

**DETEKSI ADULTERASI GAMBIR MENGGUNAKAN  
SPEKTROSKOPI INFRAMERAH DAN ANALISIS  
KEMOMETRIK**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**YENNI ERANISA**

**191000248201016**



**PROGRAM STUDI FARMASI PROGRAM SARJANA  
FAULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA  
BARAT  
PADANG**

**2023**


**DETEKSI ADULTERASI GAMBIR MENGGUNAKAN  
SPEKTROSKOPI INFRAMERAH DAN ANALISIS  
KEMOMETRIK**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**YENNI ERANISA**

**191000248201016**



Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana pada  
Program Studi Farmasi Program Sarjana  
Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

**PROGRAM STUDI FARMASI PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
PADANG  
2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Deteksi Adulterasi Gambir menggunakan Spektroskopi Inframerah dan Analisis Kemometrik  
Nama Mahasiswa : Yenni Eranisa  
Nomor Induk Mahasiswa : 191000248201016  
Program Studi : Farmasi Program Sarjana

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan panitia sidang ujian akhir Sarjana pada Program Studi Farmasi Program Sarjana Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan dinyatakan lulus pada tanggal 18 Agustus 2023.

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dedi Satria, S.Si., M.Eng., Ph.D  
NIDN.1030098001

Pembimbing Pendamping



apt. Afdhil Arel, M. Farm  
NIDN. 1020128401

Mengetahui,

Dekan Fakultas Farmasi



apt. Afdhil Arel, M. Farm  
NIDN. 1020128401

Ketua Program Studi Farmasi  
Program Sarjana



apt. Sisri Novrita, M. ClinPharm  
NIDN. 1003119302

## RIWAYAT HIDUP

Yenni Eranisa lahir di kota Pekanbaru, Provinsi Riau pada tanggal 24 Maret 2000. Penulis lahir dari pasangan Syukri (Alm) dan Marlianis dan merupakan anak bungsu dari empat bersaudara yakni Efrizal, S.TP, Yovi, Endrika, M.Pd, dan Irwansyah, S.Kom. Pada tahun 2006 penulis masuk Sekolah Dasar Negeri (SDN) 021 Tarai Bangun dan lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan Sekolah Tingkat Pertama Negeri (SMPN) 4 Tambang dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya penulis masuk Sekolah Menengah Kejuruan Farmasi (SMKF) IKASARI Pekanbaru dan lulus tiga tahun kemudian pada tahun 2018. Pada tahun 2019 penulis diterima menjadi mahasiswa jurusan Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Pada tanggal 18 Agustus 2023 penulis dinyatakan lulus dan berhak menyandang gelar Sarjana Farmasi melalui ujian Komprehensif Jurusan Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Padang, 13 Agustus 2023

Yenni Eranisa

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Yenni Eranisa

Nomor Induk Mahasiswa : 191000248201016

Judul Skripsi : Deteksi Adulterasi Gambir Menggunakan  
Spektroskopi Inframerah dan Analisis  
Kemometrik

Dengan ini menyatakan bahwa:

- a. Skripsi yang saya tulis merupakan hasil karya saya sendiri, terhindar dari unsur plagiarisme dan data beserta seluruh isi skripsi tersebut adalah benar adanya.
- b. Saya menyerahkan hak cipta dari skripsi tersebut kepada Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat untuk dapat dimanfaatkan dalam kepentingan akademis.

Padang, 13 Agustus 2023



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul Deteksi Adulterasi Gambir Menggunakan Spketroskopi Inframerah dan Analisis Kemometrik yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Sarjana Farmasi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Padang.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak apt. Afdhil Arel, M.Farm selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, sekaligus Dosen Pembimbing Pendamping Penelitian dan juga selalu memberi semangat dalam penyusunan Skripsi ini.
2. Ibu apt. Sisri Novrita, M.Clin.Pharm selaku Ketua Program Studi Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
3. Bapak Dedi Satria, S.Si., M.Eng, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama Penelitian sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan waktu, arahan dan dengan tulus membimbing saya dalam menyusun skripsi ini.
4. Kepada seluruh civitas Fakultas Farmasi Dosen, Tenaga Kependidikan, dan Pranata Laboran yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada orangtua saya, Ayahanda Alm. Syukri dan Ibunda Marlianis yang telah berjuang, bekerja keras untuk Pendidikan saya dan senantiasa mendidik, membimbing dan memberikan dukungan baik moral maupun materi serta doa-doa yang tak terhingga kepada saya.
6. Kepada abang-abang saya Efrizal, S.TP, Yovi, Endrika, M.Pd, dan Irwansyah, S.Kom yang memberikan dukungan dan doa kepada saya.
7. Kepada teman-teman Durian Runtuh (Widya Hariyani, Wilda, Suci Angela Soraya, Miftahul Rahmi, Poppy Lizia Permata, Fakhrrur Rafiq Yusuf, Al Hadi, dan Bramantio) serta teman-teman seperjuangan Farmasi Angkatan 19 yang sudah banyak memberikan dukungan dan

motivasi yang tinggi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga penelitian ini bermanfaat dan Allah SWT melimpahkan rahmat-Nya bagi kita semua.

Padang, 13 Agustus 2023

Yenni Eranisa



## INTISARI

# DETEKSI ADULTERASI GAMBIR MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI INFRAMERAH DAN ANALISIS KEMOMETRIK

Oleh:

**Yenni Eranisa**

**191000248201016**

Kualitas gambir mengalami penurunan karena proses pengolahannya. Salah satu faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas karena adanya penambahan adulteran pada proses pengolahan gambir. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi adulteran pada gambir menggunakan Spektroskopi Inframerah dan membuat pemodelan multivariat untuk dapat mengklasifikasikan adulterasi pada gambir. Total sampel yang digunakan berjumlah 32 sampel yang terdiri dari 24 sampel *training set*, 5 *test set*, dan 3 sampel QC lalu dilakukan pengujian menggunakan instrumen FTIR pada bilangan gelombang 4000 sampai 600  $\text{cm}^{-1}$ , data hasil pengujian tersebut diolah dengan pemodelan analisis kemometrik model klasifikasi PCA, SIMCA, OPLS-DA dan PLS-R. Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemodelan SIMCA pada adsorban FTIR menghasilkan model yang dapat membedakan antara sampel tunggal dengan sampel yang diberikan pemalsu sehingga dapat digunakan untuk prediksi adulterasi pada gambir.

**Kata Kunci:** Gambir; FTIR; Kemometrik



## ABSTRACT

# DETECTION OF GAMBIR ADULTERATION USING INFRARED SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRIC ANALYSIS

By:

**Yenni Eranisa**  
**191000248201016**

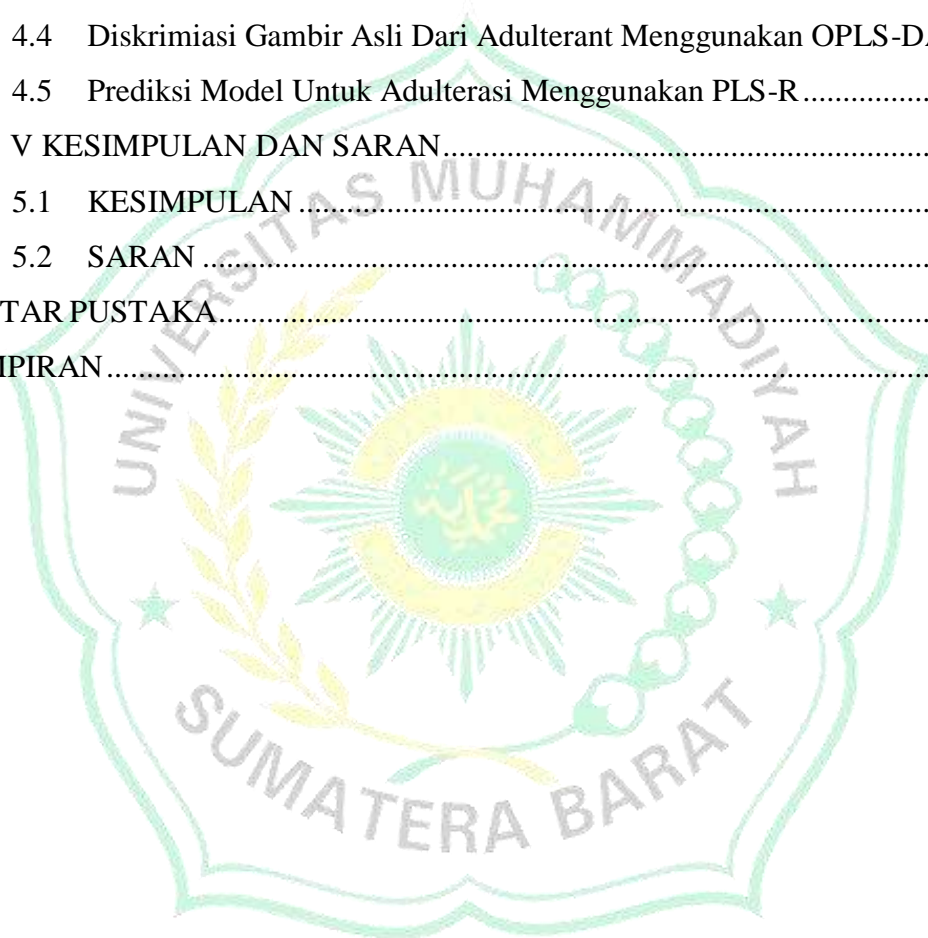
Gambir quality has decreased due to processing. One of the factors affecting the decrease in quality is due to the addition of adulterants in the gambier processing. This study aims to detect adulteration in gambier using infrared spectroscopy and to make multivariate modeling to classify adulteration in gambier. The total sample used was 32 samples consisting of 24 training set samples, 5 test sets, and 3 QC samples and then tested using the FTIR instrument at wave numbers 4000 to 600 cm<sup>-1</sup>, the test results data were processed by chemometric analysis modeling of the classification model PCA, SIMCA, OPLS-DA and PLS-R. From the research that has been done, it can be concluded that SIMCA modeling on FTIR adsorbents produces a model that can distinguish between a single sample and a sample given by fakes so that it can be used to predict adulteration in Gambir. The result of applying the PLS-R model to the Gambir pasar sample is that there is a 30% mixture in the market sample.

