | G4 | -7.5E-012 | 1.53E-012 | -5.9E-012 | 1.90E-012 | -1.1E-012 | -6.1E-012 | 2.47E-012 | -1.4E-012 | 2.69E-012 | -2.9E-012 | 6.74E-012 | -1.1E-012 | 2.50E-012 | 2.07E-012 | 1.31E-012 | -6.6E-013 | 1.24E-012 | -9.3E-013 |
| | G5 | 7.24E-012 | -6.0E-012 | 1.36E-011 | -1.1E-012 | -1.1E-013 | -4.3E-012 | 2.80E-012 | 4.30E-012 | 2.01E-012 | -1.1E-012 | 7.48E-012 | 6.63E-013 | 2.00E-012 | -1.4E-013 | -8.3E-014 | 3.19E-012 | -1.5E-012 | -2.4E-012 |
| | G6 | -1.2E-011 | 2.11E-012 | 6.30E-012 | -6.1E-012 | -4.3E-012 | 1.97E-012 | -2.4E-012 | 8.63E-013 | -3.5E-012 | -3.5E-012 | -1.0E-012 | -1.0E-012 | 4.81E-013 | -6.4E-013 | -1.1E-013 | 3.61E-012 | -3.3E-013 | -3.1E-012 |
| | G7 | -2.5E-012 | -1.4E-012 | .006 | 2.47E-012 | 2.80E-012 | -2.4E-012 | .012 | -.280 | -.136 | .012 | -.025 | 1.10E-012 | .006 | 1.80E-012 | -4.2E-013 | -.031 | .006 | -5.7E-013 |
| | G8 | 3.26E-012 | 4.93E-012 | -.130 | -1.4E-012 | 4.30E-012 | 8.63E-013 | -.260 | 5.469 | 2.865 | -.260 | .521 | 4.44E-014 | -.130 | 1.18E-012 | 9.31E-013 | .651 | -.130 | 1.11E-013 |
| | G9 | 4.78E-012 | -3.9E-012 | -.068 | 2.69E-012 | 2.01E-012 | -3.5E-012 | -.136 | 2.865 | 1.501 | -.136 | .273 | -1.4E-012 | -.068 | 6.41E-013 | 4.10E-013 | .341 | -.068 | -1.1E-012 |
| | G10 | -4.7E-012 | -5.7E-012 | .006 | -2.9E-012 | -1.1E-012 | -3.5E-012 | .012 | -.280 | -.136 | .012 | -.025 | -4.4E-012 | .006 | -3.0E-012 | -2.8E-012 | -.031 | .006 | -1.8E-012 |
| | G11 | 1.77E-012 | 4.38E-012 | -.012 | 6.74E-012 | 7.48E-012 | -1.0E-012 | -.025 | .521 | .273 | -.025 | .050 | 2.31E-012 | -.012 | 3.06E-012 | 3.62E-012 | .062 | -.012 | -3.0E-013 |
