

**ANALISIS KANDUNGAN FENILBUTAZON DALAM JAMU
MENGUNAKAN METODE KEMOMETRIKA BERBASIS DATA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR**

(Skripsi)

Oleh

NURMALA ROHMAH

NPM 2117011111



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

**ANALISIS KANDUNGAN FENILBUTAZON DALAM JAMU
MENGUNAKAN METODE KEMOMETRIKA BERBASIS DATA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR**

Oleh

NURMALA ROHMAH

Skripsi

**Sebagai Salah satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN FENILBUTAZON DALAM JAMU MENGUNAKAN METODE KEMOMETRIKA BERBASIS DATA SPEKTROFOTOMETRI FTIR

Oleh

NURMALA ROHMAH

Jamu merupakan obat tradisional yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia karena dianggap aman dan berasal dari bahan alami. Namun, penggunaan Bahan Kimia Obat (BKO) secara ilegal seperti fenilbutazon dalam jamu menjadi perhatian serius karena dapat membahayakan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keberadaan fenilbutazon dalam jamu menggunakan metode kemometrika berbasis data *spektrofotometri Fourier Transform Infrared* (FTIR).

Sampel jamu diperoleh secara acak dari beberapa kecamatan di Kota Bandar Lampung. Analisis dilakukan dengan membandingkan spektrum FTIR dari standar fenilbutazon, jamu simulasi, dan sampel jamu menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS). Hasil PCA menunjukkan bahwa tidak terdapat kemiripan antara spektrum sampel jamu dengan fenilbutazon, dengan nilai kumulatif sebesar 93,7%. Beberapa sampel menunjukkan kemiripan dengan jamu simulasi, mengindikasikan bahwa tidak terdapat BKO dalam sampel tersebut.

Pemodelan PLS pada set kalibrasi menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999633 dengan *Root Mean Standard Error of Calibration* (RMSEC) 0,00006%, sedangkan pada set validasi diperoleh nilai R^2 sebesar 0,999199 dan *Root Mean Squared Error Cross Validation* (RMSECV) 0,0018%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrika dapat digunakan secara efektif dan akurat untuk mendeteksi keberadaan fenilbutazon dalam jamu.

Kata kunci: Jamu, Fenilbutazon, FTIR, Kemometrika, PCA, PLS

ABSTRACT

ANALYSIS OF PHENYLBUTAZONE CONTENT IN HERBAL MEDICINE USING CHEMOMETRIC METHODS BASED ON FTIR SPECTROPHOTOMETRIC DATA

By

NURMALA ROHMAH

Jamu is a traditional herbal medicine widely consumed in Indonesia due to its perceived safety and natural ingredients. However, the illegal addition of pharmaceutical substances such as phenylbutazone (BKO) poses serious health risks. This study aims to analyze the presence of phenylbutazone in jamu using chemometric methods based on Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrophotometric data. Jamu samples were collected randomly from several districts in Bandar Lampung. The analysis was conducted by comparing FTIR spectra of pure phenylbutazone, simulated herbal jamu, and jamu samples using Principal Component Analysis (PCA) and Partial Least Squares (PLS) methods. PCA results showed no spectral similarity between the jamu samples and phenylbutazone, with a cumulative variance of 93,7%. Several samples exhibited similarity to simulated herbal jamu, indicating the absence of BKO substances. PLS modeling of the calibration set produced a coefficient of determination (R^2) of 0.999633 and Root Mean Standard Error of Calibration (RMSEC) of 0.00006%, while the validation set yielded an R^2 of 0.999199 and Root Mean Squared Error Cross Validation (RMSECV) of 0.0018%. These results demonstrate that FTIR combined with chemometric analysis can be used effectively and accurately to detect phenylbutazone in jamu.

Keywords: Jamu, Phenylbutazone, FTIR, Chemometrics, PCA, PLS

Judul Penelitian : ANALISIS KANDUNGAN FENILBUTAZON
DALAM JAMU MENGGUNAKAN METODE
KEMOMETRIKA BERBASIS DATA
SPEKTROFOTOMETRI FTIR

Nama Mahasiswa : **Nurmala Rohmah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117011111

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc.

NIP. 197110301997031003

Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc.

NIP. 198203272015021002

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

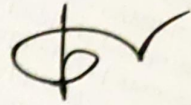
Prof. Dr. Mira Rilyanti, S.Si., M.Si.

NIP. 197205302000032001

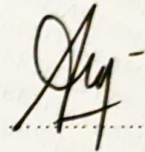
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

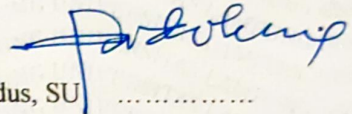
Ketua : Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc.



Sekretaris : Dr. Sudibyoy, S.T., M.Sc.

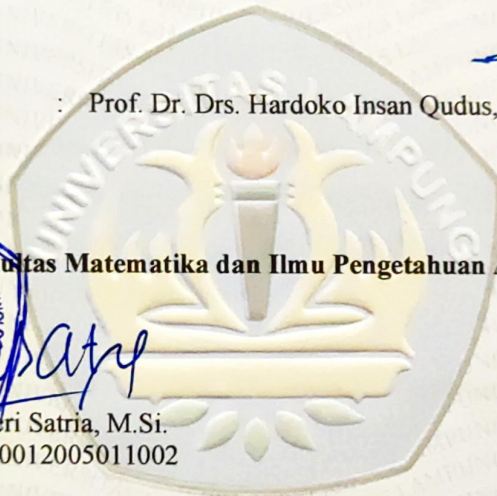


Anggota : Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.
NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

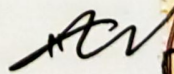
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurmala Rohmah
NPM : 2117011111
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan dengan sebenar- benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “**Analisis Kandungan Fenilbutazon dalam Jamu Menggunakan Metode Kemometrika Berbasis Data Spektrofotometri FTIR**” adalah benar karya saya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 18 Agustus 2025
Yang Menyatakan,



Nurmala Rohmah
NPM. 2117011111



RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Nurmalia Rohmah, lahir di Lombok pada 16 Februari 2003. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara, dari pasangan Bapak Rasmi dan Ibu Lestari Ningsih. Saat ini Penulis bertempat tinggal di Dusun Ralangan, Kecamatan Lombok Seminung, kabupaten Lampung Barat, Lampung.

Penulis memulai pendidikan di SDN 1 Lombok Ujung pada tahun 2009 hingga 2015. Penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Lombok Seminung, pada tahun 2015 hingga 2018, dan dilanjutkan dengan bersekolah di SMAN 1 Sukau dari tahun 2018 hingga tahun 2021. Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada Tahun 2021 melalui Seleksi jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti Karya Wisata Ilmiah yang diselenggarakan oleh BEM FMIPA Universitas Lampung tahun 2021. Penulis juga aktif dalam organisasi kemahasiswaan, dan terdaftar sebagai Anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI), Pada Periode 2022. Penulis juga terdaftar sebagai pengurus Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas Rohani Islam (UKMF) yang terdaftar sebagai Anggota Bidang Kajian dan Keumatan. Penulis juga mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian (UKMP) yang terdaftar sebagai anggota kaderisasi pada periode 2022 dan 2023. Penulis juga pernah menjadi Staf Ahli Dinas Pemberdayaan Wanita Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) pada periode 2024. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 1. Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT SUCOFIDO Kota Bandar Lampung pada tahun 2024 yang berjudul **“Analisis Ultimate Terhadap Nilai Kalori Batubara di Laboratorium**

PT SUCOFINDO (Persero) Bandar Lampung". Pada Tahun 2025 penulis menyelesaikan penelitian di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang Lampung Selatan dengan judul “**Analisis Kandungan Fenilbutazon dalam Jamu Menggunakan Metode Kemometrika Bebas data Spektrofotometri FTIR**”.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”
(Q.S. Al-Insyirah: 5)

“Minta pertolongan dengan sabar dan shalat. Susungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar.”
(Q.S. Al-Baqarah, 153)

“Selalu ada harga dalam setiap proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan. Mungkin tidak akan selalu berjalan dengan lancar. Tapi gelombang-gelombang itu nanti yang bisa kau ceritakan.”
(Boy Candra)

“Kita tidak bisa belajar tanpa rasa sakit.”
(Aristoteles)

“Pada akhirnya , ini semua hanyalah permulaan.”
(Nadin Amizah)

PERSEMBAHAN



Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya. Sholawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Kupersembahkan karya ini untuk orang yang aku sayangi :

Teristimewa Ayahanda dan Ibunda, orang tua terhebat dikehidupanku.

karya kecil ini kupersembahkan sebagai wujud cinta, bakti, hormat, dan tanggung jawabku kepada **Ayahanda Rasmidi dan Ibunda Lestari Ningsih**. Terima kasih atas kerja keras dalam membiayai perkuliahanku, support dan motivasi, pengorbanan serta doa yang senantiasa dipanjatkan untuk keberhasilanku.