**Keywords:** Gambir; FTIR; Chemometrics

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
RIWAYAT HIDUP.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
INTISARI.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Gambir ( <i>Uncaria gambir</i> Roxb.) .....	3
2.1.1 Tanaman Gambir .....	3
2.1.2 Monografi .....	3
2.1.3 Kandungan Kimia.....	4
2.1.4 Adulterasi.....	4
2.2 Spektroskopi Inframerah.....	5
2.2.2 Keunggulan dan Kekurangan Spektroskopi Inframerah .....	7
2.2.3 Kemometrik.....	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	8
3.2 Bahan, Peralatan dan Instrumen.....	8
3.2.1 Bahan.....	8
3.2.2 Peralatan dan Intrumen.....	8
3.3 Prosedur Kerja.....	8
3.3.1 Persiapan Sampel.....	8

3.3.2	Persiapan Sampel Adulterasi .....	8
3.3.3	Pengukuran Spektrum Menggunakan FTIR .....	9
3.3.4	Pra Perlakuan Data.....	9
3.3.5	Pengolahan Data menggunakan Analisis Kemometrika.....	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		12
4.1	Pra Perlakuan Data.....	12
4.2	PCA .....	14
4.3	Pemodelan Klasifikasi SIMCA .....	15
4.4	Diskrimiasi Gambir Asli Dari Adulterant Menggunakan OPLS-DA .....	16
4.5	Prediksi Model Untuk Adulterasi Menggunakan PLS-R.....	18
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		20
5.1	KESIMPULAN .....	20
5.2	SARAN .....	20
DAFTAR PUSTAKA.....		21
LAMPIRAN.....		24



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman Gambir.....	3
Gambar 2. 2 Kandungan Kimia Pada Gambir .....	4
Gambar 2. 3 Skema Instrument Spektroskopi Inframerah .....	6
Gambar 4. 1 Spektra Data Asli .....	13
Gambar 4. 2 Spektra Setelah Penyaringan MSC .....	13
Gambar 4. 3 Plot Skor PCA Adulterasi Gambir .....	14
Gambar 4. 4 Skor Plot OPLS-DA Adulterasi Gambir .....	16
Gambar 4. 5 Evaluasi pemodelan OPLS-DA menggunakan Plot Permutasi.....	17
Gambar 4. 6 Hubungan antara nilai <i>Observed</i> dan <i>Predict</i> .....	18

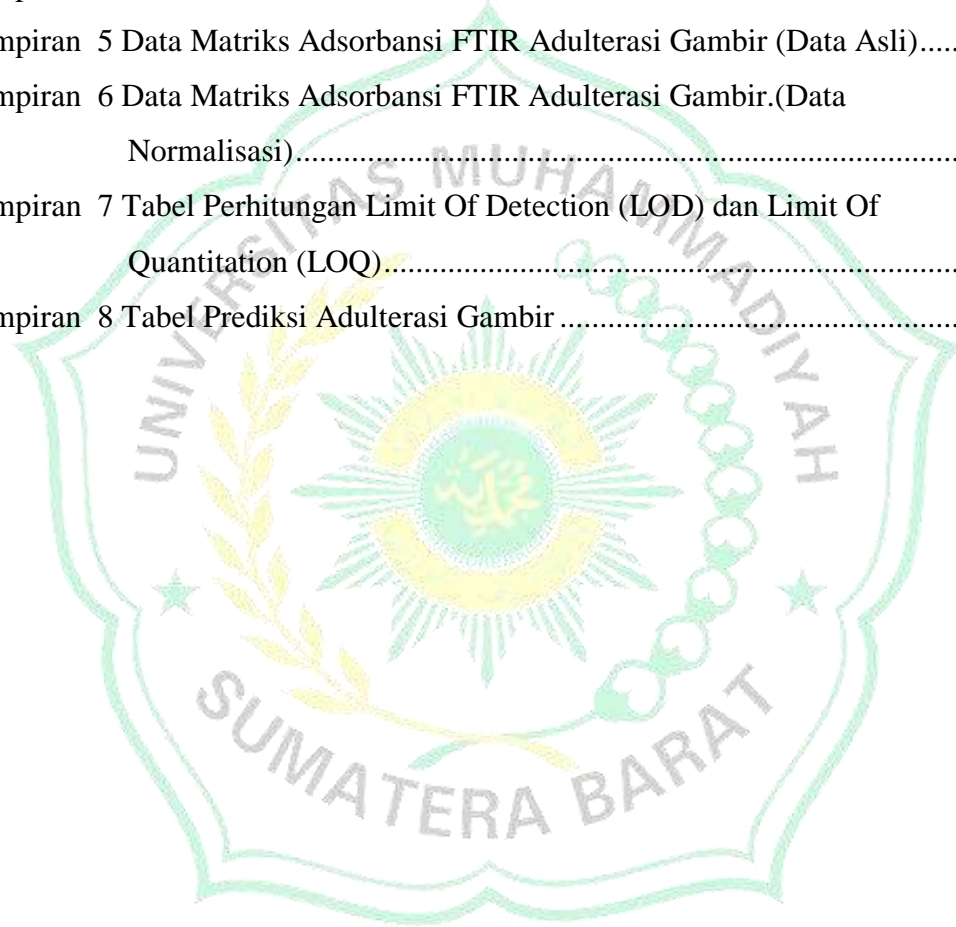


## DAFTAR SINGKATAN

FTIR	: <i>Fortier Transform Infra Red</i>
PCA	: <i>Principal Component Analysis</i>
SIMCA	: <i>soft independent modelling by class analogy</i>
OPLS-DA	: <i>Orthogonal Partial Least Square Discriminant Analysis</i>
PLS-R	: <i>Partial Least Square Regressi</i>
DA	: <i>Discriminant Analysis</i>
IR	: <i>Infra Red</i>
ATR	: <i>Attenuated Total Reflektance</i>
ZnSe	: <i>Zinc Selenide</i>
NIR	: <i>Near Infra Red</i>
MIR	: <i>Middle Infra Red</i>
HCA	: <i>hierarchical cluster analysis</i>
CVA	: <i>canonical variate analysis</i>
ANN	: <i>Artificial Neural Network</i>
Mg	: <i>miligram</i>
QC	: <i>Quality Control</i>
MSC	: <i>Multiplicative Signal Correction</i>
LOD	: <i>Limit Of Detection</i>
LOQ	: <i>Limit Of Quantitation</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan Alir Penelitian.....	24
Lampiran 2 Sampel Penelitian .....	25
Lampiran 3 Parameter Spesifik.....	26
Lampiran 3 a. Perhitungan Kadar Air .....	26
Lampiran 3 b. Perhitungan Kadar Abu .....	26
Lampiran 4 Parameter Pemodelan Analisis Kemometrik.....	27
Lampiran 5 Data Matriks Adsorbansi FTIR Adulterasi Gambir (Data Asli).....	28
Lampiran 6 Data Matriks Adsorbansi FTIR Adulterasi Gambir.(Data Normalisasi).....	29
Lampiran 7 Tabel Perhitungan Limit Of Detection (LOD) dan Limit Of Quantitation (LOQ).....	30
Lampiran 8 Tabel Prediksi Adulterasi Gambir .....	31



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gambir merupakan ekstrak dari daun dan ranting tanaman gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) yang memiliki nilai jual yang tinggi dengan jumlah ekspor gambir Indonesia 14.000 ton/tahun. Hal ini menyebabkan sebagian petani melakukan penambahan adulteran pada gambir dengan tujuan meningkatkan bobot gambir (Dhalimi, 2006).

Adulterasi merupakan upaya menambahkan bahan pada suatu produk dengan bertujuan untuk mendapatkan keuntungan yang sebanyak-banyaknya sehingga hal tersebut memberikan kerugian bagi konsumen (Andriansyah et al., 2021). Adulterasi didefinisikan sebagai mengganti sebagian bahan obat mentah asli atau seluruhnya dengan zat lain yang tampak serupa.

Kualitas gambir bisa saja berkurang saat proses pengolahan berlangsung. Beberapa hal yang mempengaruhinya adalah dari tempat pengempaan, wadah penampung ekstrak daun gambir, abu dari tungku perebusan daun, dan ranting gambir dan tempat penjemuran. Aktifitas seperti menginjak-injak daun saat pemadatan daun dalam wadah perebusan juga dapat mempengaruhi berkurangnya kandungan pada gambir. Penambahan lain seperti tanah, pasir, tepung, serta pupuk, dan proses pengeringan gambir yang kurang sempurna tidak mendukung dihasilkannya gambir dengan mutu yang baik (Anwar Kasim\*, Alfi Asben, 2015).

Spektroskopi inframerah telah berkembang sebagai metode yang menguntungkan seperti hemat waktu dan tidak merusak sampel untuk menilai kualitas produk herbal dan fungsional (Wilde et al., 2019). Data spektrum inframerah diolah menggunakan metode statistik multivariat. Metode statistik multivariat mampu mengekstrak data spektrum yang dibutuhkan dari spektrum inframerah dan memakai data spektrum tersebut untuk aplikasi kuantitatif serta kualitatif. Metode statistik multivariat tak jarang di sebut sebagai metode kemometrik (Rasyida et al., 2014).

Analisis kemometrik dapat membantu mengatasi hambatan dengan memisahkan informasi penting dari *noise*, mengungkap korelasi yang

tersembunyi, meningkatkan fitur spektra dan interpretabilitas, dan memberikan pendekatan visual untuk analisis data (Ghidini et al., 2019). Metode kemometrik digunakan seperti *Principle Component Analysis* (PCA), *Discriminant Analysis Principle Component Analysis* (DA), *Soft Independent Modelling By Class Analogy* (SIMCA), dan *Partial Least Squares Regression* (PLS-R) digunakan untuk penentuan multikomponen.

Contoh penelitian yang menggunakan kombinasi spektroskopi inframerah dengan analisa kemometrik seperti identifikasi dan autentikasi jahe merah (Purwakusumah et al., 2014), analisis total fenolik daun gedi hijau (Rumoroy et al., 2019), analisis flavonoid dari ekstrak tumbuhan obat (Wulandari et al., 2016), dan masih banyak lagi. Sementara itu, penelitian mengenai deteksi adulterasi pada gambir belum ada diteliti.

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian tentang “Deteksi Adulterasi Gambir Menggunakan Spektroskopi Inframerah dan Analisis Kemometrik” sangat penting untuk dilakukan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana metode spektroskopi inframerah dan analisis kemometrik mendeteksi adulterasi pada gambir?
2. Bagaimana model kemometrik klasifikasi dan kalibrasi pada adulterasi gambir?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah mendeteksi adulteran pada gambir menggunakan Spektroskopi Inframerah dan mengetahui model kemometrik klasifikasi dan kalibrasi pada adulterasi gambir.

## **1.4 Manfaat**

Hasil penelitian ini diharapkan diperoleh suatu model kemometrik klasifikasi dan kalibrasi terbaik yang dapat diaplikasikan, sehingga dapat membantu pihak-pihak tertentu yang ingin mengetahui gambir yang dikonsumsi atau dijual asli atau ada adulterasi. Penelitian ini dapat menjadi landasan dasar bagi pengembangan penelitian selanjutnya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.)

#### 2.1.1 Tanaman Gambir

Gambir adalah ekstrak termal dengan menggunakan presipitasi daun dan ranting tanaman gambir, yang kemudian dicetak dan dikeringkan. Proses pengekstraksian dan penempaan tradisional yang sangat sederhana menggunakan mesin press hidrolik. Bentuk cetakan pada umumnya berbentuk silinder, menyerupai gula merah. Warna gambir seperti coklat kemerahan (Palmarum Nainggolan, 2013).



**Gambar 2. 1** Tanaman Gambir

#### 2.1.2 Monografi

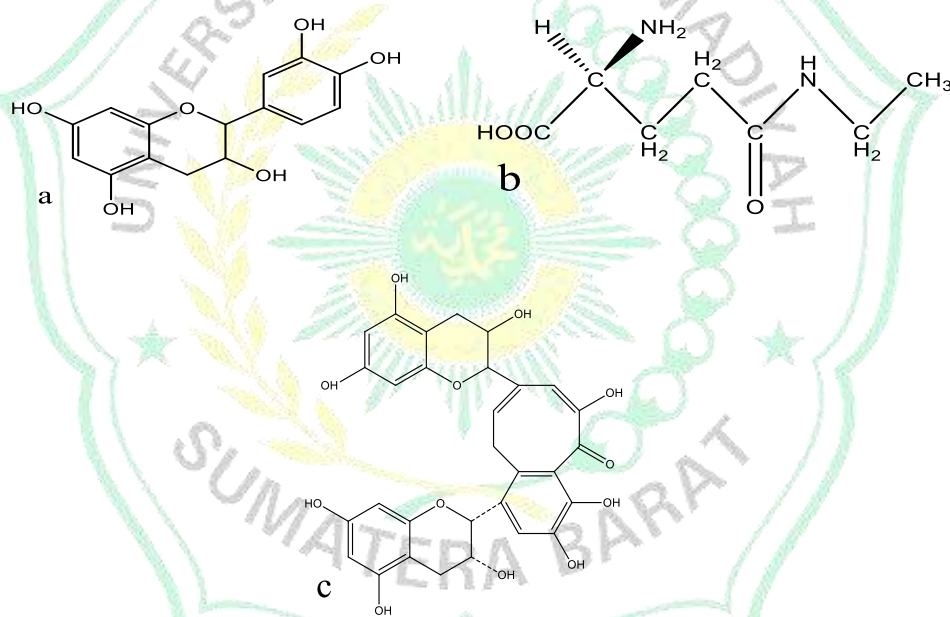
Klasifikasi taksonomi tanaman gambir adalah sebagai berikut :

Kerajaan : Plantae  
Division : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Gentianales  
Suku : Ribiaceae  
Marga : Uncaria  
Spesies : U. Gambir  
Nama Binomial : *Uncaria gambir* Roxb.