| | G12 | -9.6E-013 | -8.8E-013 | 3.57E-012 | -1.1E-012 | 6.63E-013 | -1.0E-012 | 1.10E-012 | 4.44E-014 | -1.4E-012 | -4.4E-012 | 2.31E-012 | 7.19E-013 | 3.41E-012 | -2.2E-012 | -8.3E-013 | 8.70E-013 | -5.1E-013 | -9.3E-013 |
| | G13 | 7.31E-012 | 8.02E-012 | .012 | 2.50E-012 | 2.00E-012 | 4.81E-013 | .006 | -.130 | -.068 | .006 | -.012 | 3.41E-012 | .012 | 2.99E-012 | 1.60E-012 | -.043 | -.006 | 8.93E-013 |
| | G14 | 4.18E-012 | -1.8E-012 | 6.50E-013 | 2.07E-012 | -1.4E-013 | -6.4E-013 | 1.80E-012 | 1.18E-012 | 6.41E-013 | -3.0E-012 | 3.06E-012 | -2.2E-012 | 2.99E-012 | -4.8E-013 | -5.3E-013 | 2.11E-012 | 1.36E-012 | -2.4E-013 |
| | G15 | -2.8E-012 | 2.49E-012 | 2.56E-012 | 1.31E-012 | -8.3E-014 | -1.1E-013 | -4.2E-013 | 9.31E-013 | 4.10E-013 | -2.8E-012 | 3.62E-012 | -8.3E-013 | 1.60E-012 | -5.3E-013 | 2.17E-013 | 9.27E-013 | -4.8E-013 | -5.0E-013 |
| | G16 | 8.99E-012 | 4.04E-012 | -.043 | -6.6E-013 | 3.19E-012 | 3.61E-012 | -.031 | .651 | .341 | -.031 | .062 | 8.70E-013 | -.043 | 2.11E-012 | 9.27E-013 | .161 | .012 | 7.99E-015 |
| | G17 | -3.6E-012 | -4.1E-012 | -.006 | 1.24E-012 | -1.5E-012 | -3.3E-013 | .006 | -.130 | -.068 | .006 | -.012 | -5.1E-013 | -.006 | 1.36E-012 | -4.8E-013 | .012 | .012 | -6.7E-013 |
| | G18 | -3.0E-012 | -5.0E-013 | 3.48E-012 | -9.3E-013 | -2.4E-012 | -3.1E-012 | -5.7E-013 | 1.11E-013 | -1.1E-012 | -1.8E-012 | -3.0E-013 | -9.3E-013 | 8.93E-013 | -2.4E-013 | -5.0E-013 | 7.99E-015 | -6.7E-013 | -1.7E-013 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5.00 | G1 | .012 | 9.21E-012 | 3.48E-011 | 1.63E-011 | 2.44E-011 | -.006 | .019 | .124 | .143 | .050 | .074 | .068 | -.006 | -.012 | 1.11E-011 | -.012 | 6.84E-012 | 1.09E-012 |