Untuk kakak dan adikku Nurlia, Sugi Riyadi dan Khoiru Akbar.

Terimakasih telah menjadi sahabat, mentor, sekaligus penguat hati dalam suka dan duka perjalanan kuliahku.

Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc., Dr. Sudibyo , S.T., M.Sc., Prof. Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S., serta seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia. Terima kasih telah membimbing , menasehati, serta memberikan ilmu-ilmunya. Semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala membalas segala kebaikan yang telah diberikan.

Kelurga besar, teman-teman seperjuangan, diriku sendiri, dan Almamater Tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah *rabbi'l'alamin*, puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan penelitian serta dapat menuliskannya dalam bentuk karya tulis ilmiah.

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dengan judul skripsi “**Analisis Kandungan Fenilbutazon dalam Jamu Menggunakan Metode Kemometrika Berbasis Data Spektrofotometri FTIR**”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun, itu semua bisa terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta adanya bimbingan, dukungan, nasihat serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis ayahandaku tercinta Bapak Rasmidi dan Ibuku tersayang Ibu Lestari Ningsih, yang selalu sabar memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, materi dan yang selalu mendoakan penulis. Gelar ini kupersembahkan untuk kedua orang tua penulis.
2. Kepada kakak dan adikku tersayang, Nurlia, Sugi Riyadi dan Khoiru Akbar skripsi ini kusampaikan sebagai ungkapan terima kasih atas segala perhatian, nasihat dan *support* tanpa lelah yang telah kalian berikan.
3. Keluarga besar sang penulis yang senantiasa memberikan dukungan serta doa, skripsi ini menjadi bukti kecil rasa terima kasih saya atas segala dukungan dan kasih yang diberikan.

4. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing satu yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penulis dengan sabar sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
5. Bapak Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing dua yang telah membantu memberikan pemikiran, arahan, dan koreksi dalam penyusunan skripsi ini serta telah memberikan akses penuh untuk melakukan penelitian di Laboratorium BRIN Tanjung Bintang, Lampung Selatan.
6. Bapak Prof. Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik membangun yang sangat berharga dalam penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mendampingi penulis selama masa studi dengan penuh perhatian dan dukungan.
8. Prof. Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
9. Ibu Dr. Dian Herasari, M.Si. selaku Wakil Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
10. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
11. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan nasihat dan ilmu yang sangat bermanfaat selama menjalankan perkuliahan dan semoga ilmu yang diberikan membawa keberkahan.
12. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, FMIPA, dan Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, penelitian serta penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
13. Untuk sahabat-sahabat terbaikku Ririn Destiana, S.Si., Haya Ulfa Atiqah, S.Si., Vira Nurmalia, S.Si., dan Dinda Aprilia Defi, S.Si. kalian bukan hanya teman, tapi sudah seperti rumah di tengah hiruk-pikuk perkuliahan. Terima

kasih sudah selalu ada, saling menguatkan, dan berbagi tawa juga lelah bersama. Semoga kebersamaan ini tetap terjaga, meski nanti kita akan berjalan ke arah yang berbeda.

14. Sahabat-sahabat perjuanganku, Jamu *Research* 21 Ririn Destiana, S.Si., Haya Ulfa Atiqah, S.Si., Pretty Marita, S.Si., dan Rahmadina Pratiwi, S.Si. yang sudah bersama-sama menghadapi suka duka penelitian ini sampai kita mendapatkan gelar di belakang nama kita.
15. Sahabatku Yesi oktapia ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada sahabat tersayang, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan hidup penulis. Terima kasih atas segala dukungan, doa, tawa, dan semangat yang tak pernah putus selama proses ini.
16. Terima kasih untuk diriku sendiri, yang telah bertahan sejauh ini. Untuk semua lelah yang dipendam, air mata yang disembunyikan, dan semangat yang terus dijaga meski sering goyah. Terima kasih sudah tidak menyerah, bahkan saat rasanya ingin berhenti.
17. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada teman-teman. Kelas A atas kebersamaan, tawa, kerja sama, dan semangat yang kita bagi selama masa perkuliahan.
18. Seluruh teman-teman Kimia Angkatan 2021 atas kebersamaan dan perjuangan yang kita lalui bersama selama masa kuliah ini.
19. Terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan mendukung proses penyusunan skripsi ini.
20. Almameter tercinta Universitas Lampung

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Obat Tradisional	4
2.2 Bahan Kimia Obat	6
2.3 Fenilbutazon	7
2.4 <i>Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	8
2.5 Kemometrika	10
2.6 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	11
2.7 <i>Partial Least Square (PLS)</i>	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1 Sampling Sampel Jamu.....	13

3.3.2 Preparasi Sampel.....	14
3.3.3 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi.....	14
3.3.4 Analisis dengan Menggunakan Spektrofotometer FTIR	16
3.3.5 Analisis Data Kemometrika.....	16
3.3.6 Analisis Menggunakan <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) dan <i>Partial Least Square</i> (PLS).....	17
3.4 Skema Penelitian	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Pengantar	20
4.2 Lokasi Sampling.....	20
4.3 Preparasi Fenilbutazon, Jamu simulasi, dan Sampel.....	22
4.4 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	22
4.4.1 Standar Fenilbutazon dan Jamu Simulasi	22
4.4.2 Sampel Jamu	24
4.5 Analisis Kemometrika Metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	28
4.6 Hasil Karakterisasi Fourier Transform (FTIR) dari Set Kalibrasi dan Set Validasi.....	35
4.6.1 Spektrum Set Kalibrasi	35
4.6.2 Spektrum set Validasi	36
4.7 Analisis Kemometrika Metode <i>Partial Least Square</i> (PLS).....	38
4.7.1 Pemodelan Kalibrasi dengan PLS.....	38
4.7.2 Evaluasi Model Kalibrasi dengan Set Validasi dan Metode PLS.....	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan.....	40

5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Puncak Fenilbutazon Murni	10
Tabel 2. Konsentrasi Fenilbutazon untuk Set Kalibrasi	15
Tabel 3. Konsentrasi Fenilbutazon untuk Set Validasi.....	15
Tabel 4. Lokasi Pembelian Sampel	21
Tabel 5. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks Sampel dan Standar Fenilbutazon	30
Tabel 6. Merk Sampel Jamu Kemasan	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Logo penandaan pada kemasan jamu (Badan POM RI, 2020).....	5
Gambar 2. Struktur Fenilbutazon (Taufik dkk., 2020).....	8
Gambar 3. Instrumen Spektrofotometer FTIR (Sulistyani, M. 2018)	9
Gambar 4. Spektrum FTIR Fenilbutazon (https://www.chemicalbook.com)	10
Gambar 5. Tahap Analisis Kualitatif.....	18
Gambar 6. Tahap Analisis Kuantitatif.....	19
Gambar 7. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	21
Gambar 8. Spektrum Standar Fenilbutazon dan Jamu simulasi	24
Gambar 9. Spektrum Standar dan Sampel Jamu	27
Gambar 10. Scree Plot PCA sampel Jamu	31
Gambar 11. Score Plot PCA Standar Fenilbutazon dan Sampel	32
Gambar 12. Plot 3D PCA Sampel dan standar	34
Gambar 13. Spektrum FTIR Set Kalibrasi	36