### 2.1.3 Kandungan Kimia

Ekstrak gambir mengandung berbagai komponen yaitu *catechin*, *catechin tannin*, *quercetin*, *red catechin*, gambir fluoresin, abu, lemak dan lilin. Kandungan utama gambir adalah katekin (7-33%) dan tanin (20-55%) katekin (Lukas et al., 2000). Jika katekin dipanaskan dalam waktu lama atau dimasak dengan larutan basa, kondensasinya sendiri berubah menjadi tanin katekin yang kandungannya mencapai  $\pm 24\%$  (Lukas et al., 2000).

Tanin pada daun gambir termasuk jenis *proanthocyanidin*. Daun gambir mengandung katekin yang sedikit larut dalam air dingin tetapi mudah larut dalam air panas. Tanin ini memiliki sifat algisida, antibakteri dan antijamur (Lukas et al., 2000).



Gambar 2. 2 Senyawa Katekin (a), Tanin (b), dan Polifenol (c)

### 2.1.4 Adulterasi

Adulterasi adalah praktik mengganti bahan mentah asli sebagian atau seluruhnya dengan zat lain yang tampak serupa tetapi yang terakhir bebas dari atau lebih rendah dalam sifat kimia dan terapeutik. Adulterasi biasanya merupakan varietas di bawah standar dari obat mentah atau obat inferior atau komoditas yang disiapkan secara artifisial. (Sreelekshmi et al., 2017)

#### **2.1.4.1 Adulterasi yang Disengaja**

Adulterasi yang disengaja terutama terdorong oleh pedagang yang enggan membayar harga premium dengan kualitas unggul dan cenderung hanya membeli produk yang lebih murah (Poornima, 2010).

#### **2.1.4.2 Adulterasi yang Tidak Disengaja**

Terjadi tanpa niat buruk dari produsen atau pemasok. Kadang-kadang dengan tidak adanya sarana evaluasi yang tepat, obat asli yang sebagian atau seluruhnya tanpa bahan aktif dapat masuk ke pasar (Poornima, 2010).

Adulterasi menyebabkan kualitas pada gambir berkurang, sehingga manfaat dan khasiat pada gambir pun juga berkurang. petani gambir menambahkan bahan tambahan seperti tepung, pupuk SP36, dan tanah dengan tujuan untuk meningkatkan bobot gambir. Alasan rendahnya harga gambir adalah produk gambir dicampur dengan bahan lain (Pupuk SP36) selama produksi untuk mendapatkan hasil yang tinggi dan meningkatkan berat pada gambir. Proses produksi yang masih tradisional dan tercampur dengan bahan lain membuat produk gambir tidak higienis. Produk yang tidak higienis menyebabkan harga murah. Pengepul juga menurunkan harga dan berat petani gambir karena terlalu banyak mencampurkan gambir dengan pupuk (Nasrul & Wardianto, 2020).

### **2.2 Spektroskopi Inframerah**

#### **2.2.1 Spektroskopi Inframerah**

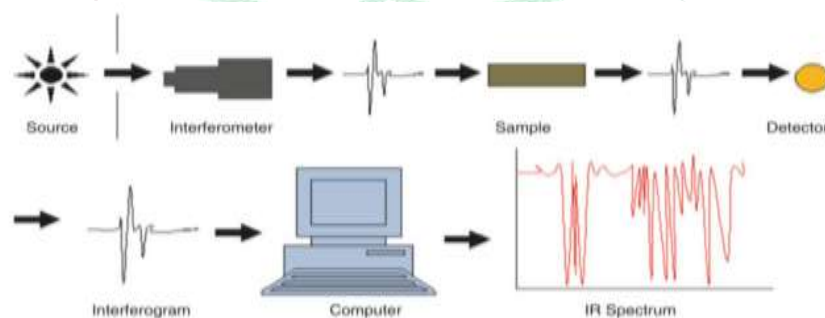
Spektroskopi Inframerah didefinisikan sebagai interaksi antara radiasi elektromagnetik di wilayah inframerah dengan sampel. Spektroskopi ini mengukur tingkat energi getaran dalam suatu senyawa. Setiap ikatan kimia memiliki tingkat energi vibrasi yang unik (Bunaciu et al., 2016).

Secara umum, spektroskopi inframerah digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam senyawa. Prinsip spektroskopi inframerah adalah ketika energi radiasi cocok dengan energi getaran molekul, radiasi yang melewati sampel diserap oleh molekul dalam sampel. Jumlah radiasi yang diserap digunakan untuk analisis (Alauhdin et al., 2021)

Radiasi elektromagnetik IR dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu NIR (Near Infra Red) dengan kisaran bilangan gelombang  $14.000\text{--}4.000\text{ cm}^{-1}$  (sesuai dengan panjang gelombang  $8000\text{--}2.500\text{ nm}$ ) MIR (Mid Infra Red) pada  $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$  ( $2.500\text{--}25.000\text{ nm}$ ), dan *Far IR* pada bilangan gelombang  $400\text{--}50\text{ cm}^{-1}$  ( $50\text{--}1.000\text{ }\mu\text{m}$ ). Spektro NIR dan MIR biasanya digunakan untuk identifikasi, analisis kualitatif dan kuantitatif obat-obatan herbal dan produk farmasi, dan menawarkan alternatif teknik *wet-chemical* (Lohumi et al., 2015).

Spektra inframerah berisi hubungan antara absorbansi atau persen transmisi dan bilangan gelombang, memberikan informasi tentang struktur molekul. Daerah bilangan gelombang  $4000\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$  menyediakan informasi gugus fungsi utama, sedangkan daerah  $1500\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$  disebut daerah sidik jari. Spektra pada daerah sidik jari dapat memberikan ciri yang unik karena setiap molekul menghasilkan spektrum sidik jari yang berbeda dengan molekul lainnya. Ini membuat spektroskopi inframerah sangat berguna dalam analisis kualitatif. Pada saat yang sama, intensitas atau ukuran puncak spektrum menunjukkan jumlah zat yang ada dalam sampel (Alauhdin et al., 2021).

Diagram skematik spektrometer inframerah ditunjukkan pada **Gambar 2.3** Radiasi dari sumber cahaya melewati celah dan memasuki *interferometer*. Selanjutnya, radiasi melewati sampel dan diteruskan ke detektor. Sinyal yang dibaca oleh detektor didigitalkan dan dikirim ke komputer yang mengalami proses transformasi fourier untuk menghasilkan spektrum inframerah. (Alauhdin et al., 2021).



**Gambar 2. 3** Skema Instrument Spektroskopi Inframerah (Alauhdin et al., 2021)

### **2.2.2 Keunggulan dan Kekurangan Spektroskopi Inframerah**

Spektroskopi Inframerah memiliki keunggulan dalam analisis identifikasi dan otentikasi, yaitu memiliki akuisisi yang cepat, analisis non destruktif berarti sampel yang di analisis menggunakan spektroskopi inframerah dapat di analisis menggunakan instrumen lainnya seperti kromatografi dan dapat di analisis dengan sampel cair, semi padat, dan padat (Mazivila & Olivieri, 2018). Spektroskopi inframerah juga memiliki kekurangan saat keadaan fisik sampel yang dievaluasi dan lingkungan pengujian dapat mempengaruhi spektrum IR yang membuat interpretasi spektrum menjadi lebih rumit. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah dikombinasikan dengan kemometrik. Spektroskopi inframerah dan kemometrik merupakan metode pelengkap dan diterapkan secara luas untuk autentikasi beberapa bidang yang tercakup dalam produk farmasi, yaitu obat-obatan, kosmetik, produk herbal, serta sektor pangan, termasuk lemak dan minyak, madu dan daging (Rohman et al., 2019).

### **2.2.3 Kemometrik**

Kemometrik adalah ilmu yang menggunakan matematika dan statistik untuk menghubungkan pengukuran proses atau sistem kimia. Kemometrik banyak berhubungan dengan data multivariat yang dihasilkan dengan mengukur banyak variabel dalam sampel yang sama. Kegunaan lain adalah untuk mengklasifikasikan berbagai minyak atau lemak nabati berdasarkan spektrum inframerahnya dan menggunakan data absorbansi pada rentang frekuensi yang luas sebagai variabel untuk mengklasifikasikannya.

Kombinasi antara FTIR dan kemometrik telah berhasil diterapkan dalam berbagai penelitian dalam bidang makanan, minuman, obat-obatan dan lainnya. Beragam metode kemometrik digunakan seperti *Principle Component Analysis (PCA)*, *hierarchical cluster analysis (HCA)*, *canonical variate analysis (CVA)*, *discriminant analysis (DA)*, *soft independent modelling by class analogy (SIMCA)*, *Artificial Neural Network (ANN)* dan *Partial Least Squares Regression (PLSR)*. (Christou et al., 2017)

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari hingga Juli 2023 yang bertempat di Laboratorium Biologi Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang dan Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang, Padang.

### **3.2 Bahan, Peralatan dan Instrumen**

#### **3.2.1 Bahan**

Bahan yang digunakan yaitu gambir, dan pupuk SP36

#### **3.2.2 Peralatan dan Instrumen**

Alat yang digunakan adalah lumpang, alu, aluminium foil, ayakan 100 mesh, cawan petri, spatel, tabung reaksi, Oven (Lab Companion), *Vortex Mixer* (CORNING LSE), Neraca Analitik (SHIMADZU Ekectronic Balance Type ATX224), *Furnace* (BIOBASE) FTIR (Perkin Elmer), *software Microsoft Excel* (Microsft), *Spectra FTIR*, dan *SIMCA V.14.1* (Umetrics)

### **3.3 Prosedur Kerja**

#### **3.3.1 Persiapan Sampel**

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah gambir yang berasal dari pesisir selatan dengan bentuk bongkahan. Sampel dihaluskan menggunakan lumpang lalu diayak dengan ayakan mesh 100. Setelah diayak, dilakukan pengujian kadar air dan kadar abu untuk memastikan kemurnian dari gambir tersebut.

#### **3.3.2 Persiapan Sampel Adulterasi**

Persiapan sampel adulterasi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *training set* dan *test set*. *Training set* terdiri dari sampel dengan persentase pemalsuan yang berbeda untuk menyiapkan campuran yang disengaja menggunakan SP36 mulai dari 0 hingga 50% (0, 1, 2, 5, 10, 15, 25 dan 50%) berjumlah 8 sampel, dilakukan tiga kali pengulangan dengan total sampel untuk *training set* berjumlah 24 sampel. Masing-masing 24 sampel di ambil sebanyak 50 mg lalu dihomogenkan sebagai sampel *Quality Control* (QC). Sedangkan untuk *test set* terdiri dari 4 sampel gambir campuran dengan konsentrasi 0,1,15, 50% dan 1 sampel pasaran kabupaten

limapuluh kota. Satu gram dari setiap campuran yang disiapkan digunakan untuk analisis FTIR dengan spektrum yang dihasilkan digunakan untuk analisis kemometrik (Elfiky et al., 2022).

### **3.3.3 Pengukuran Spektrum Menggunakan FTIR**

Pada pengukuran spektrum FTIR menggunakan *Attenuated Total Reflectance (ATR)*. *Attenuated Total Reflectance (ATR-FTIR)* adalah teknik cepat yang merupakan langkah awal yang berguna untuk mengkarakterisasi material. ATR didasarkan pada fenomena refleksi internal total, dan mengukur perubahan yang terjadi dalam sinar inframerah yang dipantulkan internal dalam interaksi dengan sampel melalui Zink Selenium (ZnSe) kristal atau berlian. Sampel ditempatkan langsung pada pelat sampling diatas jendela optik dengan kristal ZnSe, kemudian ditahan oleh sebuah penjepit kompresi *micrometer controlled* untuk memastikan kontak yang baik antara sampel dan kristal. Pengujian dilakukan sesuai dengan SOP alat Spektrofotometer IR Spektrum 100 *Perkin Elmer* Model : Frontier S/N: 96772 dalam rentang bilangan gelombang  $4000\text{ cm}^{-1}$  sampai  $600\text{ cm}^{-1}$  (Sulistiyani, 2018).

