

**ANALISIS KANDUNGAN PARASETAMOL PADA JAMU PEGAL LINU
MENGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER*
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

(Skripsi)

Oleh

**PRETY MARITA
2117011022**



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

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN PARASETAMOL PADA JAMU PEGAL
LINU MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER*
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

Oleh

PRETY MARITA

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 PARASETAMOL PADA JAMU PEGAL LINU MENGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM INFRARED* (FTIR) DAN KEMOMETRIKA

Oleh

Pretty Marita

Jamu pegal linu merupakan sediaan obat tradisional yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia untuk mengatasi nyeri otot dan kelelahan. Namun, terdapat kekhawatiran bahwa sebagian produk jamu pegal linu mengandung bahan kimia obat (BKO) ilegal seperti parasetamol, yang dapat menimbulkan efek toksik apabila dikonsumsi berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan parasetamol dalam sediaan jamu pegal linu yang beredar di pasar Kota Bandar Lampung menggunakan metode spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang dikombinasikan dengan kemometrika berbasis *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS) menggunakan *software* Minitab. Hasil analisis kualitatif PCA menunjukkan bahwa sampel B hingga F memiliki profil spektrum yang mendekati jamu simulasi, sedangkan sampel A menunjukkan perbedaan signifikan. Hasil prediksi PLS memberikan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,99951 untuk set kalibrasi dan 0,99919 untuk set validasi, dengan nilai *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC) dan *Root Mean Square Error of Cross Validation* (RMSECV) masing-masing 0,00120% dan 0,00194%, yang menunjukkan akurasi dan presisi tinggi dari model prediksi. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ditemukan kandungan parasetamol pada semua sampel jamu yang dianalisis. Metode FTIR-ATR yang dikombinasikan dengan PCA dan PLS terbukti efektif untuk identifikasi kualitatif dan kuantitatif BKO dalam sediaan jamu secara cepat, efisien, dan non-destruktif.

Kata kunci: Jamu pegal linu, Parasetamol, FTIR-ATR, Kemometrika, PCA, PLS.

ABSTRACT

ANALYSIS OF PARACETAMOL CONTENT IN TRADITIONAL HERBAL MEDICINE FOR MUSCLE PAIN USING FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) SPECTROPHOTOMETRY AND CHEMOMETRICS

By

Pretty Marita

Traditional herbal medicine for muscle pain (*jamu pegal linu*) is a widely consumed remedy in Indonesia, commonly used to relieve muscle aches and fatigue. However, concerns have emerged regarding the potential presence of illegal pharmaceutical substances (IPS) such as paracetamol in some of these products, which may pose toxic effects when consumed excessively. This study aims to identify the presence of paracetamol in *jamu pegal linu* samples available in the Bandar Lampung market using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrophotometry combined with chemometric techniques based on Principal Component Analysis (PCA) and Partial Least Squares (PLS), utilizing Minitab software. The qualitative PCA analysis showed that samples B to F exhibited spectral profiles similar to the simulated herbal preparation, whereas sample A displayed a significant difference. PLS prediction results yielded coefficients of determination (R^2) of 0.99951 for the calibration set and 0.99919 for the validation set, with Root Mean Square Error of Calibration (RMSEC) and Root Mean Square Error of Cross Validation (RMSECV) values of 0.00120% and 0.00194%, respectively, indicating high accuracy and precision of the predictive model. Overall, the results of this study indicated that no paracetamol was detected in any of the analyzed herbal samples. The FTIR-ATR method combined with PCA and PLS proved to be an effective approach for the rapid, efficient, and non-destructive qualitative and quantitative identification of IPS in herbal preparations.

Keywords: *Jamu pegal linu*, Paracetamol, FTIR-ATR, Chemometrics, PCA, PLS.

Judul Skripsi : ANALISIS KANDUNGAN PARASETAMOL
PADA JAMU PEGAL LINU
MENGUNAKAN METODE
SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER*
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN
KEMOMETRIKA

Nama Mahasiswa : **Prety Marita**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117011022

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing 1

Pembimbing 2

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dr. Sonny Widiarto'.

Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.

NIP. 197110301997031003

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dr. Sudibyo'.

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

NIP. 198203272015021002

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Prof. Dr. Mita Rilyanti'.