Gambar 14. Spektrum Ftir Set Validasi	37
Gambar 15. Model PLS dari Set Kalibrasi	39
Gambar 16. Model PLS dari Set Validasi	40
Gambar 17. Preparasi jamu simulasi (a) pemotongan bahan jamu simulasi (b) proses penjemuran (c) penghalusan bahan jamu simulasi	49
Gambar 18. Preparasi sampel set kalibrasi dan set validasi (a) penimbangan sampel (b) penghalusan dengan mortar (c) dibungkus dengan kertas perkamen (d) disimpan dalam plastik klip	49
Gambar 19. Preparasi sampel jamu (a) sampel jamu (b) penimbangan sampel (c) penghalusan dengan mortar (d) dibungkys dengan kertas perkamen dan disimpan dalam plastik klip	49
Gambar 20. Analisis FTIR (a) melakukan background scan tanpa sampel (b) sampel diletakkan pada plat ATR (c) hasil analisis FTIR	50
Gambar 21. Analisis FTIR (a) hasil analisis standar Fenilbutazon, jamu simulasi, dan 5 sampel jamu kemasan (b) hasil analisis standar Fenilbutazon, jamu simulasi, dan 5 sampel jamu kemasan.....	51
Gambar 22. Analisis PCA (a) hasil nilai eigen (b) scree plot sampel (c) score plot sampel (d) plot 3D sampel	55
Gambar 23. Analisis PLS (a) data set kalibrasi (b) hasil set kalibrasi	56
Gambar 24. Analisis PLS (a) data set validasi (b) hasil set validasi	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan obat tradisional berbasis bahan alami semakin meningkat dari tahun ke tahun. Masyarakat cenderung kembali memilih pengobatan alami sebagai alternatif karena tingginya biaya pengobatan modern serta kekhawatiran terhadap efek samping dari obat sintetik. Di Indonesia, jamu merupakan bentuk obat tradisional yang telah digunakan secara turun-temurun untuk menjaga kesehatan, meningkatkan daya tahan tubuh, membantu pemulihan pascamelahirkan, memperkuat fisik saat bekerja, hingga untuk perawatan kecantikan (Rahmadi dkk., 2024).

Obat tradisional memiliki peranan penting dalam pemeliharaan kesehatan masyarakat, terutama di daerah yang sulit dijangkau fasilitas medis. Namun, dalam era globalisasi dan perdagangan bebas, distribusi produk jamu yang tidak diawasi secara ketat menimbulkan risiko keselamatan bagi konsumen. Kondisi ini diperparah oleh lemahnya posisi konsumen, rendahnya kesadaran masyarakat, serta keterbatasan pengetahuan terhadap keamanan produk obat tradisional. Selain itu, masih ditemukan produsen yang tidak bertanggung jawab dengan menambahkan bahan kimia obat (BKO) ke dalam jamu demi meningkatkan efek terapeutik secara instan dan memperoleh keuntungan maksimal (Cendekiawan dkk., 2019).

Fenomena penambahan BKO ke dalam produk jamu semakin marak akibat persaingan industri obat tradisional yang ketat. Bahan kimia seperti parasetamol, sildenafil sitrat, deksametason, turunan sildenafil, dan Fenilbutazon merupakan beberapa contoh senyawa yang sering disalahgunakan dalam produk jamu, terutama jenis jamu analgesik dan jamu penambah stamina. Konsumen cenderung memilih jamu yang memberikan

efek cepat, meskipun tidak mengetahui risiko bahan tambahan yang tidak terdaftar secara resmi (Wirastuti dkk., 2016).

Fenilbutazon merupakan turunan senyawa pirazol yang memiliki aktivitas sebagai analgesik, antipiretik, dan antiinflamasi. Meski memiliki manfaat terapeutik, penggunaannya dibatasi karena efek samping yang cukup serius, seperti anemia aplastik, agranulositosis, dan perdarahan saluran pencernaan. Oleh karena itu, Fenilbutazon hanya direkomendasikan untuk kondisi tertentu seperti serangan akut asam urat atau *sindrom Bechterew*. Penggunaan dalam jangka panjang atau pada dosis yang tidak tepat dapat membahayakan kesehatan (Rahayu dkk., 2024).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 007 Tahun 2012 tentang Registrasi Obat Tradisional, penggunaan Bahan Kimia Obat (BKO) dalam sediaan obat tradisional secara tegas dilarang karena dapat membahayakan kesehatan konsumen. Oleh karena itu, penting dikembangkan metode analisis yang akurat, cepat, dan efisien untuk mendeteksi keberadaan BKO dalam produk jamu (Kementerian Kesehatan RI, 2012).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arumningtyas (2022) mengidentifikasi kandungan Fenilbutazon dalam 13 sampel jamu pegal linu yang beredar di Jakarta Timur menggunakan metode kromatografi lapis tipis dan spektrofotometri UV-Vis. Hasilnya, satu sampel terbukti mengandung Fenilbutazon dengan konsentrasi 0,2462%. Selain itu, laporan BPOM tahun 2023 juga menunjukkan ditemukannya jamu ilegal mengandung Fenilbutazon yang telah tersebar di beberapa wilayah di Indonesia, termasuk Lampung. Temuan ini menunjukkan adanya kebutuhan yang mendesak untuk melakukan pengawasan dan pengujian secara ilmiah terhadap sediaan jamu yang beredar.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR), yang memiliki keunggulan berupa penggunaan sampel yang sedikit, tidak merusak sampel, serta prosedur yang mudah dan ramah lingkungan (Rohaeti dkk., 2015). Data spektrum inframerah dari metode FTIR dapat dianalisis menggunakan pendekatan statistik multivariat

atau kemometrika, seperti dan PLS. PCA digunakan untuk klasifikasi dan reduksi dimensi data secara kualitatif, sedangkan PLS dimanfaatkan dalam prediksi kuantitatif kandungan senyawa berdasarkan model kalibrasi (Rahmawati dkk., 2015).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan Fenilbutazon dalam jamu yang beredar di Kota Bandar Lampung menggunakan metode FTIR yang dikombinasikan dengan pendekatan kemometrika (PCA dan PLS). Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam upaya peningkatan pengawasan serta kesadaran masyarakat terhadap keamanan konsumsi jamu tradisional.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menilai apakah data spektrum FTIR yang dianalisis menggunakan metode kemometrika dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan bahan kimia obat fenilbutazon.
2. Menentukan keberadaan dan kadar fenilbutazon dalam sampel jamu menggunakan metode FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrika.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat mengenai potensi adanya kandungan bahan kimia obat fenilbutazon pada jamu, serta risiko kesehatan yang dapat ditimbulkan akibat konsumsinya. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi terkait dalam melakukan pengawasan terhadap peredaran jamu ilegal di pasaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Obat Tradisional

Obat tradisional adalah produk sediaan yang mengandung bahan alam seperti tanaman obat, hewan, mineral, atau ekstraknya yang digunakan secara turun-temurun untuk pengobatan, pemeliharaan kesehatan, dan pencegahan penyakit (BPOM RI, 2020). Di Indonesia, praktik penggunaan obat tradisional telah menjadi bagian dari budaya kesehatan masyarakat sejak lama. Salah satu bentuk obat tradisional yang paling dikenal adalah jamu, yakni ramuan berbahan dasar alami yang digunakan secara empiris dan diwariskan antargenerasi (Kementerian Kesehatan RI, 2017).

Jamu khas Indonesia umumnya tersusun dari bagian tanaman seperti rimpang, daun, batang, kulit, maupun buah, serta dapat dikombinasikan dengan bahan dari hewan atau mineral. Jamu dipercaya memiliki berbagai khasiat, antara lain sebagai analgesik, antiinflamasi, antidiabetik, imunostimulan, hingga perawatan kecantikan (Rahmadi dkk., 2024). Produk jamu tersedia dalam berbagai bentuk sediaan seperti serbuk, kapsul, pil, dan cairan, serta dikategorikan berdasarkan tingkat pembuktian ilmiah dan uji klinis ke dalam tiga kelompok: jamu, obat herbal terstandar (OHT), dan fitofarmaka, dengan masing-masing logo penandaan dari BPOM RI (2020) pada kemasannya. Berikut gambaran dari logo penandaan pada kemasan jamu yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Logo penandaan pada kemasan jamu (Badan POM RI, 2020)

Beberapa tanaman herbal yang umum digunakan dalam formulasi jamu antara lain:

- a. Kunyit (*Curcuma longa*): Mengandung kurkumin yang berperan sebagai antiinflamasi dan antioksidan, serta sering digunakan untuk mengatasi gangguan pencernaan dan radang (Savaringal, 2018).
- b. Jahe (*Zingiber officinale*): Berkhasiat sebagai antiinflamasi, antioksidan, dan analgesik. Jahe digunakan untuk meredakan nyeri otot dan sendi (Kausar *et al.*, 2021).
- c. Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*): Mengandung xanthorrhizol dan kurkuminoid yang berfungsi sebagai hepatoprotektor dan antiinflamasi, serta mendukung kesehatan saluran pencernaan (Rahmat *et al.*, 2021).
- d. Serai (*Cymbopogon citratus*): Mengandung senyawa sitral dan geraniol dengan aktivitas antimikroba dan antioksidan, serta digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi kelelahan dan perut kembung (Shah dkk., 2011).
- e. Kencur (*Kaempferia galanga*): Mengandung senyawa aktif seperti etil p-metoksisinamat, borneol, dan senyawa aromatik lainnya. Berfungsi sebagai antiinflamasi, antibakteri, dan ekspektoran. Digunakan secara tradisional untuk meredakan batuk, nyeri otot, radang tenggorokan, dan juga meningkatkan nafsu makan (Mahmud and Bachar, 2014).