### **3.3.4 Pra Perlakuan Data**

Tahap praproses dilakukan sebagai tahap awal dan tahap penting dalam penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tranformasi data menggunakan normalisasi. Normalisasi adalah proses penskalaan nilai atribut dari data sehingga bisa terletak pada rentang tertentu (Nasution et al., 2019). Data spektral sampel gambir serta campuran yang dipalsukan menggunakan *Multiplicative Signal Correction (MSC)* untuk meningkatkan resolusi puncak yang tumpang tindih, dan menghilangkan kesalahan antar sampel selama pengukuran. Perangkat lunak SIMCA-P versi 14.1 (Umetrics AB, Umea, Swedia) digunakan untuk melakukan pra perlakuan spektra dan analisis data multivariate (Elfiky et al., 2022).

### 3.3.5 Pengolahan Data menggunakan Analisis Kemometrika

#### A. PCA

Analisis komponen utama atau *Principal Component Analysis* (PCA) adalah teknik analisis data yang digunakan untuk membuat model multivariat linear dari kumpulan data yang besar dan kompleks. Melalui vektor basis ortogonal, juga dikenal sebagai vektor eigen dan biasanya disebut sebagai komponen utama, model PCA multivariat linear dibuat. PCA adalah metode pengenalan pola tanpa pengawasan dan salah satu yang tertua dan paling banyak digunakan untuk mengurangi dimensi dataset sambil mempertahankan 'variabilitas' sebanyak mungkin. Ini mengarah pada penemuan variabel baru yaitu *Principal Component* (PC) yang merupakan fungsi linear dari yang ada di dataset asli dan karenanya memaksimalkan varian di antara sampel. Penggunaan utama PCA bersifat deskriptif dari pada inferensial. Meskipun distribusi normal multivariat dari dataset biasanya diasumsikan untuk tujuan inferensial. PCA merupakan metode eksplorasi adaptif yang dapat diterapkan pada data numerik jenis apa pun karena tidak memerlukan asumsi distribusi (Elfiky et al., 2022).

Spektra absorbansi FTIR dari seluruh dataset diserahkan ke PCA untuk mendeteksi outlier, mengamati pola yang mungkin dan menentukan variabilitas dan distribusi sampel yang berkorelasi dengan keragaman kimia dalam sampel yang sedang diselidiki (Elfiky et al., 2022).

#### B. Pemodelan Klasifikasi SIMCA

*Soft Independent Modelling By Class Analogy* (SIMCA) dirancang untuk klasifikasi gambir serta adulterannya berdasarkan kesamaan sampel dari pengelompokan atau kategori yang telah ditentukan. Model SIMCA terpisah dilakukan, dan parameter untuk sampel set uji dievaluasi untuk kebaikan kecocokan ( $R^2$ ) dan prediksi ( $Q^2$ ), jumlah komponen yang sesuai dihitung sesuai dengan  $Q^2$ . Hasil klasifikasi dapat dievaluasi dengan plot Coomans untuk menilai pemisahan kelas yang baik (Elfiky et al., 2022).

#### C. Diskriminasi Gambir Asli Dari Adulterant Menggunakan OPLS-DA

*Orthogonal Partial Least Square Discriminant* (OPLS-DA) digunakan untuk mengidentifikasi pemalsuan dan membedakan sampel gambir asli dari



adulteran dalam pemalsuan campuran. Ketika PCA gagal mengungkapkan grup pemisahan, OPLS-DA sering digunakan sebagai teknik alternatif. OPLS-DA dapat dengan mudah menghasilkan secara statistik pemisahan kelompok tidak dapat diandalkan tanpa adanya validasi menyeluruh (Elfiky et al., 2022).

OPLS-DA didirikan untuk membedakan sampel gambir dari adulterannya, diikuti dengan pembedaan sampel gambir dari campuran yang sengaja dipalsukan. Jumlah optimal variabel laten dihitung berdasarkan  $R^2$  sampel kalibrasi dan uji, bersama dengan RMSEC, RMSECV sampel uji (Elfiky et al., 2022).

#### D. Prediksi Model Untuk Adulterasi Menggunakan PLS-R

Tujuannya *Partial least-squares regression* (PLS-R) adalah untuk memperkirakan koefisien regresi dalam model linier dengan sejumlah besar variabel  $x$  yang berkorelasi tinggi. Skor diperoleh pada langkah pertama PCR dengan menerapkan analisis komponen utama untuk mengekstrak informasi utama yang tersedia dalam variabel  $x$  tanpa menggunakan informasi apa pun dari variabel  $y$ . Skor PLS-R sebagai alternatif, dihitung dengan memaksimalkan kriteria kovarians antara variabel  $x$  dan  $y$ . Perangkat lunak SIMCA 14.1 (Umetrics AB, Umea, Swedia) digunakan dipenelitian ini untuk memodelkan konten adulteran dan memprediksi keberadaannya dikombinasi. Model PLS-R diimplementasikan untuk pemalsuan umum secara terpisah menggunakan PLS-R di mana matriks- $X$  berada terdiri dari nilai absorbansi FTIR, sedangkan matriks- $Y$  terdiri dari persentase pemalsuan. Dalam hal  $R^2$ , model dinilai, sedangkan RMSECV, RMSEC, untuk kalibrasi (Elfiky et al., 2022).

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

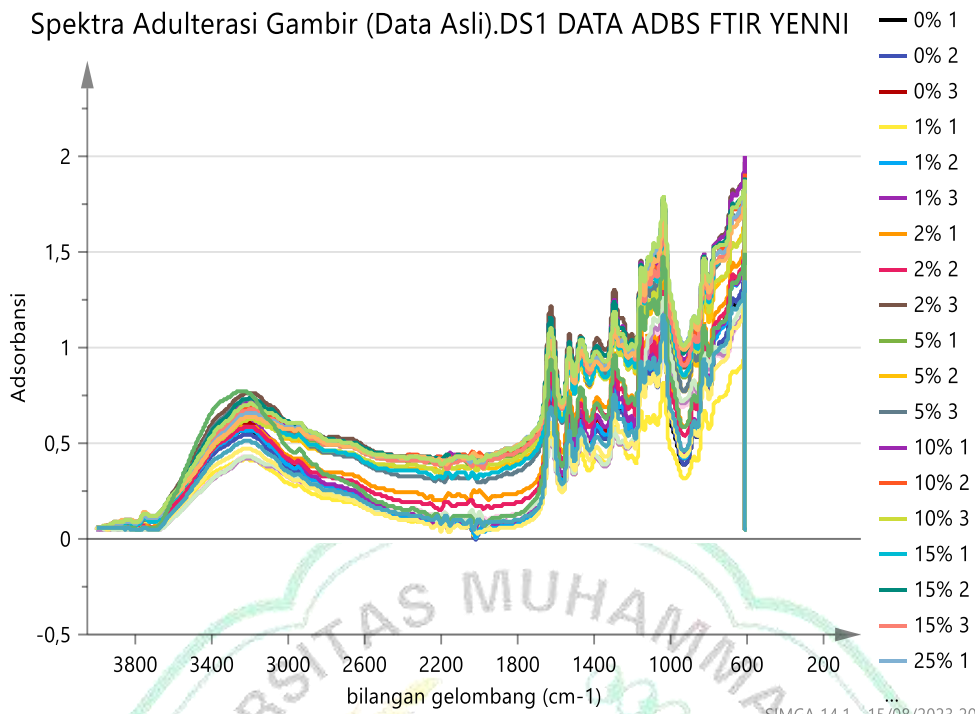
Penelitian ini menggunakan sampel gambir murni yang berasal dari Pesisir Selatan. Sampel dengan total 32 sampel terdiri dari 24 sampel *training set*, 5 sampel *test set* dan 3 sampel QC. Sampel disiapkan dengan cara dikeringkan lalu dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Hasil dari pengujian kadar air dan kadar abu yaitu 13,90% dan 3,83%, sudah memenuhi SNI mutu 1 yang sudah dianggap murni tanpa ada campuran. Setelah itu dilakukan pembagian sampel *training set*, *test set* dan, QC. Sampel diujikan menggunakan FTIR dan didapatkan hasil berupa spektrum inframerah dan data matriks adsorbansi. Spektrum inframerah diolah dengan perangkat lunak *Spectrum FTIR* dan *Excel*.

Matriks data yang dihasilkan dari pengukuran spektrum inframerah dengan bilangan gelombang  $4000\text{ cm}^{-1}$  sampai  $600\text{ cm}^{-1}$  yang terdiri dari 32 sampel terbentuk berbagai titik yang menjadi variabel x. Tampilan data *xlsx* yang diimpor pada perangkat lunak SIMCA 14.1 ditunjukkan pada Lampiran 5.

### 4.1 Pra Perlakuan Data

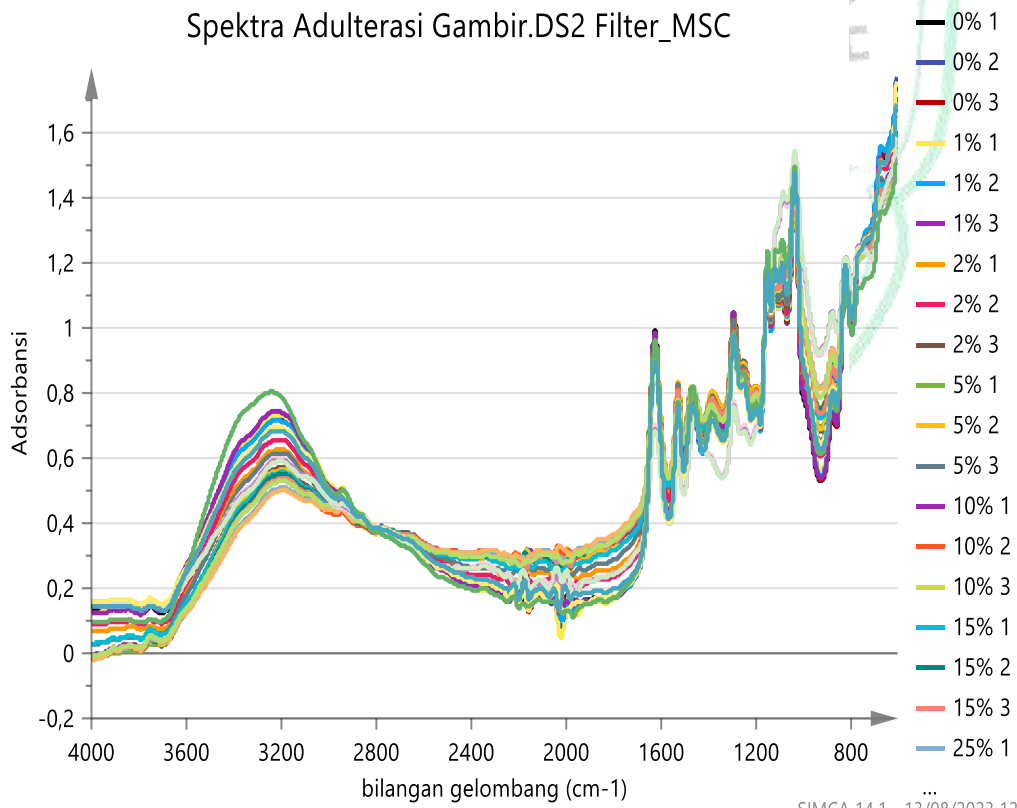
Sebelum data diolah menggunakan SIMCA 14.1, dilakukan terlebih dahulu normalisasi data. Normalisasi data merupakan sebuah tahap awal yang harus dilakukan pada pengolahan data. *Min-Max normalization* merupakan metode normalisasi dengan melakukan transformasi linier terhadap data asli sehingga menghasilkan keseimbangan nilai perbandingan antar data saat sebelum dan sesudah proses (Nasution et al., 2019). Data spektrum sering dikoreksi terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis data. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan variasi sistematis yang tidak diinginkan dalam data seperti pergeseran garis atau adanya puncak yang tumpang tindih.