| | G2 | 9.21E-012 | -5.3E-012 | 1.23E-012 | 3.38E-012 | 1.53E-012 | -3.5E-012 | 8.10E-012 | -5.6E-012 | 2.03E-013 | -5.1E-013 | 1.07E-014 | -7.9E-012 | -4.6E-012 | 8.02E-012 | -1.6E-012 | 7.22E-012 | -5.6E-012 | -5.0E-013 |
| | G3 | 3.48E-011 | 1.23E-012 | -2.9E-012 | 1.27E-011 | 7.30E-012 | 5.34E-012 | 8.31E-012 | 2.13E-012 | 6.28E-012 | 4.51E-013 | 7.03E-012 | 3.35E-012 | 2.28E-012 | 7.53E-012 | 4.47E-012 | 1.19E-011 | -3.9E-012 | 1.45E-012 |
| | G4 | 1.63E-011 | 3.38E-012 | 1.27E-011 | -1.4E-012 | 5.76E-012 | 2.02E-012 | 5.82E-012 | -4.1E-013 | -2.1E-012 | 4.07E-012 | 4.18E-012 | 3.52E-013 | 4.33E-012 | 5.23E-012 | 9.06E-013 | 7.72E-012 | -2.4E-012 | -7.7E-013 |
| | G5 | 2.44E-011 | 1.53E-012 | 7.30E-012 | 5.76E-012 | 1.90E-012 | -2.5E-012 | 9.28E-012 | 6.29E-013 | -2.8E-012 | -1.7E-012 | -4.0E-013 | -2.6E-012 | 4.16E-012 | 2.50E-012 | 2.07E-012 | 2.70E-012 | -5.8E-012 | -9.3E-013 |
| | G6 | -.006 | -3.5E-012 | 5.34E-012 | 2.02E-012 | -2.5E-012 | .012 | -.037 | -.248 | -.267 | -.099 | -.149 | -.136 | .012 | .006 | 3.73E-014 | .006 | -5.1E-012 | -7.5E-013 |
| | G7 | .019 | 8.10E-012 | 8.31E-012 | 5.82E-012 | 9.28E-012 | -.037 | .112 | .744 | .800 | .298 | .446 | .409 | -.037 | -.019 | 1.99E-012 | -.019 | 1.24E-014 | -1.9E-013 |
| | G8 | .124 | -5.6E-012 | 2.13E-012 | -4.1E-013 | 6.29E-013 | -.248 | .744 | 4.960 | 5.332 | 1.984 | 2.976 | 2.728 | -2.48 | -.124 | 1.08E-012 | -.124 | -2.5E-012 | -1.6E-012 |
| | G9 | .143 | 2.03E-013 | 6.28E-012 | -2.1E-012 | -2.8E-012 | -.267 | .800 | 5.332 | 5.742 | 2.133 | 3.199 | 2.933 | -.267 | -.143 | 1.36E-012 | -.143 | -1.4E-013 | -1.9E-012 |
| | G10 | .050 | -5.1E-013 | 4.51E-013 | 4.07E-012 | -1.7E-012 | -.099 | .298 | 1.984 | 2.133 | .794 | 1.191 | 1.091 | -.099 | -.050 | 9.38E-013 | -.050 | -9.8E-013 | -2.3E-012 |