Jamu dianggap aman dikonsumsi jika memenuhi kriteria keamanan, mutu, dan manfaat, yang dibuktikan melalui penggunaan jangka panjang atau data

empiris (Fatmarahmi dkk., 2022). Namun, berkembangnya permintaan pasar dan persaingan dalam industri jamu menyebabkan sebagian oknum produsen mencampurkan bahan kimia obat (BKO) secara ilegal untuk menambah efek terapeutik secara instan, terutama pada produk jamu pegal linu, pelangsing, dan peningkat stamina (BPOM RI, 2020). Praktik ini sangat merugikan konsumen karena penggunaan BKO tanpa pengawasan medis dapat menimbulkan efek samping serius, seperti gangguan fungsi hati, ginjal, sistem pencernaan, hingga ketergantungan. Selain itu, keberadaan BKO dalam jamu juga mencederai nilai-nilai tradisional jamu sebagai warisan budaya berbasis bahan alami. Oleh karena itu, pengawasan yang ketat serta edukasi kepada masyarakat sangat penting untuk meningkatkan kesadaran terhadap bahaya konsumsi jamu yang tidak terstandar dan tidak terdaftar secara resmi (BPOM RI, 2020).

Penambahan BKO seperti fenilbutazon, yang tergolong obat antiinflamasi *non-steroid* (OAINS), sangat berbahaya karena dapat menyebabkan efek samping serius, seperti gangguan ginjal, hati, dan saluran cerna. Padahal, penggunaan senyawa kimia aktif, termasuk narkotika dan psikotropika, dalam obat tradisional dilarang berdasarkan Undang-Undang Kesehatan No. 36 Tahun 2009 dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 007 Tahun 2012 (Sholikha dan Anggraini, 2016). Selain itu, pengaturan dan pengawasan terhadap peredaran obat tradisional juga diatur melalui Undang-Undang Perlindungan Konsumen No. 8 Tahun 1999 dan Peraturan Kepala BPOM No. HK.00.05.41.1384, yang mencakup aspek klasifikasi, keamanan bahan, standar mutu, serta penerapan Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik (CPOTB).

2.2 Bahan Kimia Obat

Bahan kimia obat (BKO) adalah senyawa aktif farmakologis yang umumnya digunakan dalam sediaan obat sintesis. Penambahan BKO dalam jamu atau

obat tradisional bertujuan memberikan efek terapi secara cepat dan kuat, tetapi dengan risiko kesehatan yang tinggi bagi pengguna. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 007 Tahun 2012, penggunaan BKO dalam produk obat tradisional secara tegas dilarang (Lidiawati dkk., 2023).

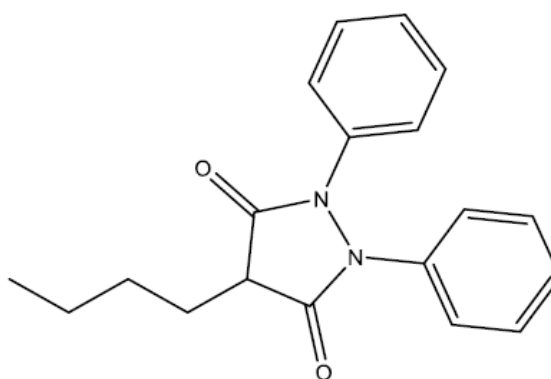
Data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) mencatat bahwa pada tahun 2010 dan 2013, puluhan produk jamu ditarik dari peredaran karena terbukti mengandung BKO tanpa izin edar. Bahan kimia obat yang paling sering disalahgunakan dalam produk jamu antara lain adalah parasetamol, sildenafil sitrat, deksametason, dan fenilbutazon. Konsumsi jangka panjang terhadap jamu yang mengandung BKO dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, sistem pencernaan, serta menimbulkan reaksi toksik atau alergi (Sari dan Haresmita, 2023).

2.3 Fenilbutazon

Fenilbutazon adalah senyawa turunan pirazolon yang termasuk dalam kelompok obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID). Senyawa ini memiliki aktivitas antiinflamasi, antipiretik, dan analgesik yang cukup kuat, dan secara medis digunakan dalam pengobatan serangan asam urat akut atau artritis inflamasi tertentu (Ginasih dkk., 2023). Nama kimia fenilbutazon adalah 4-butyl-1,2-diphenylpyrazolidine-3,5-dione, dengan rumus molekul $C_{19}H_{20}N_2O_2$ dan massa molekul sebesar 308,38 g/mol. Struktur molekulnya terdiri atas cincin pirazolidindion yang tersubstitusi oleh dua gugus fenil dan satu rantai butil, yang membuat senyawa ini bekerja dengan menghambat enzim siklooksigenase (COX), sehingga menurunkan produksi prostaglandin yang berperan dalam timbulnya rasa nyeri dan peradangan (Katzung, 2018).

Fenilbutazon biasanya berbentuk bubuk kristal putih, tidak berbau, tidak larut dalam air, namun larut dalam pelarut organik seperti etanol. Efek samping yang mungkin timbul dari penggunaan fenilbutazon termasuk iritasi lambung,

pendarahan gastrointestinal, anemia aplastik, agranulositosis, gagal ginjal, serta reaksi alergi seperti ruam kulit dan angioedema (Sholikha dan Anggraini, 2016). Dengan mempertimbangkan risiko tersebut, penting untuk melakukan pengawasan terhadap kemungkinan keberadaan fenilbutazon dalam jamu, mengingat masih banyak produsen ilegal yang menyisipkan senyawa ini untuk memberikan efek analgesik yang cepat pada konsumen. Deteksi dini terhadap keberadaan fenilbutazon dalam produk jamu perlu dilakukan secara rutin dan sistematis sebagai upaya perlindungan konsumen dan pencegahan risiko kesehatan jangka panjang (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2020).



Gambar 2. Struktur Fenilbutazon (Taufik dkk., 2020)

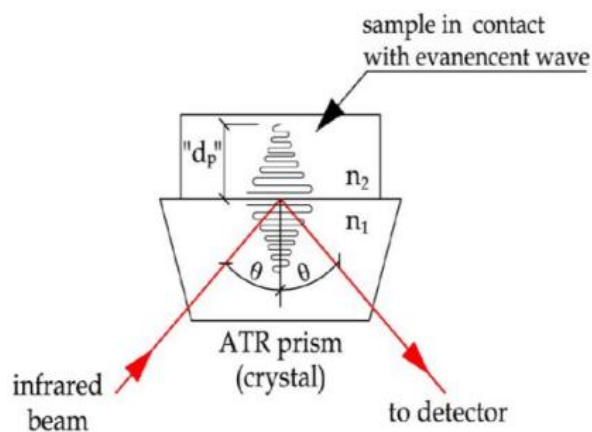
2.4 Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu metode analisis instrumental yang digunakan untuk mendeteksi serapan radiasi inframerah oleh suatu senyawa berdasarkan getaran ikatan kimianya. Setiap senyawa memiliki pola serapan yang khas, sehingga teknik ini memungkinkan identifikasi gugus fungsi melalui spektrum unik yang dihasilkan, yang dikenal sebagai sidik jari molekul (Puspitasari dkk., 2021).