Spektra Adulterasi Gambir (Data Asli).DS1 DATA ADBS FTIR YENNI



Gambar 4. 1 Spektra Data Asli

Spektra Adulterasi Gambir.DS2 Filter\_MSC

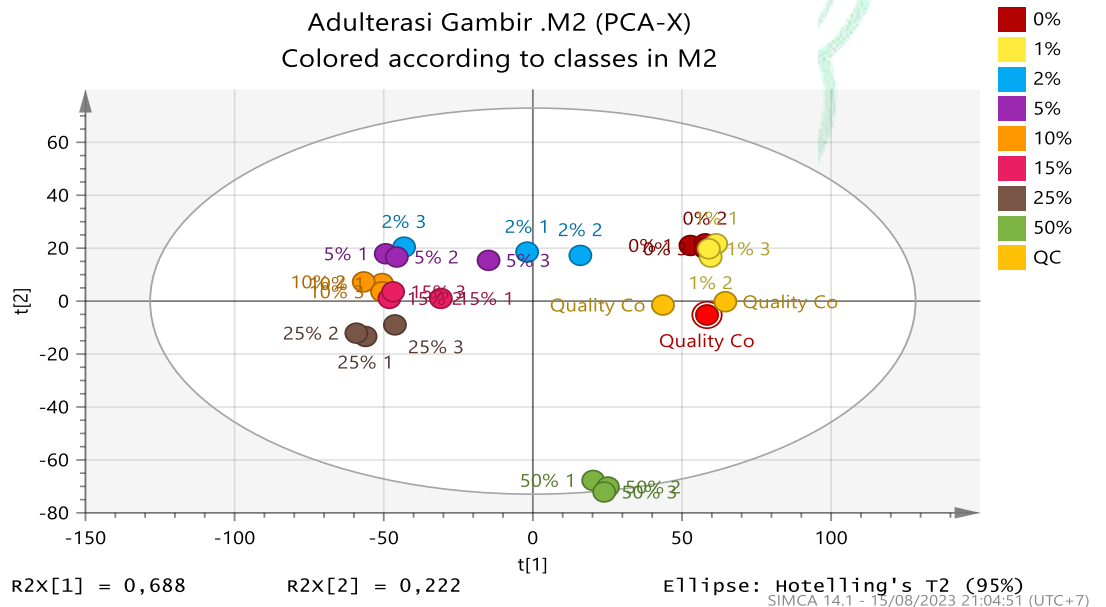


Gambar 4. 2 Spektra Setelah Penyaringan MSC

Tujuan dari filter MSC adalah untuk memfasilitasi penghapusan artefak spektral dan interferensi yang tidak berkorelasi dengan konsentrasi analit target, yaitu untuk memungkinkan pemisahan efek hamburan cahaya fisik dari efek absorpsi cahaya kimia dan vibrasi dalam spektrum (Eriksson et al., n.d.). pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2** terlihat perbedaan spektra sebelum disaring dengan setelah disaring MSC. Pada spektra yang telah disaring terlihat *baseline* relatif sama. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal spektra sudah dikoreksi dengan baik.

#### 4.2 PCA

Data yang didapat dari penyaringan MSC diolah lebih lanjut dengan pemodelan *Principal Component Analysis* (PCA). PCA digunakan untuk mereduksi data dan mengekstrak informasi untuk menemukan kombinasi variabel atau faktor yang dapat menjelaskan kecenderungan mayor dalam suatu set data (Gad et al., 2013). *Scatter plot* dari  $t_1$  dan  $t_2$  adalah sebuah jendela dalam ruang X, yang menampilkan bagaimana observasi X terletak satu sama lain.  $t_1$  menjelaskan lebih banyak variasi dari pada  $t_2$ . Plot ini menunjukkan kemungkinan adanya outlier, kelompok, kesamaan, dan pola lain dalam data. Plot skor disebut juga sebagai peta pengamatan.



**Gambar 4.3** Plot Skor PCA Adulterasi Gambir

Ket:

0% = Adulterasi Gambir 0%

1% = Adulterasi Gambir 1%  
2% = Adulterasi Gambir 2%  
5% = Adulterasi Gambir 5%  
10% = Adulterasi Gambir 10%  
15% = Adulterasi Gambir 15%  
25% = Adulterasi Gambir 25%  
50% = Adulterasi Gambir 50%  
QC = *Quality Control*

*Quality Control* (QC) digunakan untuk melihat ketelitian pada saat pengerjaan atau preparasi sampel. Hasil analisis PCA yang dihasilkan dari **Gambar 4.3** menunjukkan sampel QC sudah mengelompok, namun tidak berada di tengah *ellips*. Hal ini kemungkinan disebabkan saat penimbangan sampel QC yang kurang tepat, sehingga plot QC tidak berada di tengah *ellips*. Selain itu, **Gambar 4.3** menunjukkan antar sampel mengelompok dengan baik. Namun pada sampel 2%-3 berdekatan dengan sampel kelas 5% yang menandakan komponen pada sampel memiliki kandungan yang tidak jauh berbeda. Plot skor PCA menunjukkan total keragaman data dari kedua PC sebesar 90% yang berarti bahwa dua komponen dapat menjelaskan 90% dari semua informasi. Hal ini menunjukkan bahwa sebanyak 90% keragaman data dapat dijelaskan oleh variabel nilai absorban dari adulterasi gambir. Nilai kedua PC tersebut memperlihatkan visualisasi dua dimensi yang baik karena jumlah keragaman dari PC lebih besar dari 70% (Merisa Sugiarti, 2020).

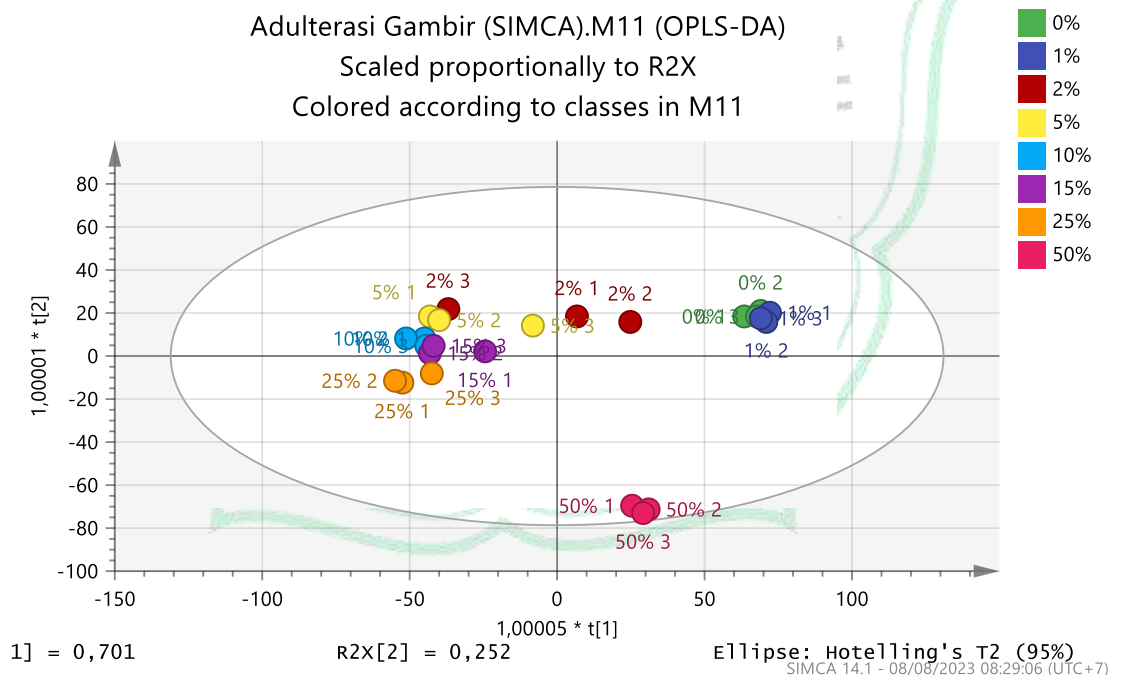
#### **4.3 Pemodelan Klasifikasi SIMCA**

*Soft Independent Modelling By Class Analogy* (SIMCA) merupakan teknik yang paling umum digunakan untuk mengklasifikasi sampel. SIMCA melakukan analisis komponen utama yang terpisah pada setiap kelas dalam kumpulan data, mempertahankan jumlah komponen utama yang cukup untuk memperhitungkan sebagian besar variasi dalam setiap kelas. Jumlah komponen utama yang dipertahankan untuk setiap kelas biasanya ditentukan langsung dari data menggunakan metode yang dikenal sebagai validasi silang dan seringkali berbeda untuk setiap model kelas (Mahgoub et al., 2020).

Pemisahan kelas dalam set prediksi, dibangun dan dikonfirmasi menggunakan Plot Cooman yang merupakan alat yang digunakan untuk menjelaskan hasil klasifikasi yang diperoleh menggunakan pendekatan SIMCA untuk membedakan antara kelas di mana DCrit limit yang diterapkan pada Plot Cooman untuk menyesuaikan interval kepercayaan (diwakili oleh garis merah putus-putus yang disesuaikan dengan Elips Hotelling dengan kepercayaan 95%).

#### 4.4 Diskrimiasi Gambir Asli Dari Adulterant Menggunakan OPLS-DA

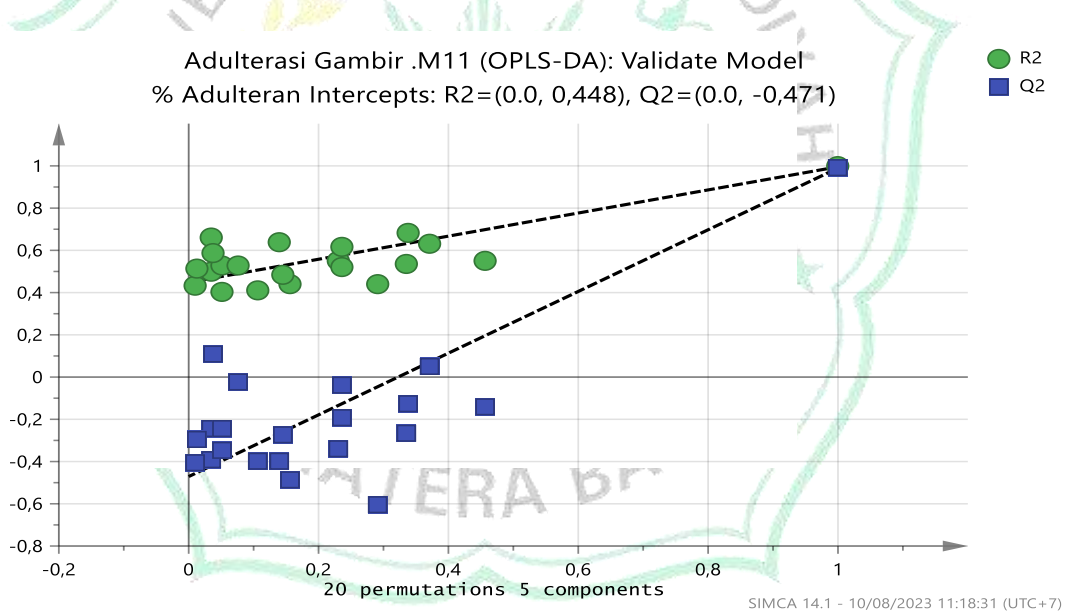
OPLS-DA adalah metode diskriminan dan klasifikasi berdasarkan regresi OPLS yang memisahkan semua variasi sistematis dalam matrik menjadi matrik terikat. Model OPLS-DA digunakan untuk membedakan gambir dengan campuran pemalsuan yang sengaja dicampur dengan variasi konsentrasi yaitu 0, 1, 2, 5, 10, 15, 25 dan 50%.