| | G11 | .074 | 1.07E-014 | 7.03E-012 | 4.18E-012 | -4.0E-013 | -.149 | .446 | 2.976 | 3.199 | 1.191 | 1.786 | 1.637 | -.149 | -.074 | -2.5E-012 | -.074 | -2.6E-012 | -8.1E-013 |
| | G12 | .068 | -7.9E-012 | 3.35E-012 | 3.52E-013 | -2.6E-012 | -.136 | .409 | 2.728 | 2.933 | 1.091 | 1.637 | 1.501 | -.136 | -.068 | -2.3E-012 | -.068 | -1.7E-012 | -1.3E-012 |
| | G13 | -.006 | -4.6E-012 | 2.28E-012 | 4.33E-012 | 4.16E-012 | .012 | -.037 | -.248 | -.267 | -.099 | -.149 | -.136 | .012 | .006 | 1.19E-012 | .006 | -2.8E-013 | -9.1E-013 |
| | G14 | -.012 | 8.02E-012 | 7.53E-012 | 5.23E-012 | 2.50E-012 | .006 | -.019 | -.124 | -.143 | -.050 | -.074 | -.068 | .006 | .012 | 2.99E-012 | .012 | -1.4E-012 | 8.93E-013 |
| | G15 | 1.11E-011 | -1.6E-012 | 4.47E-012 | 9.06E-013 | 2.07E-012 | 3.73E-014 | 1.99E-012 | 1.08E-012 | 1.36E-012 | 9.38E-013 | -2.5E-012 | -2.3E-012 | 1.19E-012 | 2.99E-012 | -4.8E-013 | 2.93E-012 | -5.9E-013 | -2.4E-013 |
| | G16 | -.012 | 7.22E-012 | 1.19E-011 | 7.72E-012 | 2.70E-012 | .006 | -.019 | -.124 | -.143 | -.050 | -.074 | -.068 | .006 | .012 | 2.93E-012 | .012 | 7.00E-013 | -2.9E-013 |
| | G17 | 6.84E-012 | -5.6E-012 | -3.9E-012 | -2.4E-012 | -5.8E-012 | -5.1E-012 | 1.24E-014 | -2.5E-012 | -1.4E-013 | -9.8E-013 | -2.6E-012 | -1.7E-012 | -2.8E-013 | -1.4E-012 | -5.9E-013 | 7.00E-013 | 8.03E-013 | -1.7E-012 |
| | G18 | 1.09E-012 | -5.0E-013 | 1.45E-012 | -7.7E-013 | -9.3E-013 | -7.5E-013 | -1.9E-013 | -1.6E-012 | -1.9E-012 | -2.3E-012 | -8.1E-013 | -1.3E-012 | -9.1E-013 | 8.93E-013 | -2.4E-013 | -2.9E-013 | -1.7E-012 | -1.7E-013 |



Lampiran 5

Variables Not in the Analysis

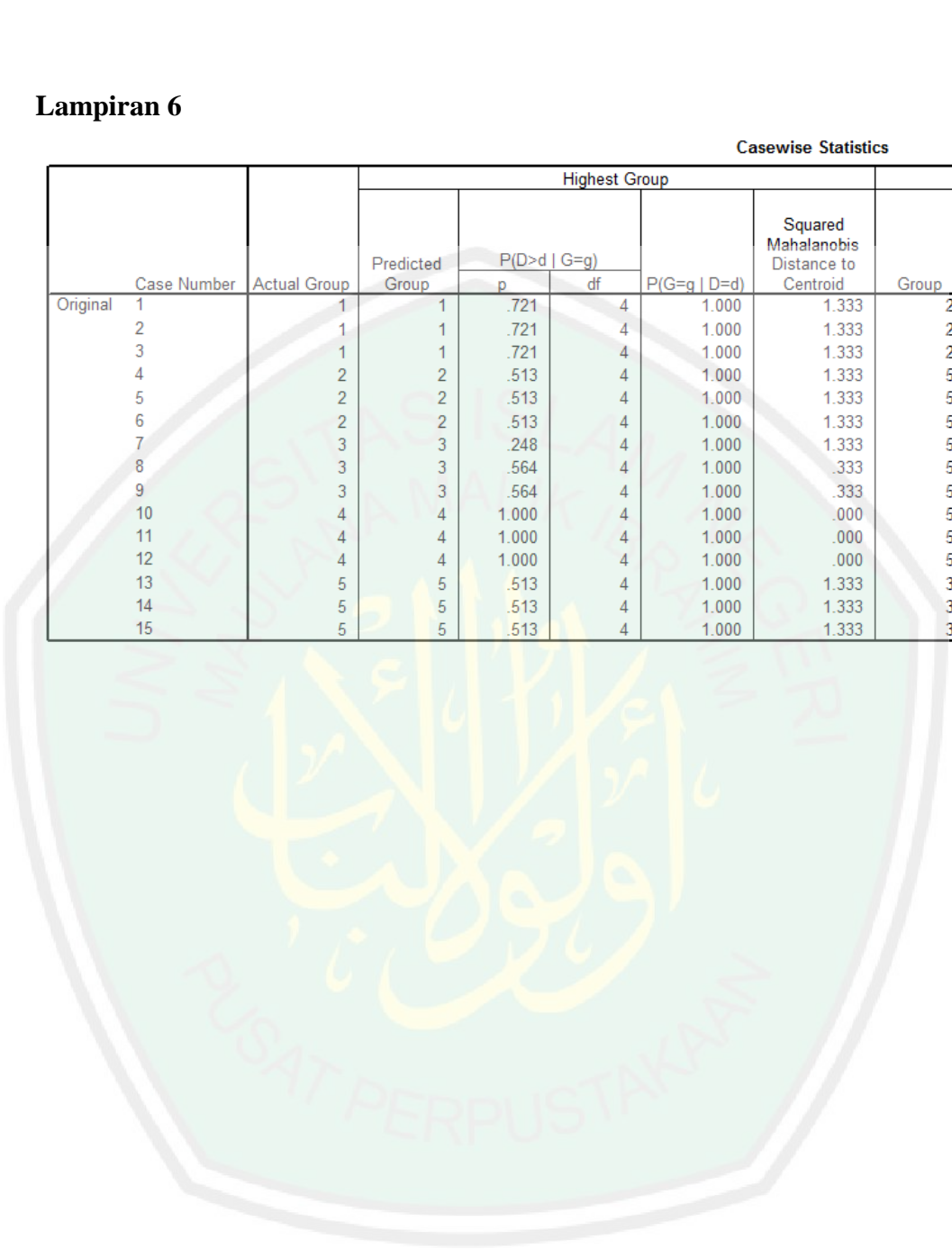