Terdapat tiga teknik umum dalam pengukuran spektrum FTIR, yaitu *Photo Acoustic Spectroscopy* (PAS), *Attenuated Total Reflectance* (ATR), dan

Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform (DRIFT). Masing-masing teknik memiliki karakteristik dan aplikasi yang berbeda dalam menganalisis spektrum vibrasi molekul. Teknik ATR-FTIR sering digunakan karena prosedur preparasi sampelnya sederhana, tidak memerlukan penggunaan pelarut atau penumbukan dengan KBr, serta tidak sensitif terhadap variasi ukuran partikel. Selain itu, teknik ini memungkinkan analisis cepat dengan hasil yang dapat diandalkan untuk karakterisasi awal suatu material (Sulistyani, 2018).

Metode FTIR memiliki berbagai keunggulan, seperti waktu analisis yang singkat, tidak merusak sampel, persiapan yang minimal, serta penggunaan reagen yang sangat sedikit sehingga lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu, FTIR banyak diterapkan dalam bidang farmasi, terutama *dalam* identifikasi senyawa, pengendalian mutu, serta deteksi bahan cemaran atau senyawa berbahaya dalam produk (Andriansyah *et al.*, 2022). Berikut gambaran dari instrumen spektrofotometer FTIR yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Instrumen Spektrofotometer FTIR (Sulistyani, M. 2018)

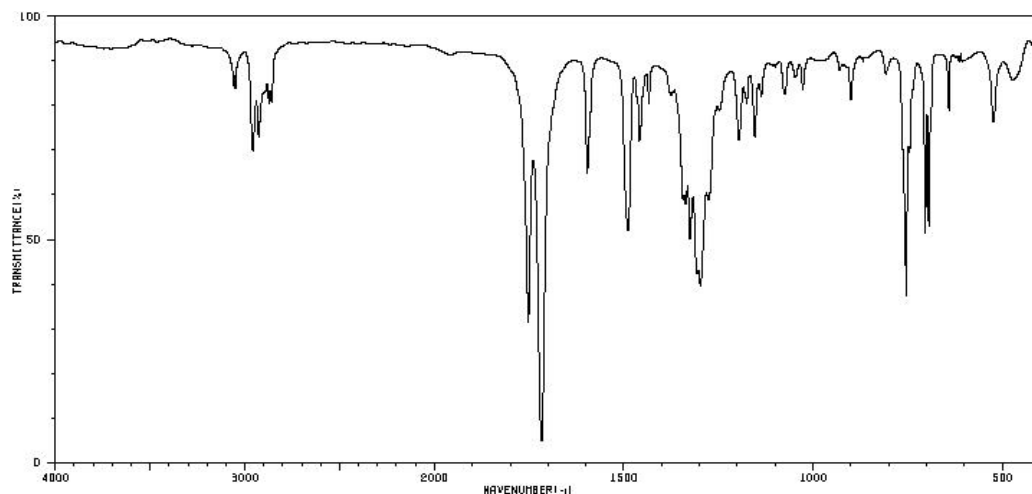
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh A'layuda (2019), didapatkan puncak fenilbutazon yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Puncak Fenilbutazon Murni

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
1713,92	C=O
1292,96	C-H
1486,52	C=C aromatik
1153	C-N
1134	N-N

(A'layuda, 2019).

Berikut puncak spektrum inframerah fenilbutazon yang ditunjukkan pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Spektrum FTIR Fenilbutazon (<https://www.chemicalbook.com>)

2.5 Kemometrika

Kemometrika merupakan cabang ilmu kimia yang mengintegrasikan statistika dan matematika untuk analisis data kimia secara kuantitatif maupun kualitatif. Dalam konteks analisis FTIR, kemometrika sangat bermanfaat untuk mengolah data spektrum yang kompleks agar dapat diinterpretasikan secara akurat (Shafirany dkk., 2019).

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan metode kemometrika, berbagai perangkat lunak dan tools telah dikembangkan dan digunakan secara luas oleh peneliti. Beberapa perangkat lunak populer yang umum digunakan dalam analisis kemometrika antara lain: *The Unscrambler*, Minitab, MATLAB, R, serta perangkat lunak OPUS dari Bruker. *Unscrambler* dikenal sebagai perangkat lunak multivariat yang sangat *user-friendly* dalam penerapan PCA dan PLS. Minitab digunakan untuk analisis statistik dasar dan multivariat. MATLAB, dengan PLS Toolbox-nya, memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengolahan data spektroskopi secara kustom. Bahasa R juga populer dalam dunia akademik dengan berbagai paket seperti *chemometrics*, *pls*, dan *caret*. Selain itu, OPUS yang terintegrasi dengan instrumen FTIR merek Bruker banyak digunakan dalam akuisisi data dan preprocessing spektrum inframerah (Shafirany dkk., 2019).

2.6 *Principal Component Analysis (PCA)*

Principal Component Analysis (PCA) adalah teknik statistik multivariat yang digunakan untuk mereduksi jumlah variabel dalam kumpulan data besar, dengan tetap mempertahankan sebagian besar informasi. PCA mengubah data asli menjadi komponen utama (*Principal Components/PCs*) yang tidak berkorelasi satu sama lain. Komponen utama pertama (PC1) memuat variasi terbesar, diikuti oleh PC2 dan seterusnya (Cendikiawan dkk., 2019). PCA sangat berguna dalam klasifikasi data, reduksi dimensi, visualisasi dua atau tiga dimensi dari dataset kompleks, serta identifikasi outlier. Dalam analisis spektrum FTIR, PCA berperan dalam mengelompokkan sampel berdasarkan kemiripan pola spektrumnya, sehingga dapat membedakan antara sampel yang mengandung senyawa target dan yang tidak.

Menurut Nakamura (2002), PCA mampu mengubah data berdimensi tinggi menjadi bentuk yang lebih sederhana tanpa kehilangan informasi penting. Komponen utama disusun sedemikian rupa agar variasi data terbesar tertangkap oleh PC pertama, sementara komponen berikutnya menangkap

variasi yang tersisa secara berurutan. PCA juga memungkinkan peneliti untuk memvisualisasikan hubungan antara variabel dan sampel dalam grafik skor dan loading plot. Puspitasari dkk. (2021) menyatakan bahwa penerapan PCA pada spektrum FTIR dapat membantu dalam membedakan komposisi kimia antar spesimen jamu. Dengan kata lain, teknik ini mempermudah analisis kualitatif secara visual dan terstruktur untuk mendeteksi perbedaan atau kesamaan antar kelompok sampel.

2.7 Partial Least Square (PLS)

Partial Least Square (PLS) adalah metode regresi multivariat yang digunakan untuk membangun model prediktif antara variabel independen (data spektrum) dan variabel dependen (konsentrasi senyawa). Keunggulan utama PLS adalah kemampuannya menangani data dengan multikolinearitas tinggi dan jumlah variabel prediktor yang besar (Amin, 2011). PLS memanfaatkan kovariansi antara prediktor dan respon untuk membentuk komponen laten yang digunakan dalam model prediksi. Berbeda dari PCA yang hanya memaksimalkan varians prediktor, PLS mengoptimalkan informasi yang berkaitan langsung dengan variabel respon, sehingga cocok untuk pemodelan kuantitatif (Cendikiawan dkk., 2019).

Metode ini juga memungkinkan validasi silang (*cross-validation*) untuk menilai keandalan dan generalisasi model. PLS sering digunakan dalam pembuatan kurva kalibrasi, di mana model regresi dibangun dari data standar untuk memprediksi konsentrasi senyawa dalam sampel uji berdasarkan spektrum FTIR-nya. Menurut Irwan dan Adam (2015), PLS mampu bekerja efektif pada data dengan ukuran kecil sekalipun, serta tetap memberikan model yang stabil dan akurat. Penerapan PLS dalam analisis jamu memungkinkan identifikasi dan estimasi kandungan senyawa berbahaya seperti fenilbutazon secara efisien dan cepat tanpa perlu destruksi sampel.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 hingga Januari 2025 yang berlokasi di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah satu unit alat Spektrofotometer FTIR-ATR INVENIO R yang dilengkapi Software Horizon MB, blender, neraca analitik, mortar, alu, kertas perkamen, plastik klip, spatula, tisu, gunting, nampan, vial 5mL. dan software Minitab 21.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah standar fenilbutazon (BPFI) yang diperoleh dari PPPOMN, 10 sampel jamu yang beredar di Bandar Lampung dengan kode sampel berbeda, kunyit (*Curcuma longa*), jahe (*Zingiber officinale*), temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*), serai (*Cymbopogon citratus*), dan kencur (*Kaempferia galanga*), dan etanol 96%.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Sampling Sampel Jamu

Sebelum mengambil sampel untuk penelitian, langkah awal yang diambil adalah melakukan survei di pasar dan supermarket di Kota Bandar Lampung. Survei ini dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai beberapa produk jamu.