**Gambar 4. 4** Skor Plot OPLS-DA Adulterasi Gambir

Hasil pemodelan OPLS-DA pada **Gambar 4.4** menunjukkan pemisahan antara gambir asli dengan adulteran gambir yang ditandai dengan plot 0% memisah dari plot adulteran gambir lainnya. Namun, pada plot 0% juga terdapat plot 1% yang memiliki kandungan yang hampir sama. Pada

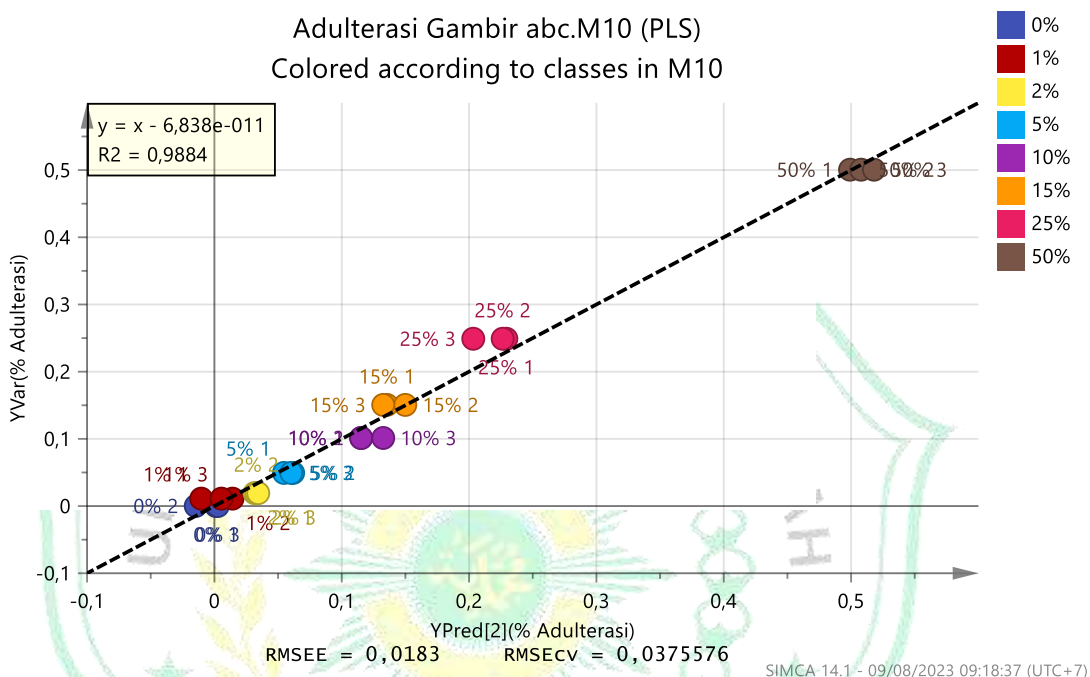
plot 1% mengandung 99% gambar. Model OPLS-DA yang dikembangkan menampilkan diskriminasi yang jelas antara adulterasi gambir pada elips Hotelling yang disesuaikan pada tingkat kepercayaan 95%. Untuk membuktikan keandalan model dilakukan uji permutasi. Plot permutasi pada **Gambar 4.5** digunakan untuk mengevaluasi model OPLS-DA yang dibuat dan memastikan bahwa ada tidak ada *overfitting* data dan nilai intersep garis regresi  $R^2$  dan  $Q^2$  berada dalam batas yang dapat diterima. Dalam analisis ini, tes permutasi acak dengan 20 permutasi yang dibangun.  $R^2Y$ (kumulatif) yang menjelaskan variasi model dan  $Q$ (kumulatif) yang mewakili kemampuan prediksi model. Nilai yang diperoleh pada intersep dicatat sebagai intersep  $R^2Y$ , yang merepresentasikan tingkat over-fit dan intersep  $Q^2Y$ , yang mengindikasikan model prediksi berlebih. Plot permutasi menunjukkan korelasi antara variabel  $Y$  awal dan permutasi pada sumbu x dalam kaitannya dengan  $R^2Y$ (kumulatif) dan  $Q^2$ (kumulatif) pada sumbu y.



**Gambar 4.5** Evaluasi pemodelan OPLS-DA menggunakan Plot Permutasi

#### 4.5 Prediksi Model Untuk Adulterasi Menggunakan PLS-R

Kebaikan model menggunakan PLS ini dapat ditinjau dari parameter seperti nilai R-square ( $R^2$ ). Nilai  $R^2$  menunjukkan linearitas dan korelasi antar variabel prediktor terhadap variabel respon. Model PLS dikategorikan sebagai model yang baik apabila nilai parameter  $R^2$  yang mendekati 1 dengan nilai RMSEC dan RMSECV makin mendekati 0.



**Gambar 4. 6** Hubungan antara nilai *Observed* dan *Predict*

Pada **Gambar 4.6** Menunjukkan bahwa pemodelan PLS-R sudah linear. Model PLS-R yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang sangat bagus. Dimana nilai  $R^2$  sebesar 0,9884 yang sudah mendekati 1. nilai RMSEC dan RMSECV adalah nilai kesalahan dalam model. Semakin kecil nilai RMSEC dan RMSECV, maka semakin baik model tersebut (Rasyida et al., 2014). Nilai RMSEC dan RMSECV yang dihasilkan masing-masing adalah 0,0183 dan 0,0375. Limit Deteksi (LOD) adalah konsentrasi atau jumlah terkecil/terendah dari analit dalam sampel yang dapat terdeteksi, tetapi tidak perlu terkuantisasi sehingga nilai yang dihasilkan tidak harus memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Nilai batas keberterimaan untuk akurasi kurang dari 5%. Sedangkan Limit Kuantisasi (LOQ) adalah konsentrasi atau jumlah terendah dari analit yang masih dapat ditentukan



dan memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Nilai LOD dan LOQ yang dihasilkan adalah 1,16% dan 3,50%. Hal ini sudah memberikan respon data hasil dengan nilai akurasi dan presisi yang dapat diterima, sehingga model PLS-R yang dibangun sudah menunjukkan nilai korelasi yang tinggi dan dapat digunakan untuk prediksi adulterasi pada gambir. Dilakukan pengujian kadar adulteran pada sampel gambir pasaran atau *test set 5*. Hasil dari penerapan model PLS-R pada sampel gambir pasaran yaitu terdapat 30% (Lampiran 9) campuran pada sampel gambir pasaran tersebut.



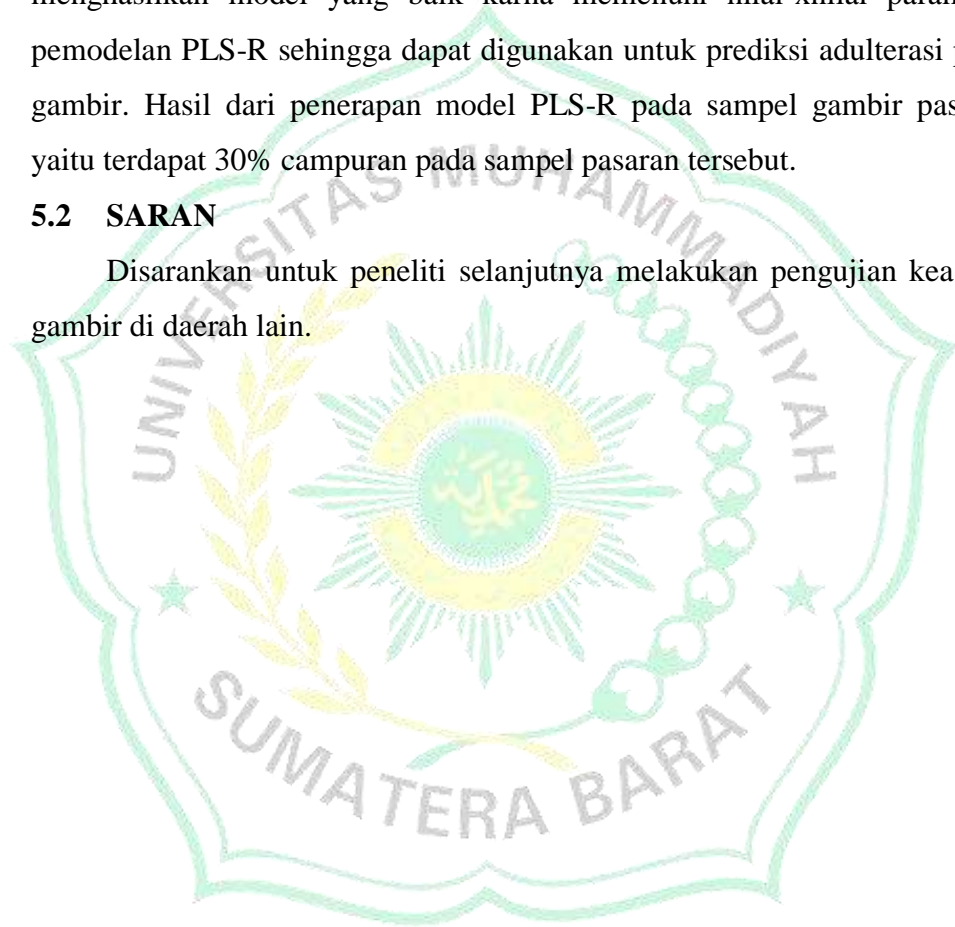
## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemodelan SIMCA pada adsorban FTIR menghasilkan model yang dapat membedakan antara sampel tunggal dengan sampel yang diberikan pemalsu. Model OPLS-DA dievaluasi menggunakan plot permutasi dengan hasil tidak adanya data yang *overfitting*. Pembuatan model prediksi dengan PLS-R menghasilkan model yang baik karna memenuhi nilai-xnilai parameter pemodelan PLS-R sehingga dapat digunakan untuk prediksi adulterasi pada gambir. Hasil dari penerapan model PLS-R pada sampel gambir pasaran yaitu terdapat 30% campuran pada sampel pasaran tersebut.

### 5.2 SARAN

Disarankan untuk peneliti selanjutnya melakukan pengujian keaslian gambir di daerah lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alauhdin, M., Eden, W. T., & Alighiri, D. (2021). *Aplikasi Spektroskopi Inframerah Untuk Analisis Tanaman Dan Obat Herbal*. <https://doi.org/10.15294/v0i0.15>
- Andriansyah, I., Riset, J. K., Bhakti, U., Bandung, K., & Barat, B. J. (2021). *Analisis Adulteran Pada Kopi Luwak Dengan Metode Fourier Transform Infrared (FTIR) Ivan Andriansyah 1\* , Hilman Nur Mukhlis Wijaya 1 , Purwaniati I. 6(1), 26–38.*
- Anwar Kasim\*, Alfi Asben, S. M. (2015). *The Study Of Gambir Quality And Its Relationship With. 1995, 55–64.*
- Bunaciu, A. A., Aboul-Enein, H. Y., & Hoang, V. D. (2016). Vibrational spectroscopy used in milk products analysis: A review. *Food Chemistry, 196, 877–884.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.016>
- Christou, C., Agapiou, A., & Kokkinofta, R. (2017). Use of FTIR spectroscopy and chemometrics for the classification of carobs origin. *Journal of Advanced Research.* <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.12.001>
- Dhalimi, A. (2006). *Permasalahan Gambir (Uncaria gambir L.) di Sumatera Barat dan Alternatif Pemecahannya. 5, 46–59.*
- Elfiky, A. M., Shawky, E., Khattab, A. R., & Ibrahim, R. S. (2022). Integration of NIR spectroscopy and chemometrics for authentication and quantitation of adulteration in sweet marjoram ( *Origanum majorana L.* ). *Microchemical Journal, 183*(September), 108125. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.108125>
- Eriksson, L., Byrne, T., & Johansson, E. (n.d.). *Multi- and Megavariate Data Analysis Basic Principles and Applications (all).*
- Gad, H. A., El-Ahmady, S. H., Abou-Shoer, M. I., & Al-Azizi, M. M. (2013). Application of chemometrics in authentication of herbal medicines: A review. *Phytochemical Analysis, 24*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/pca.2378>
- Ghidini, S., Olga, M., Dall, C., Badiani, A., & Ianieri, A. (2019). Rapid authentication of European sea bass ( *Dicentrarchus labrax L.* ) according to production method , farming system , and geographical origin by near infrared spectroscopy coupled with chemometrics. *Food Chemistry, 280*(December 2018), 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.075>
- Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., & Cho, B. K. (2015). A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science and Technology, 46*(1), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.003>