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

NIP. 197205302000032001

MENGESAHKAN

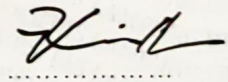
1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.

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

Penguji : Dr. Rinawati, S.Si., M.Si.

Bukan Pembimbing



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 7 Agustus 2025

LEMBAR KENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Preti Marita
NPM : 2117011022
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Analisis Kandungan Parasetamol pada Jamu Pegal Linu Menggunakan Metode Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemometrika”** adalah benar karya 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 semestinya.

Bandar Lampung, 18 Agustus 2025




Preti Marita

NPM 2117011022

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Sri Rejosari, Kab. Lampung Timur pada tanggal 11 November 2003 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, yang merupakan buah cinta dari pasangan Bapak Suratman dan Ibu Sarifah. Jenjang Pendidikan diawali dari Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sri Rejosari yang diselesaikan pada tahun 2015. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Way Jepara yang diselesaikan pada tahun 2018. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Way Jepara yang diselesaikan pada tahun 2021, penulis terdaftar menjadi Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis pernah menjadi peserta Karya Wisata Ilmiah (KWI) pada tahun 2021 di Desa Braja Sakti, Way Jepara, Lampung Timur selama seminggu. Pada tahun 2024, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Braja Dewa, Kec. Way Jepara, Kab. Lampung Timur dan telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung dengan judul **“Uji Penjaminan Mutu Kadar Natrium Klorida dalam Garam Beryodium dengan Metode Argentometri”**. Penulis juga pernah mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) penelitian pada tahun 2024. Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis mengikuti kegiatan perkuliahan, praktikum, serta penelitian di bidang Analitik.

MOTTO

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

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” **(Q.S. Al-Insyirah: 6).**

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia”
(HR. Ahmad).

“Dan janganlah kamu iri hati terhadap apa yang Allah karuniakan kepada sebagian kamu yang lebih banyak dari sebagian yang lain...” **(Q.S. An-Nisa:32).**

“Kesuksesan bukanlah kunci kebahagiaan. Kebahagiaanlah yang menjadi kunci kesuksesan. Jika kamu mencintai apa yang kamu kerjakan, maka kamu akan sukses” **(Albert Schweitzer).**

“Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, angan dan pertanyaan waktu yang menjawabnya, berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu sebagai manusia” **(Baskara Putra-Hindia).**

“Orang lain ga akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun gada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang diperjuangkan hari ini, tetap berjuang ya!”

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan *alhamdulillahirobbil'alamin* puji syukur kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang selalu menyertai setiap langkahku, sehingga terciptalah sebuah karya yang kupersembahkan sebagai wujud bakti dan tanggung jawabku kepada:

(Alm) Bapak Suratman dan Mama Sarifah yang telah mengandung, melahirkan, membesarkan, mendidik, memberikan cinta, mendoakan siang dan malam, menyemangati, serta senantiasa mendukung dan menemani setiap langkahku dengan penuh ketulusan dan kasih sayang. Lewat karya ini saya ingin berterima kasih kepada kalian. Semoga Allah SWT hadiahkan *Jannah-Nya* untukmu,
Aamiin yaa Robbal'alamin.

Kakak Suci Wulandari yang telah mendukung dan mendoakan dalam segala hal. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, keberhasilan, dan kebahagiaan kepada kalian.

Pembimbing penelitianku, Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc., serta seluruh Dosen Jurusan Kimia yang telah membimbing, mendidik, dan memberikan banyak ilmu kepaaku selama menjalani proses pendidikan sarjana ini.

Serta,
Almamaterku tercinta, Universitas Lampung,

SANWACANA

Pertama-tama dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya dan tidak lupa iringan shalawat senantiasa kita sanjung agungkan kepada junjungan dan baginda besar kita Rasulullah Muhammad SAW, semoga kita sebagai umatnya akan mendapatkan syafaatnya di yaumul akhir kelak. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul **“Identifikasi Kandungan Parasetamol pada Jamu Pegal Linu Menggunakan Metode Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemometrika”** dengan baik.