3.3.2 Preparasi Sampel

3.3.2.1 Penyiapan Standar Fenilbutazon

Fenilbutazon sebagai BKO dalam penelitian ini diperoleh dari Pusat Pengembangan Pengujian Obat dan Makanan Nasional (PPPOMN), sebuah lembaga di bawah Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI) yang memiliki otoritas resmi dalam penyediaan bahan referensi standar untuk analisis kualitas dan keamanan obat, pangan, serta produk kesehatan lainnya (BPOM, 2021). Untuk proses penyiapan standar fenilbutazon, sebanyak 15 mg ditimbang dengan menggunakan neraca analitik, kemudian dianalisis menggunakan instrumen FTIR (Abriyani dkk., 2024).

3.3.2.2 Preparasi Jamu simulasi

Proses pembuatan jamu simulasi dimulai dengan mencuci seluruh bahan herbal di bawah air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang menempel serta meminimalkan kemungkinan kontaminasi (Handayani dkk., 2021). Setelah proses pencucian, bahan-bahan dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kering. Kemudian, bahan yang telah kering dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk yang halus (Yuliana dkk., 2020).

3.3.3 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi

Pembuatan set kalibrasi dan validasi dengan komposisi yang digunakan adalah standar fenilbutazon dan Jamu simulasi dengan total berat 0,045 mg.

a. Set Kalibrasi

Set kalibrasi terdiri dari objek atau sampel yang telah diketahui kategorinya dan digunakan untuk membentuk model klasifikasi kemometrika (Berrueta *et al.*, 2007). Set kalibrasi pada penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (A'layuda, 2019). Pembuatan set kalibrasi yaitu dengan mencampurkan jamu simulasi dan standar fenilbutazon. Jamu standar set kalibrasi dibuat dengan menyiapkan 6 sampel yang terdiri dari campuran jamu

pegal linu murni dan fenilbutazon yang disiapkan dengan rentang konsentrasi 0-100% . 0% merupakan Jamu simulasi dan 100% merupakan standar fenilbutazon. Komposisi fenilbutazon yang digunakan untuk sampel yang akan dijadikan set kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Fenilbutazon untuk Set Kalibrasi

No	Fenilbutazon	Standar Jamu	Konsentrasi	Kategori
1	0 mg	15 mg	0%	Murni
2	3 mg	12 mg	20%	Campuran
3	6 mg	9 mg	40%	Campuran
4	9 mg	6 mg	60%	Campuran
5	12 mg	3 mg	80%	Campuran
6	15 mg	0 mg	100%	Murni

b. Set Validasi

Set validasi terdiri dari objek atau sampel yang telah diketahui kategorinya namun, digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas model yang telah dibentuk oleh set kalibrasi (Berrueta *et al.*, 2007). Set validasi ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (A'layuda, 2019). Set validasi jamu standar dibuat dengan menyiapkan 7 sampel yang terdiri dari campuran jamu murni dan fenilbutazon yang disiapkan dengan rentang konsentrasi 0-100%. Komposisi fenilbutazon yang digunakan untuk sampel yang akan dijadikan set validasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi Fenilbutazon untuk Set Validasi

No	Fenilbutazon	Standar Jamu	Konsentrasi	Kategori
1	0 mg	15 mg	0%	Murni
2	1,5 mg	13,5 mg	10%	Campuran
3	4,5 mg	10,5 mg	30%	Campuran
4	7,5 mg	7,5 mg	50%	Campuran
5	10,5 mg	4,5 mg	70%	Campuran
6	13,5 mg	1,5 mg	90%	Campuran
7	15 mg	0 mg	100%	Murni

3.3.4 Analisis dengan Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Sampel yang telah diekstraksi dan sudah disiapkan serta kalibrasi yang telah dibuat masing-masing diletakkan pada plat ATR. Kemudian melakukan optimasi dengan cara melakukan *scanning* sebanyak 32 kali pada kisaran bilangan gelombang $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 16 cm^{-1} . Pembacaan spektrum dilakukan secara duplo pada waktu dan kondisi yang sama. Sebelum dilakukan analisis sampel dilakukan uji blanko terhadap udara. lalu Kristal ATR dibersihkan dengan menggunakan etanol (Rahayu et al., 2024).

3.3.5 Analisis Data Kemometrika

Data spektrum FTIR yang akan diperoleh akan menjalani analisis menggunakan pendekatan kemometrika, yaitu PCA dan PLS. Dalam analisis kualitatif, PCA bertujuan untuk mengklasifikasikan variabel yang saling berhubungan dan menggantinya dengan kelompok baru yang disebut komponen utama atau PC (*Principal Component*). Diambil data berupa hasil nilai absorbansi yang kemudian dianalisis menggunakan bantuan *Software* Minitab 16 dan sampel akan menghasilkan *Score Plot* yang kemudian dikelompokkan berdasarkan kesamaan spektrum yang dimiliki oleh Baku Pembanding, berdasarkan intensitas serapan pada pola spektrum FTIR. Analisis PLS kemometrika dilakukan untuk analisis kuantitatif. Kemudian dilakukan penentuan nilai R^2 dan *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC), dimana nilai R^2 yang baik mendekati 1 dan nilai RMSEC yang kecil (Rahayu et al., 2024).

3.3.6 Analisis Menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)* dan *Partial Least Square (PLS)*

Hasil dari data absorbansi spektrum FTIR selanjutnya akan diolah menggunakan metode PCA dan PLS dengan menggunakan *software* Minitab 21.

Menganalisis data pengoperasian PCA menggunakan *software* Minitab 21 dengan cara sebagai berikut:

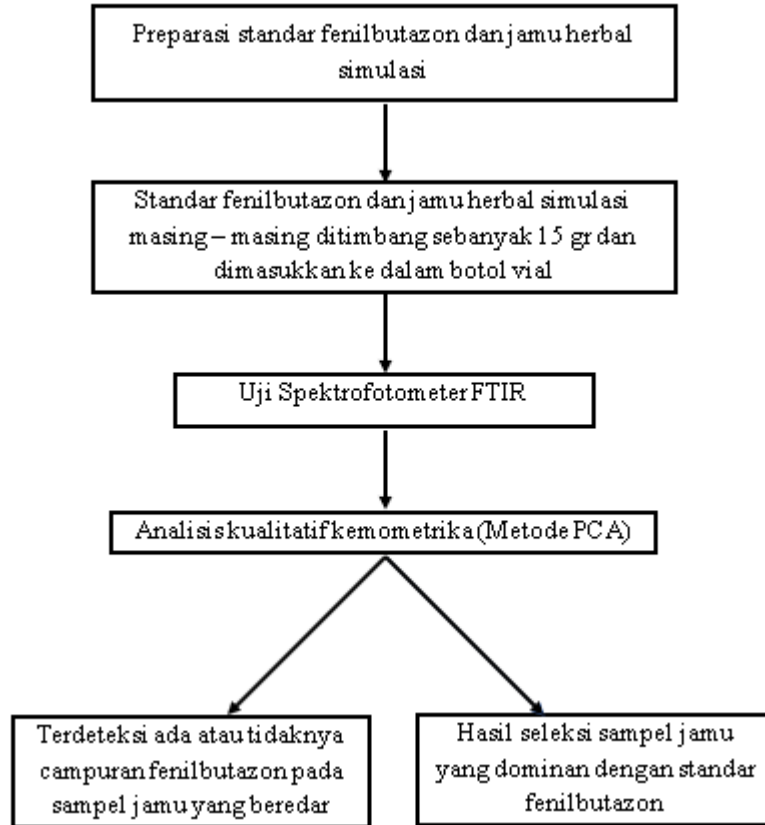
1. Dibuka Worksheet Minitab 21 kemudian dimasukkan data.
2. Untuk analisis PCA, diklik: *Stat* → *Multivariate* → *Principal Components*.
3. Kemudian, dimasukkan contoh variabel ke kotak variabel.
4. Diklik *Graph*, bagian ini mengandung informasi yang penting.
5. Untuk memperoleh hasil analisis maka diklik OK, maka dalam windows session yang berisi output (hasil) analisis PCA. Nilai-nilai yang mengandung kontribusi variabel untuk tiap komponen. Semakin besar suatu nilai koefisien, maka semakin besar kontribusi variabel terhadap nilai principle components.
6. Untuk mengedit *graph* supaya menampilkan label tiap titik, maka diklik kanan pada grafik lalu pilih: *Add* → *Data Label: Use labels from column*.
7. Diklik OK maka akan menampilkan hasil output (Rohman dkk., 2021).