- Lukas, A., Ngudiwaluyo, S., & Mulyono, H. (2000). *Inovasi Teknologi Pengolahan Gambir Dan Kajian SNI 01-3391-2000*.
- Mahgoub, Y. A., Shawky, E., Darwish, F. A., Sebakhy, N. A. El, & El-hawiet, A. M. (2020). Near-infrared spectroscopy combined with chemometrics for quality control of German chamomile ( *Matricaria recutita L.* ) and detection of its adulteration by related toxic plants. *Microchemical Journal*, 158(June), 105153. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105153>
- Mazivila, S. J., & Olivieri, A. C. (2018). Chemometrics coupled to vibrational spectroscopy and spectroscopic imaging for the analysis of solid-phase pharmaceutical products: A brief review on non-destructive analytical methods. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 108, 74–87. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.013>
- Merisa Sugiarti, R. (2020). *Klasifikasi Ekstrak Daun Tempuyung (Sonchus Arvensis) Berdasarkan Pelarut Pengekstraksi Menggunakan Kemometrik*.
- Nasrul, W., & Wardianto, D. (2020). *PKM Produksi dan Pemasaran Gambir (Uncaria gambir Roxb )*. 4(2), 187–191.
- Nasution, D. A., Khotimah, H. H., & Chamidah, N. (2019). *Perbandingan Normalisasi Data Untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN*. 4(1), 78–82.
- Palmarum Nainggolan. (2013). Teknologi Perbenihan Tanaman Gambir (*Uncaria gambir Roxb*). *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara*, 1–26.
- Poornima, B. (2010). *Available online through Adultration And Substitution In Herbal Drugs*. 1(1), 8–12.
- Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Safitri, U. D., Nurcholis, W., & Adzkiya, M. A. Z. (2014). Identifikasi Dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik (Identification and Authentication of Jahe Merah Using Combination of FTIR Spectroscopy and Chemometrics). *Jurnal Agritech*, 34(01), 82–87. <http://dx.doi.org/10.22146/agritech.9526>
- Rasyida, K., Kuswandi, B., & Kristiningrum, N. (2014). *Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Fourier Transform Infrared ( FTIR ) dan Kemometrik ( Detection of Zamzam Water Purity Using Fourier Transform Infrared ( FTIR ) Spectroscopy Technique and Chemometrics )*. 2(2), 320–326.
- Rohman, A., Windarsih, A., Hossain, M. A. M., Johan, M. R., Ali, E., & Ahmad, N. (2019). *Application of near- and mid-infrared spectroscopy combined with chemometrics for discrimination and authentication of herbal products : A review*. 9(03), 137–147. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90319>
- Rumoroy, J. D., Sudewi, S., & Siampa, J. P. (2019). Analisis Total Fenolik Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot L.*) Dengan Menggunakan Spektroskopi

FTIR Dan Kemometrik. *Pharmacon*, 8(3), 758.  
<https://doi.org/10.35799/pha.8.2019.29402>

Sreelekshmi, M., Ks, V., & Paul, R. P. (2017). *Drug adulteration : A threat to efficacy of ayurveda medicine*. 5(4), 1–6.

Sulistiyani, M. (2018). *Spektroskopi Fourier Transform Infra Red Dengan Metode Reflektansi ( ATR-FTIR ) Pada Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Vitamin C*. 1(2), 39–43.

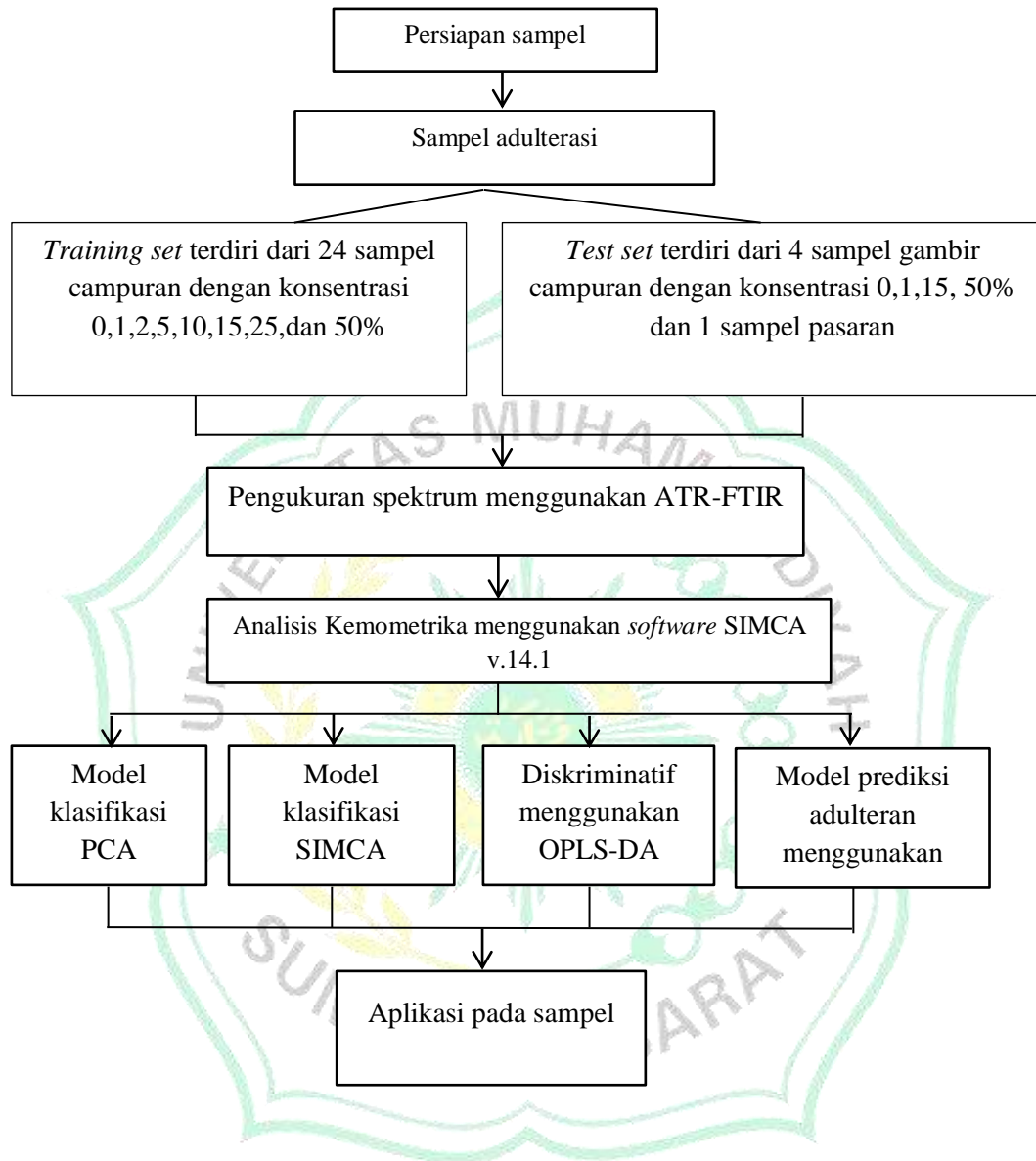
Wilde, A. S., Haughey, S. A., Galvin-king, P., & Elliott, C. T. (2019). The feasibility of applying NIR and FT-IR fingerprinting to detect adulteration in black pepper. *Food Control*, 100(November 2018), 1–7.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.12.039>

Wulandari, L., Retnaningtyas, Y., Nuri, & Lukman, H. (2016). Analysis of Flavonoid in Medicinal Plant Extract Using Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2016.  
<https://doi.org/10.1155/2016/4696803>



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Bagan Alir Penelitian



## Lampiran 2 Sampel Penelitian

### *Training Set*

konsentrasi	Gambir	SP36	Kategori
0	1000 mg	0 mg	Murni
1	990 mg	10 mg	Campuran
2	980 mg	20 mg	Campuran
5	950 mg	50 mg	Campuran
10	900 mg	100 mg	Campuran
15	850 mg	150 mg	Campuran
25	750 mg	250 mg	Campuran
50	500 mg	500 mg	Campuran

### *Test Set*

Konsentrasi	Gambir	SP36	Kategori
0	1000 mg	0 mg	Murni
1	990 mg	10 mg	Campuran
15	850 mg	150 mg	Campuran
50	500 mg	500 mg	Campuran
MP	1000 mg	0 mg	Gambir Pasaran

Ket:

MP: Daerah sampel yang digunakan.

### Lampiran 3 Parameter Spesifik

#### Lampiran 3 a. Perhitungan Kadar Air

Diketahui:

Berat wadah kosong: 75,4885g

Berat sampel: 1,0001g

Berat wadah + sampel setelah oven: 76,3495g

Selisih antara wadah kosong dengan wadah + sampel setelah oven:

$$76,3495g - 75,4885g = 0,8610g$$

$$\text{Kadar air: } \frac{1,0001g - 0,8610g}{1,0001g} = 13,90\% \text{ [SNI: Mutu 1 (14\%)]}$$

#### Lampiran 3 b. Perhitungan Kadar Abu

$$\text{Rumus kadar abu} = \frac{w1 - w2}{w} \times 100\%$$

w: bobot sampel sebelum diabukan (g)

w1: bobot contoh + cawan sesudah diabukan (g)

w2: bobot cawan kosong (g)

Diketahui:

Berat sampel: 1g (w)

Berat wadah + abu: 47,09969g (w1)

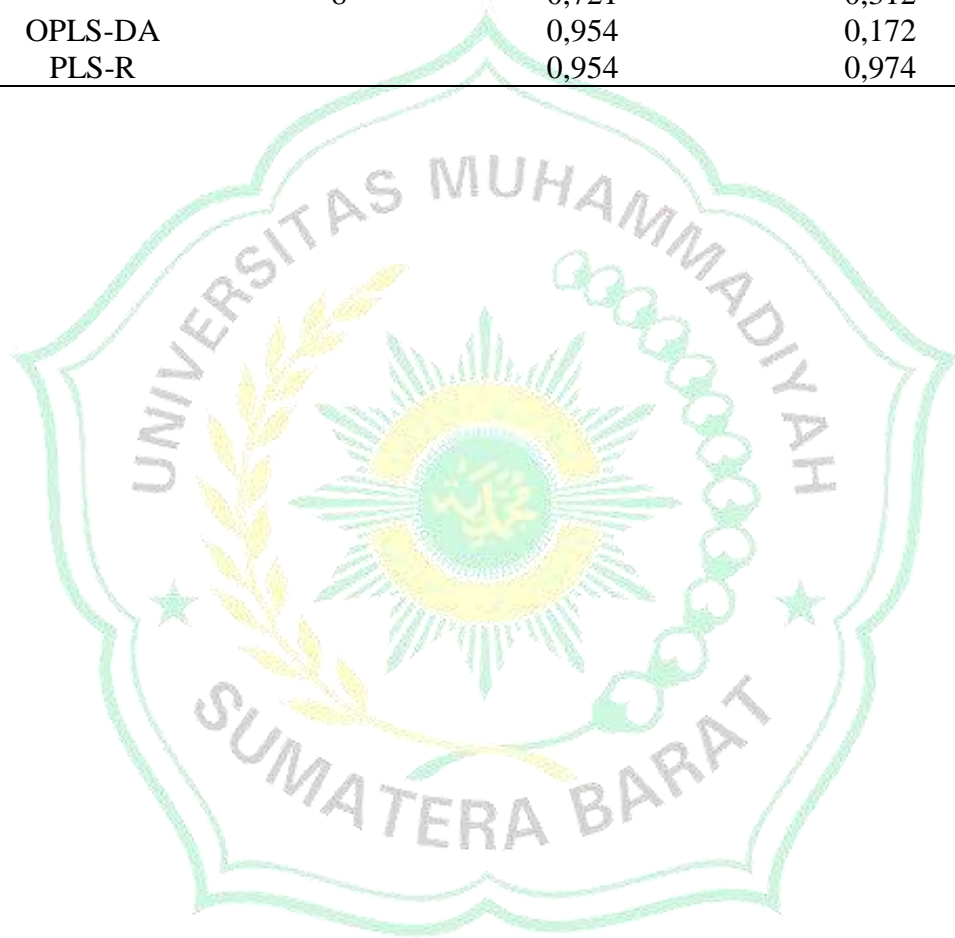
Berat wadah kosong: 47,0613g (w2)

$$\text{Kadar abu} = \frac{47,09969g - 47,0613g}{1g} \times 100\% = 3,83\% \text{ [SNI: Mutu 1 (5\%)]}$$