Penulis menyadari laporan ini dapat tersusun dan diselesaikan dengan adanya doa, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya.
2. Orang tua, (Alm) Bapak Suratman dan Mama Sarifah yang senantiasa selalu mendoakan, membimbing, mendukung, memberikan kasih sayang yang melimpah, serta menjadi penyemangat utama bagi penulis.
3. Kakak dan Suci Wulandari dan keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan dukungan bagi penulis.
4. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik sebagai sosok orang tua yang ada di lingkungan perkuliahan, terima kasih banyak atas bimbingan, saran, motivasi, dan bentuk dukungan lainnya yang telah diberikan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

5. Bapak Dr. Sudibyo, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih banyak sudah memberikan bimbingan, masukan, saran, motivasi, serta dukungan lainnya kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Ibu Dr. Rinawati, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembahas, terima kasih banyak atas saran, masukan, nasihat, serta dukungan lainnya kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
7. Ibu Prof. Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam segala hal terkait administrasi dan menyetujui laporan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
9. Rekan penelitian saya Nurmala Rohmah, Rahmadina Pratiwi, Haya Ulfa Atiqah, dan Ririn Destiana. Terima kasih banyak atas bantuan, dukungan, pengalaman suka dan duka serta telah kebersamaan penelitian hingga selesai.
10. Kepada seseorang yang istimewa dan tidak kalah penting kehadirannya buat pemilik nama Rayhan Artha Winata yang selalu menjadi *support system* penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan skripsi ini. Terima kasih banyak telah mendengarkan keluh kesah, telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, telah mendampingi dalam segala hal yang sifatnya menemani, mendukung, ataupun menghibur dalam kesedihan, telah memberikan semangat, motivasi, tenaga, pikiran waktu, maupun materi. Terima kasih karena telah menjadi perjalanan dalam hidup penulis dan sudah bersedia dalam hal apapun hingga saat ini. Semoga senantiasa kita diberikan kesuksesan dikemudian hari dengan apa yang kita impikan.
11. Sahabat dan teman penulis, Alya Salma, Agis Andriyani, dan Dina Elviana terima kasih sudah menjadi *partner* bertumbuh di segala kondisi dan tempat berkeluh kesah yang senantiasa menemani penulis dalam keadaan

sulit dan senang, memberikan dukungan serta motivasi, dan memberikan doa setiap langkah yang penulis lalui sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

12. Teman-teman angkatan 2021 yang tidak dapat disebutkan satu per-satu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya. Semoga selalu diberikan keberkahan dalam setiap langkah.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan laporan ini.
14. Kepada diri saya sendiri, Prety Marita, terima kasih atas kesabaran dan kerja keras yang telah dilakukan selama proses perkuliahan hingga penulisan skripsi ini. Tidak mudah untuk menghadapi berbagai rintangan dan tantangan, tetapi ketekunan dan tekad telah membawa penulis hingga mendapatkan gelar sarjana sains. Semoga hasil dari usaha ini menjadi awal dari pencapaian-pencapaian berikutnya.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, masih terdapat banyak kekurangan serta kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini mampu dijadikan sebagai referensi yang bermanfaat. Semoga Allah SWT. selalu memberikan rezeki serta karunianya.

Bandar Lampung, 19 Agustus 2024

Penulis,

Prety Marita

NPM. 2117011022

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jamu.....	5
2.1.1 Jamu Pegal Linu.....	7
2.2 Bahan Kimia Obat (BKO)	8
2.2.1 Parasetamol.....	9
2.2.2 Dampak dari Kelebihan Mengonsumsi Parasetamol	9
2.3 Spektrofotometri <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	10
2.3.1 Puncak dari Parasetamol	11
2.4 Kemometrika.....	12
2.4.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	14
2.4.2 <i>Partial Least Square</i> (PLS)	14
III. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16