Menganalisis data pengoperasian PCA menggunakan *software* Minitab 21 dengan cara sebagai berikut:

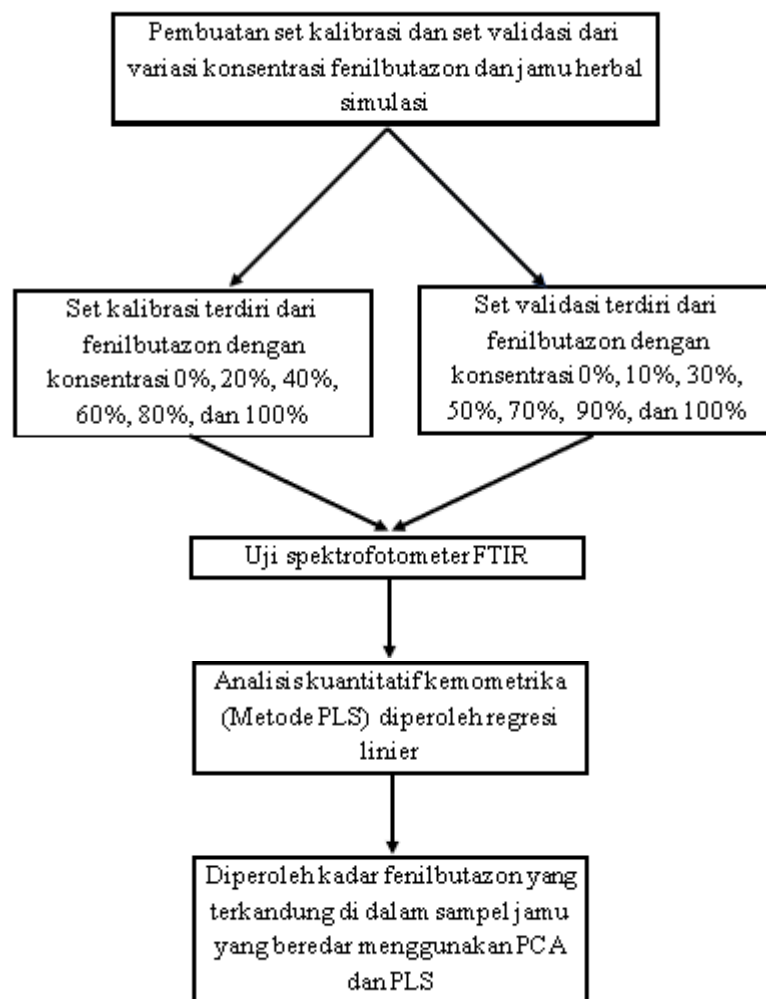
1. Dibuka jendela Minitab 21.
2. Dimasukkan data dalam *Worksheet* Minitab 21.
3. Diklik *Stat* → *Regression* → *Partial Least Square*.
4. Untuk respons diisi dengan C1, sedangkan untuk model diisi dengan A1-16.
5. Selanjutnya untuk melakukan validasi leave one out, diklik *Options* → pilih *leave one out* → diklik Ok, maka diperoleh output data (Rohman dkk., 2021).

3.4 Skema Penelitian

Adapun skema penelitiannya disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Tahap Analisis Kualitatif



Gambar 6. Tahap Analisis Kuantitatif

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian ini bahwa metode spektrofotometri FTIR yang dikombinasikan dengan kemometri dapat digunakan untuk analisis kandungan fenilbutazon dalam jamu kemasan.
2. Berdasarkan data analisis kualitatif, sampel jamu pada penelitian ini tidak ada yang mengandung fenilbutazon.
3. Nilai kumulatif yang diperoleh dari PCA sampel terhadap standar sebesar 93,7%.
4. Nilai R^2 yang diperoleh dari set kalibrasi PLS sebesar 0,999633 dan set validasi PLS sebesar 0,999199.
5. Nilai eror yang diperoleh dari set kalibrasi PLS yaitu sebesar 0,00006%. dan set validasi PLS sebesar 0,0018%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya melakukan pengulangan pengujian terhadap standar, set kalibrasi, dan set validasi guna memperoleh data yang lebih representatif, sehingga analisis dapat memberikan hasil yang lebih akurat. Selain itu, disarankan juga untuk menggunakan perangkat lunak statistik lain seperti *Unscrambler* guna memperoleh hasil perbandingan yang lebih beragam dan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- A'layuda Jamu, R. 2019. Validasi Metode Analisis Kandungan Fenibutazon Dalam Produk Pegal Linu dengan Metode FTIR Dikombinasikan dengan Kemometrika. Skripsi. Program Studi Farmasi Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Abriyani, E., Syalomita, D., Apriani, I. P., Puspawati, I., dan Adiputra, S. 2024. Pengaruh Pengolahan Termal Terhadap Struktur Molekul Material Polimer Studi Dengan Spektroskopi FTIR. *Innovative: Journal Of Social Science Research*. 4(1): 3424–3432.
- Agustina, S., Purwanto, Y. A., dan Budiastra, I. W. 2015. Prediksi Kandungan Kimia Manga Arumanis selama Penyimpanan dengan Spektroskopi NIR. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 3(1): 57–63.
- Amin, M. N. 2011. Chemometrics: application of multivariate statistical techniques in chemical analysis. 25(9): 467–525.
- Andriansyah, I., Gumilar, H. F., Juanda, D., dan Yuliantini, A. 2022. Analisis sidik jari herba pegagan (*Centella asiatica (L.) Urb*) di daerah Jawa Barat menggunakan metode spektrofotometri FTIR dikombinasi dengan PCA. *Jurnal Agrotek Ummat*. 9(4): 287–297.
- Aruningtyas, M. 2022. Identifikasi Kandungan Fenilbutazon dalam Sediaan Jamu yang Beredar di Daerah Jakarta Timur dengan Menggunakan Metode KLT dan Spektrofotometri Uv-Vis. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Azminah, A., Ahmad, I., Fikri, J. A. N., Jumadil, M. I., Erza, N. A. F., Abdullah, S., Simamora, A., and Mun'im, A. 2023. Rapid detection of synthetic adulterants in Indonesian herbal medicines using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics. *Journal of Research in Pharmacy*. 27(1): 184–195.

- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2020. Pedoman Pengawasan Obat Tradisional. Jakarta: BPOM RI.
- Badan POM RI. 2020. Obat Tradisional dan Fitofarmaka.
- Badan POM RI. 2021. Pusat Pengembangan Pengujian Obat dan Makanan Nasional (PPOMN).
- Berrueta, L. A., Alonso-Salces, R. M., and Héberger, K. 2007. Supervised pattern recognition in food analysis. *Journal of Chromatography A*. 1158(1–2): 196–214.
- Cendekiawan, K. A., Winarson, S., dan Marchianti, A. C. N. 2019. Surveilans Penyalahgunaan Bahan Kimia Sintetis Dekسامetason Pada Jamu Pegal Linu Menggunakan Metode Near Infra Red Dan Kemometrika. *Multidisciplinary journal*. 2(1) : 30-36.
- Coates, J. 2000. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. In R.A. Meyers (Ed.). *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 10815–10837.
- Buana, M. Y., dan Fajriati, N. 2019. Identifikasi Lemak Trans Menggunakan Spektroskopi FTIR. *Jurnal Ilmu Kimia*. 13(2): 101–108.
- Fahelalbom, K. M., Saleh, A., Al-Tabakha, M. M. A., and Ashames, A. A. 2022. Recent applications of quantitative analytical FTIR spectroscopy in pharmaceutical, biomedical, and clinical fields: A brief review. *Journal Reviews in Analytical Chemistry*. 41(1): 21–33.
- Fatmarahmi, D. C., Susidarti, R. A., Swasono, R. T., dan Rohman, A. 2022. Application of FTIR-ATR Spectroscopy in Combination With Multivariate Analysis to Analyze Synthetic Drugs Adulterant in Ternary Mixtures of Herbal Medicine Products. *Indonesian Journal of Pharmacy*. 33(1): 63–71.
- Ginasih, A. A., Rahmawati, A., Andini, I., dan Maelaningsih, F. S. 2023. Analisis Bahan Kimia Obat Fenilbutazon Dalam Sediaan Jamu Pegal Linu Dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis. *Jurnal Sains Dan Kesehatan Darussalam*. 3(2), 41–50.