#### Lampiran 4 Parameter Pemodelan Analisis Kemometrik

Model	Kelas	R <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
PCA		0,995	0,989
SIMCA	1	0,707	0,179
	2	0,622	-0,1
	3	0,945	0,899
	4	0,887	0,818
	5	0,588	-0,1
	6	0,797	0,696
	7	0,798	0,596
	8	0,721	0,312
OPLS-DA		0,954	0,172
PLS-R		0,954	0,974



**Lampiran 5** Data Matriks Adsorbansi FTIR Adulterasi Gambir (Data Asli)

<i>Primary ID</i>	<i>Secondary ID</i>	<i>Class</i>	4000	3999	3998	...	600
0% 1	1-1	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,2431
0% 2	1-2	<i>Training Set</i>	0	0	0,0001		0,2476
0% 3	1-3	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,2636
1% 1	2-1	<i>Training Set</i>	0	0	0,0001		0,1682
1% 2	2-2	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,2607
1% 3	2-3	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,2629
2% 1	3-1	<i>Training Set</i>	0	0	0,0001		0,2723
2% 2	3-2	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,2657
2% 3	3-3	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0001		0,3435
5% 1	4-1	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0001		0,3198
5% 2	4-2	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0002		0,2914
5% 3	4-3	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,3236
10% 1	5-1	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0001		0,3481
10% 2	5-2	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0002		0,3322
10% 3	5-3	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0002		0,2866
15% 1	6-1	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0001		0,3233
15% 2	6-2	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0002		0,3285
15% 3	6-3	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0002		0,3184
25% 1	7-1	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,3179
25% 2	7-2	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0001		0,3135
25% 3	7-3	<i>Training Set</i>	0	0,0001	0,0002		0,3271
50% 1	8-1	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,211
50% 2	8-2	<i>Training Set</i>	0	0	0		0,2113
50% 3	8-3	<i>Training Set</i>	0	0	0,0001		0,2228
<i>Test Set 1</i>	Test Set 1	<i>Test Set</i>	0	0	0		600
<i>Test Set 2</i>	Test Set 2	<i>Test Set</i>	0	0	0		0,2618
<i>Test Set 3</i>	Test Set 3	<i>Test Set</i>	0	0	0		0,2657
<i>Test Set 4</i>	Test Set 4	<i>Test Set</i>	0	0	0		0,2454
<i>Test Set 5</i>	Test Set 5	<i>Test Set</i>	0	0	0		0,2173
<i>Quality Control 1</i>	QC-1	QC	0	0	0		0,2563
<i>Quality Control 2</i>	QC-2	QC	0	0	0,0001		0,2225
<i>Quality Control 3</i>	QC-3	QC	0	0	0,0001		0,2584

**Lampiran 6** Data Matriks Adsorbansi FTIR Adulterasi Gambir.(Data Normalisasi)

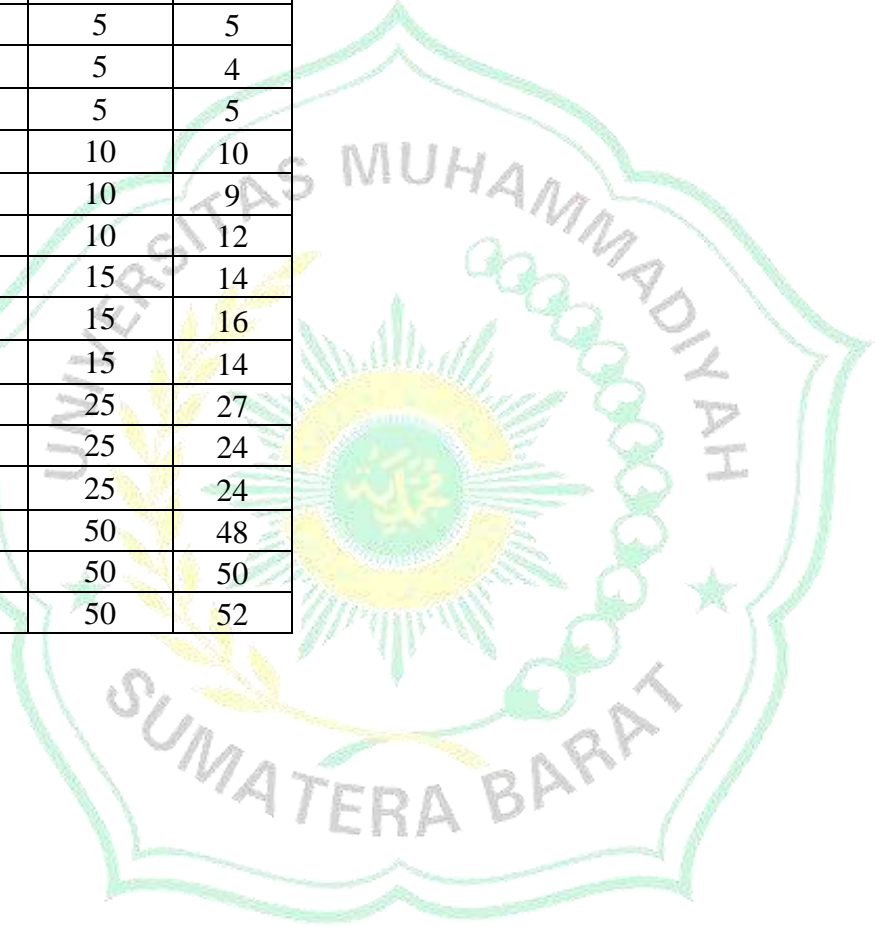
<i>Primery ID</i>	<i>Secondary ID</i>	<i>Class</i>	4000	3999	...	600
0% 1	1-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,053177
0% 2	1-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,052617
0% 3	1-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,052617
1% 1	2-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,051497
1% 2	2-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,051497
1% 3	2-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,053177
2% 1	3-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,052617
2% 2	3-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,054296
2% 3	3-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,053736
5% 1	4-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,054856
5% 2	4-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,052057
5% 3	4-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,053736
10% 1	5-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,055416
10% 2	5-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,054856
10% 3	5-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,054296
15% 1	6-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,054296
15% 2	6-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,054296
15% 3	6-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,052057
25% 1	7-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,053736
25% 2	7-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,054856
25% 3	7-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,052057		0,052057
50% 1	8-1	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,052057
50% 2	8-2	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,052617
50% 3	8-3	<i>Training Set</i>	0,051497	0,051497		0,052057
<i>Test Set 1</i>	TS-1	<i>Test Set</i>	0,051497	0,051497		0,050938
<i>Test Set 2</i>	TS-2	<i>Test Set</i>	0,051497	0,051497		0,051497
<i>Test Set 3</i>	TS-3	<i>Test Set</i>	0,051497	0,051497		0,052057
<i>Test Set 4</i>	TS-4	<i>Test Set</i>	0,051497	0,051497		0,050938
<i>Test Set 5</i>	TS-5	<i>Test Set</i>	0,051497	0,051497		0,052057
<i>Quality Control 1</i>	QC-1	QC	0,051497	0,051497		0,053177
<i>Quality Control 2</i>	QC-2	QC	0,051497	0,051497		0,053177
<i>Quality Control 3</i>	QC-3	QC	0,051497	0,051497		0,051497

**Lampiran 7** Tabel Perhitungan Limit Of Detection (LOD) dan Limit Of Quantitation (LOQ)

No	(% dalam 1 gram)	
	<i>observed</i>	<i>predict</i>
1	1	2
2	1	1
3	1	1
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	5	5
8	5	4
9	5	5
10	10	10
11	10	9
12	10	12
13	15	14
14	15	16
15	15	14
16	25	27
17	25	24
18	25	24
19	50	48
20	50	50
21	50	52

<i>sd of response</i>	0,353493185
<i>slope</i>	0,998345936
LOD	1,168460219
LOQ	3,540788544

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>
<i>Intercept</i>	0,025519849	0,353493185
<i>X Variable 1</i>	0,998345936	0,015854058



**Lampiran 8** Tabel Prediksi Adulterasi Gambar

<i>Obs ID (Primary)</i>	<i>Obs ID (\$ClassID)</i>	<i>Obs ID (Obs. Sec. ID:1)</i>	<i>M11.YVarPS( % Adulteran)</i>	<i>M11.YPredPS[5]( % Adulteran)</i>
<b>0% 1</b>	<i>Training Set</i>	1-1	0%	-1%
<b>0% 2</b>	<i>Training Set</i>	1-2	0%	0%
<b>0% 3</b>	<i>Training Set</i>	1-3	0%	0%
<b>1% 1</b>	<i>Training Set</i>	2-1	1%	2%
<b>1% 2</b>	<i>Training Set</i>	2-2	1%	1%
<b>1% 3</b>	<i>Training Set</i>	2-3	1%	1%
<b>2% 1</b>	<i>Training Set</i>	3-1	2%	1%
<b>2% 2</b>	<i>Training Set</i>	3-2	2%	2%
<b>2% 3</b>	<i>Training Set</i>	3-3	2%	3%
<b>5% 1</b>	<i>Training Set</i>	4-1	5%	5%
<b>5% 2</b>	<i>Training Set</i>	4-2	5%	4%
<b>5% 3</b>	<i>Training Set</i>	4-3	5%	5%
<b>10% 1</b>	<i>Training Set</i>	5-1	10%	10%
<b>10% 2</b>	<i>Training Set</i>	5-2	10%	9%
<b>10% 3</b>	<i>Training Set</i>	5-3	10%	12%
<b>15% 1</b>	<i>Training Set</i>	6-1	15%	14%
<b>15% 2</b>	<i>Training Set</i>	6-2	15%	16%
<b>15% 3</b>	<i>Training Set</i>	6-3	15%	14%
<b>25% 1</b>	<i>Training Set</i>	7-1	25%	27%
<b>25% 2</b>	<i>Training Set</i>	7-2	25%	24%
<b>25% 3</b>	<i>Training Set</i>	7-3	25%	24%
<b>50% 1</b>	<i>Training Set</i>	8-1	50%	48%
<b>50% 2</b>	<i>Training Set</i>	8-2	50%	50%
<b>50% 3</b>	<i>Training Set</i>	8-3	50%	52%
<b>TS-1</b>	<i>Test Set</i>	<i>Test Set 1</i>	0%	0%
<b>TS-2</b>	<i>Test Set</i>	<i>Test Set 2</i>	1%	1%
<b>TS-3</b>	<i>Test Set</i>	<i>Test Set 3</i>	15%	12%
<b>TS-4</b>	<i>Test Set</i>	<i>Test Set 4</i>	50%	44%
<b>TS-5</b>	<i>Test Set</i>	<i>Test Set 5</i>	-	30%