| Step | | Tolerance | Min. Tolerance | F to Enter | Wilks' Lambda |
|------|-----|-----------|----------------|------------|---------------|
| 0 | G1 | 1.000 | 1.000 | 260284.2 | .000 |
| | G2 | .000 | .000 | . | . |
| | G3 | 1.000 | 1.000 | 6105.750 | .000 |
| | G4 | 1.000 | 1.000 | 466824.6 | .000 |
| | G5 | 1.000 | 1.000 | 83.312 | .029 |
| | G6 | 1.000 | 1.000 | 71004.522 | .000 |
| | G7 | 1.000 | 1.000 | 17.134 | .127 |
| | G8 | 1.000 | 1.000 | 2.321 | .519 |
| | G9 | 1.000 | 1.000 | 2.171 | .535 |
| | G10 | 1.000 | 1.000 | 2.932 | .460 |
| | G11 | 1.000 | 1.000 | 8.236 | .233 |
| | G12 | 1.000 | 1.000 | 42.202 | .056 |
| | G13 | 1.000 | 1.000 | 61.120 | .039 |
| | G14 | 1.000 | 1.000 | 11.979 | .173 |
| | G15 | 1.000 | 1.000 | 6.962 | .264 |
| | G16 | 1.000 | 1.000 | 15.430 | .139 |
| | G17 | 1.000 | 1.000 | 10.283 | .196 |
| | G18 | .000 | .000 | . | . |
| 1 | G1 | .719 | .719 | 150572.7 | .000 |
| | G2 | .000 | .000 | . | . |
| | G3 | 1.000 | 1.000 | 2558.540 | .000 |
| | G5 | 1.000 | 1.000 | 31.878 | .000 |
| | G6 | .976 | .976 | 22728.722 | .000 |
| | G7 | .750 | .750 | 8.871 | .000 |
| | G8 | .758 | .758 | 1.752 | .000 |
| | G9 | .764 | .764 | 1.685 | .000 |
| | G10 | .949 | .949 | .554 | .000 |
| | G11 | .980 | .980 | .427 | .000 |
| | G12 | .994 | .994 | 9.031 | .000 |
| | G13 | 1.000 | 1.000 | 20.544 | .000 |
| | G14 | 1.000 | 1.000 | 3.245 | .000 |
| | G15 | 1.000 | 1.000 | 1.442 | .000 |
| | G16 | 1.000 | 1.000 | 3.798 | .000 |
| | G17 | 1.000 | 1.000 | 3.389 | .000 |
| | G18 | .000 | .000 | . | . |

| | | | | | | |
|-----|-----|-------|------|----------|------|------|
| 2 | G2 | .000 | .000 | . | . | |
| | G3 | 1.000 | .719 | .544 | .000 | |