- Handayani, D., Herlina, H., dan Fitriani, E. 2021. Standarisasi simplisia dan ekstrak bahan alam. Deepublish.
- Irwan dan Adam, K. 2015. Metode Partial Least Square (PLS) dan Terapannya. *Jurnal Teknosains*. 9 (1): 53-68.
- Kausar, T., Anwar, S., Hanan, E., Yaseen, M., Aboelnaga, S. M. H., and Azad, Z. R. A. A. 2021. Therapeutic Role of Ginger (*Zingiber officinale*) . *Journal of Pharmaceutical Research International*. 33: 9–16.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2012. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 007 Tahun 2012 tentang Registrasi Obat Tradisional. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Lidiawti, D., Syam, F., Sirajuddin, W., dan Nurdayanti, N. 2023. Identifikasi Kandungan Bahan Kimia Obat Deksametason Secara Spektrofotometri UV-Vis Pada Jamu Penambah Berat Badan. *Jurnal Ilmiah Farmasi Simplisia*. 3(2): 135–138.
- Mahmud, Z. Al, and Bachar, S. C. 2014. Phytochemical and Pharmaological Investigations of Rhizome Introduction. *International Journal of Pharmacognosy*. 1(3): 185-92
- Makwana, D., Engineer P., Dabhi, A., dan Chudasama, H. 2023. Sampling Methods in Research: A Review. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. 7(3): 763.
- Megawati, D., Prabawati, N. A., dan Rahmawati, L. 2020. Identifikasi Gugus Fungsi Senyawa Obat Menggunakan Spektrofotometer FTIR. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 7(2): 145–151.
- Miller, J., and Miller, J. C. 2010. *statistics and Chemometrics for analytical Chemistry*. Pearson Education Limited. England.
- Nakamura, T. 2002. The Effect of Various Substances on the Suppression of the Bitterness of Quinine-human Gustatory Sensation, Binding, and Taste Sensor Studies. Tokyo: *Chem Pharm Bull*. 50(12): 89-93

- Permatasari, D. A. I., Setyowati, R., dan Mahardika, M. P. 2022. Qualitative and Quantitative Analysis of Paracetamol Contamination in Rheumatic Pain Traditional Medicine. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*. 8(1): 56–70.
- Puspitasari, L., Mareta, S., dan Thalib, A. 2021. Karakterisasi Senyawa Kimia Daun Mint (*Mentha sp.*) dengan Metode FTIR dan Kemometrika. *Sainstech Farma*. 14(1): 5–11.
- Putra, S. F., Pradina, R., dan Hafidz, I. 2016. Feature Selection pada Dataset Faktor Kesiapan Bencana pada Provinsi di Indonesia Menggunakan Metode PCA (*Principal Component Analysis*). *Jurnal Teknik ITS*. 5(2):88–92. -
- Rahayu, W. S., Buono, E. C., dan Raharjo, A. S. 2024. Analisis Cepat Kandungan Metamizole dan Deksametason pada Jamu Pegal Linu dengan Metode FTIR Kombinasi dengan Kemometrik. . *PHARMACY : Jurnal Farmasi Indonesia*. 20(2): 178–182.
- Rahmadi, R., Rahmadani, R., Siska, M. S. M. O., dan Alawiyah, T. 2024. Identifikasi Kandungan Parasetamol pada Jamu Pegal Linu di Kota Tanah Grogot dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS dan KLT. *Jurnal Surya Medika*. 10(3): 192–198.
- Rahmat, E., Lee, J., and Kang, Y. 2021. Javanese Turmeric (*Curcuma xanthorrhiza Roxb.*): Ethnobotany, Phytochemistry, Biotechnology, and Pharmacological Activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 4(1): 41–51.
- Rahmawati, A., Kuswandi, B., dan Retnaningtyas, Y. 2015. Deteksi Gelatin Babi pada Sampel Permen Lunak Jelly Menggunakan Metode Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan Kemometrika. *Pustaka Kesehatan*. 3(2): 278–283. -
- Rohaeti, E., Rafi, M., Syafitri, U. D., dan Heryanto, R. 2015. Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier Dikombinasikan dengan Kemometrika untuk Diskriminasi *Curcuma Longa*, *Curcuma Xanthorrhiza* dan *Zingiber Cassumunar*. *Jurnal Spectrochimica Acta - Bagian A: Spektroskopi Molekuler dan Biomolekuler*. 137: 1244- 1249.

- Rohman, A., Che Man, Y. bin, Ismail, A., and Hashim, P. 2017. FTIR spectroscopy coupled with chemometrics of multivariate calibration and discriminant analysis for authentication of extra virgin olive oil. *International Journal of Food Properties*: 20(1): 1173–1181.
- Rohman, A., Irnawati., dan Riswanto, F. D. O. 2021. *Kemometrika*. Gadjra Mada University Press. Yogyakarta.
- Sari, N. P. D., dan Haresmita, P. P. 2023. Analisis Kualitatif Bahan Kimia Obat dalam Jamu Pegal Linu di Wilayah Magelang. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*. 20(1): 53.
- Savaringal, J. P., and M. S., L. 2018. Anti inflammatory effect of rhizome of *Curcuma longa*. *International Journal of Basic and Clinical Pharmacology*. 7(2): 229.
- Shafirany, M. Z., Susilawati, Y., dan Musfiroh, I. 2019. Aplikasi kemometri dalam penentuan mutu tumbuhan obat. *Pharmauho: Jurnal Farmasi, Sains, dan Kesehatan*. 4(2): 6–14.
- Shah, G., Shri, R., Panchal, V., Sharma, N., Singh, B., dan Mann, A. S. 2011. Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (Lemongrass). *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*. 2(1): 3–8.-
- Sholikha, M., dan Anggraini, D. 2016. Analisis Fenilbutazon Dalam Jamu Pegal Linu Yang Beredar di Daerah Cibubur, Jakarta Timur. *Sainstech Farma*. 9(1): 21–24.
- Sim, S. F., and Jeffrey Kimura, A. L. 2019. Partial least squares (pls) integrated fourier transform infrared (ftir) approach for prediction of moisture in transformer oil and lubricating oil. *Journal of Spectroscopy*. 1-10.
- Sulistiyani, M. 2018. Spektroskopi Fourier Transform Infra Red Metode Reflektansi (Atr-Ftir) Pada Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Vitamin C. *Jurnal TEMAPELA*. 1(2): 39–43.

- Suseno, J.E., dan Firdausi, K. S. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Jurnal Berkala Fisika*. 11(1):23–28.
- Taufik, M., Djuwarno, E, N., Mustafa, M. A., dan Sahumena, M. H. 2020. Identifikasi dan Studi Pola Fragmentasi Jamu Terkonfirmasi Fenilbutazon Menggunakan Liquid Chromatography Mass Spectroscopy (LCMS). *SCIENTIA Jurnal Farmasi dan Kesehatan*.10(2): 243-250.
- Wirastuti, A., Dahlia, A. A., dan Najib, A. 2016. Pemeriksaan Kandungan Bahan Kimia Obat (Bko) Prednison Pada Beberapa Sediaan Jamu Rematik. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 3(1): 130–134.
- Wulandari, L. 2011. *Kromatografi Lapis Tipis*. PT. Taman Kampus Presindo. Jember.
- Wulandari, L., Retnaningtyas, Y., Nuri, dan Lukman, H. 2016. Analysis of Flavonoid in Medicinal Plant Extract Using Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 1- 6.
- Yuliana, R., Suherman, S., dan Mustofa, M. 2020. *Teknik ekstraksi dan pengolahan bahan alam untuk penelitian farmasi dan kimia*. Alfabeta.