| | G5 | 1.000 | .719 | 27.589 | .000 | |
| | G6 | .949 | .699 | 4577.256 | .000 | |
| | G7 | .650 | .467 | 1.078 | .000 | |
| | G8 | .628 | .452 | 1.316 | .000 | |
| | G9 | .619 | .447 | 1.386 | .000 | |
| | G10 | .915 | .658 | .504 | .000 | |
| | G11 | .746 | .547 | .979 | .000 | |
| | G12 | .755 | .546 | 10.907 | .000 | |
| | G13 | .874 | .628 | 21.183 | .000 | |
| | G14 | .991 | .713 | 2.860 | .000 | |
| | G15 | .955 | .686 | .718 | .000 | |
| | G16 | .960 | .690 | 3.313 | .000 | |
| | G17 | .863 | .620 | 3.784 | .000 | |
| | G18 | .000 | .000 | . | . | |
| | 3 | G2 | .000 | .000 | . | . |
| | | G3 | .948 | .698 | .595 | .000 |
| G5 | | .071 | .067 | 112.689 | .000 | |
| G7 | | .639 | .467 | .989 | .000 | |
| G8 | | .624 | .452 | 1.164 | .000 | |
| G9 | | .619 | .446 | 1.198 | .000 | |
| G10 | | .622 | .622 | 1.440 | .000 | |
| G11 | | .680 | .500 | .904 | .000 | |
| G12 | | .695 | .502 | 1.694 | .000 | |
| G13 | | .837 | .595 | 2.974 | .000 | |
| G14 | | .628 | .601 | 1.567 | .000 | |
| G15 | | .661 | .615 | .879 | .000 | |
| G16 | | .688 | .626 | 1.108 | .000 | |
| G17 | | .797 | .579 | .524 | .000 | |
| G18 | | .000 | .000 | . | . | |
| 4 | | G2 | .000 | .000 | . | . |
| | | G3 | .707 | .053 | .418 | .000 |
| | | G7 | .608 | .065 | .960 | .000 |
| | G8 | .586 | .064 | 1.026 | .000 | |
| | G9 | .584 | .064 | 1.071 | .000 | |
| | G10 | .554 | .052 | .841 | .000 | |
| | G11 | .680 | .067 | .618 | .000 | |
| | G12 | .694 | .067 | .559 | .000 | |
| | G13 | .829 | .066 | .557 | .000 | |
| | G14 | .491 | .044 | .983 | .000 | |
| | G15 | .574 | .051 | 1.034 | .000 | |
| | G16 | .594 | .051 | .672 | .000 | |
| | G17 | .791 | .066 | .327 | .000 | |
| | G18 | .000 | .000 | . | . | |

Lampiran 6

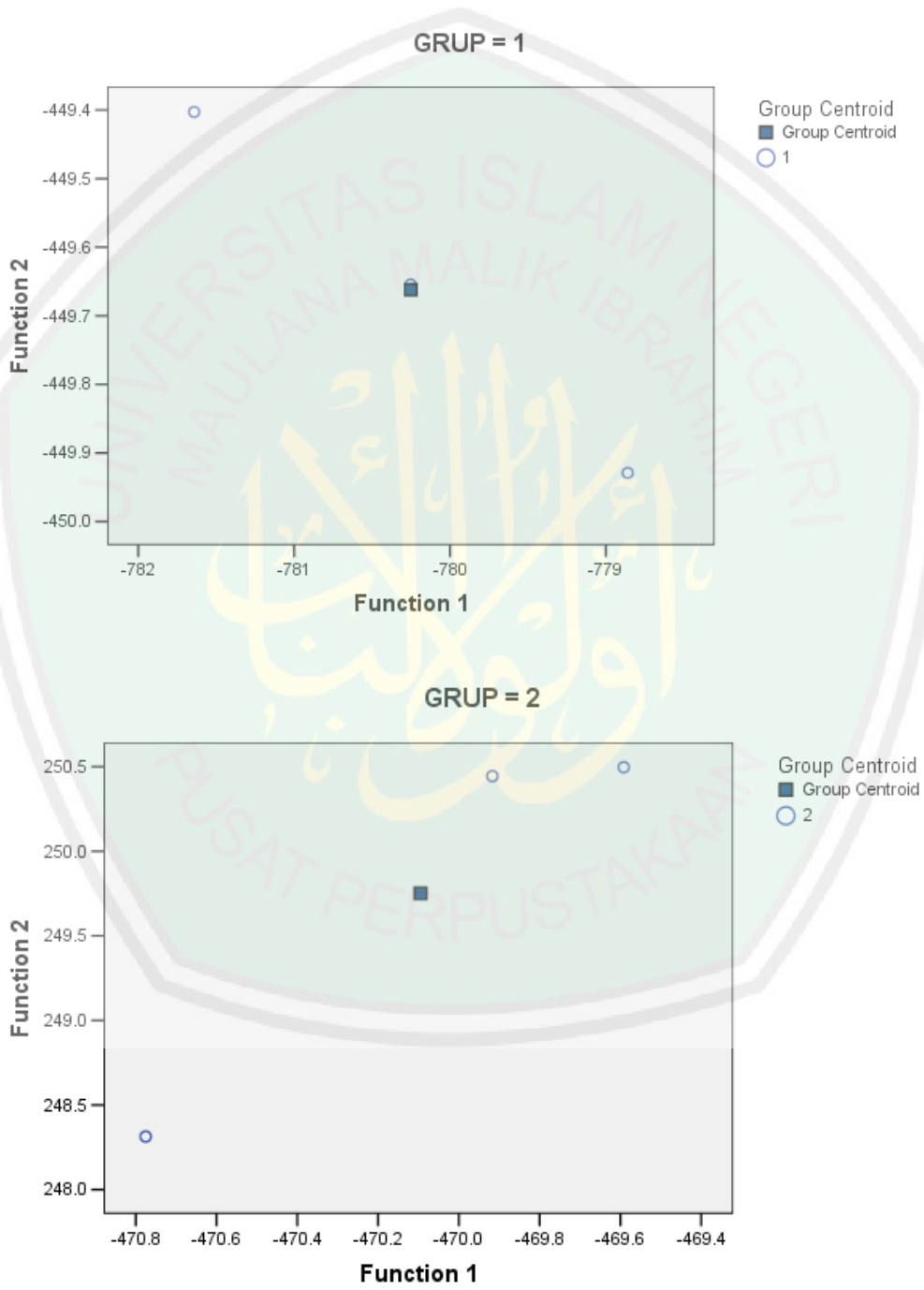
Casewise Statistics

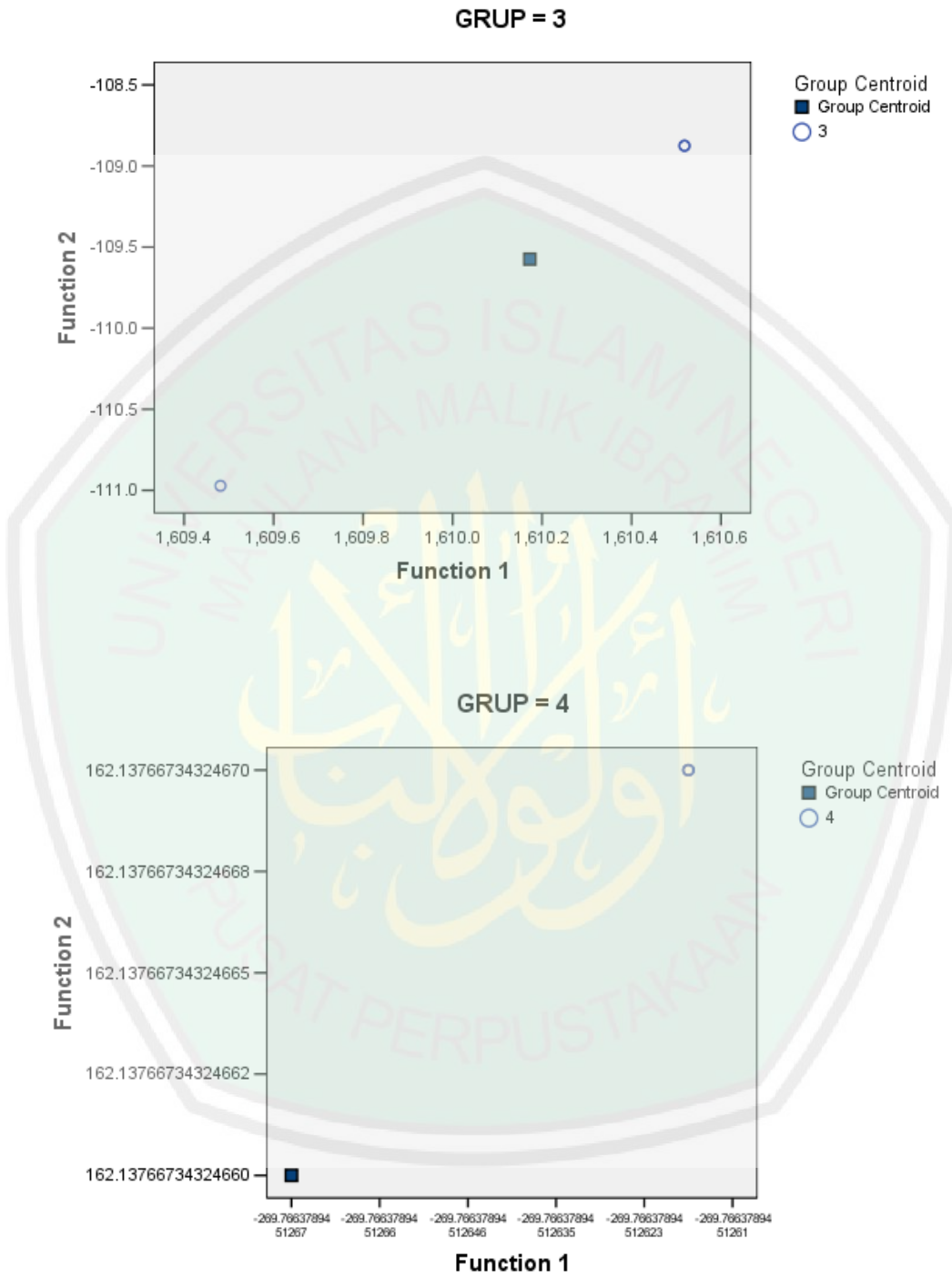
| Case Number | Actual Group | Highest Group | | | | | | Second Highest Group | | | Discriminant Scores | | | |
|-------------|--------------|-----------------|--------------|----|--------------|--|-------|----------------------|--|------------|---------------------|------------|------------|--|
| | | Predicted Group | P(D>d G=g) | | P(G=g D=d) | 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 | | | | | | | | | | |
| Original 1 | 1 | 1 | .721 | 4 | 1.000 | 1.333 | 2 | .000 | 338298.988 | -780.253 | -449.654 | 4.744 | 2.710 | |
| 2 | 1 | 1 | .721 | 4 | 1.000 | 1.333 | 2 | .000 | 341177.162 | -778.860 | -449.929 | 4.420 | -1.172 | |
| 3 | 1 | 1 | .721 | 4 | 1.000 | 1.333 | 2 | .000 | 335137.420 | -781.642 | -449.403 | 5.457 | -1.143 | |
| 4 | 2 | 2 | .513 | 4 | 1.000 | 1.333 | 5 | .000 | 66493.433 | -470.775 | 248.314 | 70.468 | 1.135 | |
| 5 | 2 | 2 | .513 | 4 | 1.000 | 1.333 | 5 | .000 | 65807.217 | -469.592 | 250.497 | 73.564 | 1.309 | |
| 6 | 2 | 2 | .513 | 4 | 1.000 | 1.333 | 5 | .000 | 65935.257 | -469.917 | 250.444 | 70.705 | 1.159 | |
| 7 | 3 | 3 | .248 | 4 | 1.000 | 1.333 | 5 | .000 | 1447430.803 | 1609.481 | -110.972 | 16.168 | .016 | |
| 8 | 3 | 3 | .564 | 4 | 1.000 | .333 | 5 | .000 | 1450946.257 | 1610.518 | -108.875 | 16.340 | -.017 | |
| 9 | 3 | 3 | .564 | 4 | 1.000 | .333 | 5 | .000 | 1450946.257 | 1610.518 | -108.875 | 16.340 | -.017 | |
| 10 | 4 | 4 | 1.000 | 4 | 1.000 | .000 | 5 | .000 | 17319.435 | -269.766 | 162.138 | -16.037 | -3.103 | |
| 11 | 4 | 4 | 1.000 | 4 | 1.000 | .000 | 5 | .000 | 17319.435 | -269.766 | 162.138 | -16.037 | -3.103 | |
| 12 | 4 | 4 | 1.000 | 4 | 1.000 | .000 | 5 | .000 | 17319.435 | -269.766 | 162.138 | -16.037 | -3.103 | |
| 13 | 5 | 5 | .513 | 4 | 1.000 | 1.333 | 3 | .000 | 8044930.510 | -88.323 | 146.292 | -76.536 | 1.781 | |
| 14 | 5 | 5 | .513 | 4 | 1.000 | 1.333 | 3 | .000 | 8067096.965 | -90.662 | 148.914 | -78.090 | 1.712 | |
| 15 | 5 | 5 | .513 | 4 | 1.000 | 1.333 | 3 | .000 | 8072153.464 | -91.195 | 146.835 | -75.467 | 1.838 | |

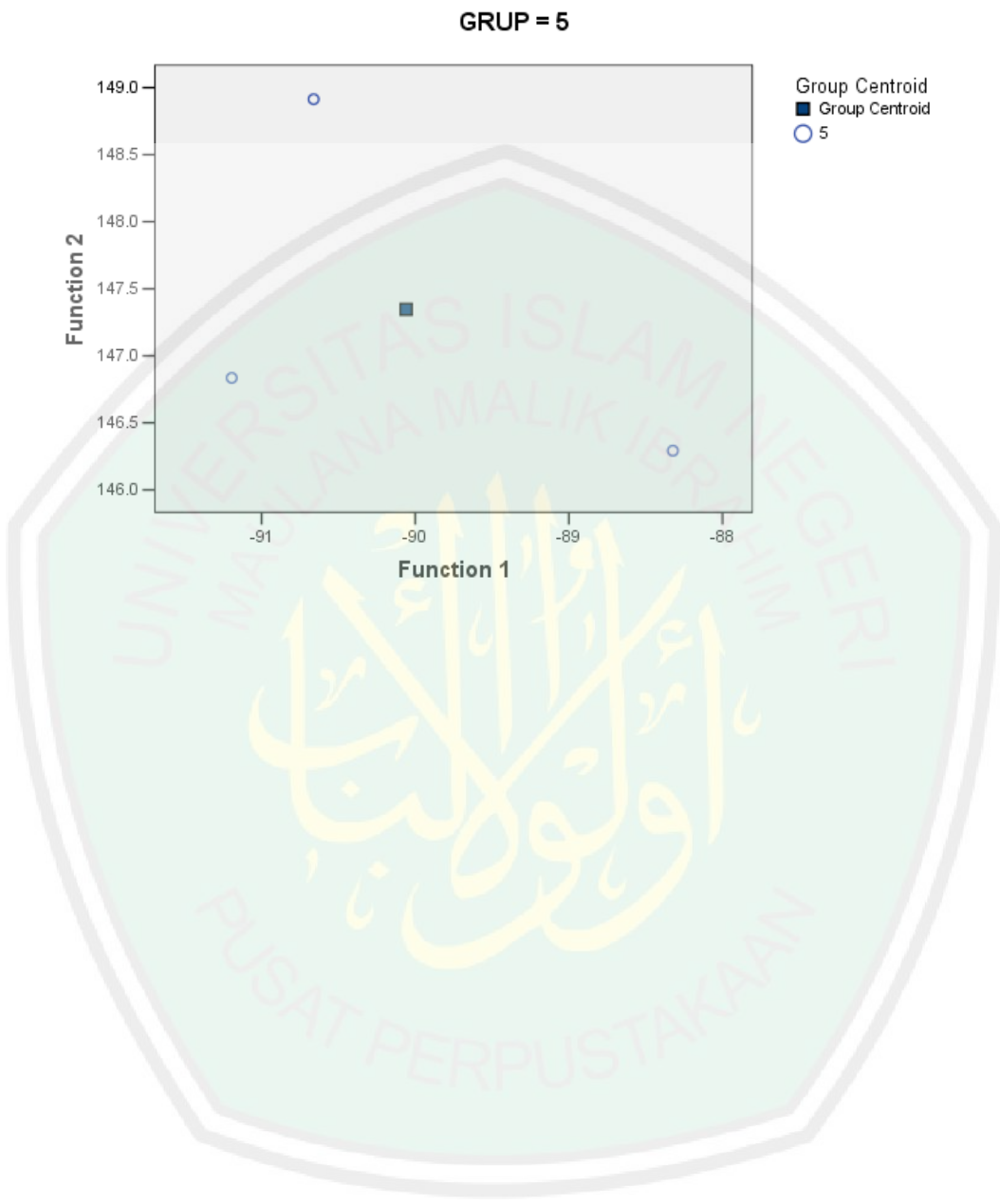


Lampiran 7

Canonical Discriminant Functions









**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 : Sigma Nur Rismawati
NIM : 14640025
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Kemometrik Menggunakan PCA (*Principial Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) pada Sampel Minyak Babi dan Minyak Zaitun Berbasis Data FTIR-Spectroscopy
Pembimbing I : Dr. Imam Tazi, M.Si.
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si.

| No | Tanggal | HAL | Tanda Tangan |
|----|-------------------|---|--------------|
| 1 | 21 Februari 2018 | Konsultasi Bab I, II, dan III | |
| 2 | 02 Maret 2018 | Konsultasi Bab I, II, III dan ACC | |
| 3 | 04 Mei 2018 | Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II | |
| 4 | 10 Agustus 2018 | Konsultasi Data Hasil Bab IV | |
| 5 | 03 September 2018 | Konsultasi Bab IV | |
| 6 | 21 September 2018 | Konsultasi Kajian Agama Bab I, II, & IV | |
| 7 | 26 September 2018 | Konsultasi Bab V | |
| 8 | 28 September 2018 | Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC | |
| 9 | 01 Oktober 2018 | Konsultasi Kajian Agama dan ACC | |

Malang, 03 September 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003