3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 Sampling Sampel Jamu	16
3.3.2 Preparasi Sampel Standar Parasetamol	17
3.3.3 Preparasi Jamu Simulasi.....	17
3.3.4 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi	17
3.3.5 Analisis dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)	19
3.3.6 Analisis Kemometrika.....	19
3.3.7 Diagram Alir Penelitian.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pengantar.....	22
4.2 Lokasi <i>Sampling</i>	22
4.3 Preparasi Standar Parasetamol, Jamu Simulasi, dan Sampel.....	24
4.4 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	24
4.4.1 Hasil FTIR dari Standar Parasetamol dan Jamu Simulasi.....	24
4.4.2 Hasil FTIR dari Sampel Jamu.....	26
4.5 Analisis Kemometrika Metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	29
4.6 Hasil Karakterisasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dari Set Kalibrasi dan Set Validasi	35
4.6.1 Spektrum Set Kalibrasi.....	35
4.6.2 Spektrum Set Validasi	36
4.7 Prediksi Kadar Parasetamol dalam Sampel Jamu Menggunakan PCA.....	38
4.8 Analisis Kemometrika Metode <i>Partial Least Square</i> (PLS)	40
4.8.1 Pemodelan Set Kalibrasi dengan PLS	41
4.8.2 Evaluasi Model Kalibrasi dengan Set Validasi dan Metode PLS.....	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44

5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	52
Lampiran 1. Preparasi Sampel Jamu Simulasi.....	53
Lampiran 2. Preparasi Sampel Kalibrasi dan Validasi	53
Lampiran 3. Preparasi Sampel Jamu.....	53
Lampiran 4. Analisis FTIR	54
Lampiran 5. Sampel Jamu	55
Lampiran 6. Data dan Hasil Analisis <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)....	57
Lampiran 5. Data dan Hasil Set Kalibrasi PLS.....	59
Lampiran 7. Data dan Hasil Set Validasi PLS	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Penggolongan Obat Bahan Alam (a) Jamu, (b) Obat Herbal Terstandar, dan (c) Fitofarmaka (Sidoretno dan Rz, 2018).....	5
2. Struktur Parasetamol (Kemenkes RI, 2014).....	9
3. Spektrofotometer FTIR-ATR (Nicolet, 2001).....	11
4. Hasil Uji FTIR pada Standar Parasetamol (Krishna, 2015).	11
5. Presentase jumlah publikasi terkait teknik kemometrika (Paulina dkk., 2021)	13
6. Persentase instrumentasi yang digunakan pada publikasi terkait teknik kemometrika (Paulina dkk., 2021).....	13
7. a. Preparasi untuk Uji Spektrofotometer FTIR dan Analisis Kualitatif PCA b. Preparasi untuk Analisis Kuantitatif PLS.....	21
8. Peta Kota Bandar Lampung.....	23
9. Spektrum dari Standar Parasetamol dan Jamu Simulasi (Murni).	24
10. Hasil Spektrum FTIR dari Sampel Jamu.....	28
11. <i>Scree Plot</i> PCA Sampel Jamu.....	31
12. <i>Score Plot</i> PCA Sampel.....	32
13. <i>Plot 3D PCA</i> Standar parasetamol, Jamu simulasi, dan Sampel.	34
14. Spektrum FTIR Set Kalibrasi	36
15. Spektrum FTIR Set Validasi.....	37
16. <i>Score Plot</i> Kalibrasi dan Validasi PCA.....	38
17. <i>3D Scatterplot</i> Kalibrasi dan Validasi Standar Parasetamol, Jamu Simulasi dan Sampel.	39
18. Model PLS Set Kalibrasi.	41
19. Model PLS Set Validasi.	42

20. Preparasi jamu simulasi (a) pemotongan bahan jamu simulasi (b) proses penjemuran (c) penghaluasan bahan jamu simulasi.....	53
21. Preparasi sampel set kalibrasi dan set validasi (a) penimbangan sampel (b) penghalusan dengan mortar (c) dibungkus dengan kertas perkamen (d) disimpan dengan plastik klip.....	53
22. Preparasi sampel jamu (a) sampel jamu (b) penimbangan sampel (c) penghalusan dengan mortar (d) dibungkus dengan kertas perkamen dan disimpan dengan plastik klip.....	53
23. Analisis FTIR (a) melakukan <i>background scan</i> tanpa sampel (b) sampel diletakkan pada plat ATR (c) hasil analisis FTIR sampel jamu.....	54
24. Analisis PCA (a) hasil nilai eigen (b) <i>scree plot</i> sampel (c) <i>score plot</i> sampel (d) plot 3D sampel.....	58
25. Hasil Set Kalibrasi PLS.....	59
26. Hasil Set Validasi PLS.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Identifikasi Gugus Fungsi FTIR pada Standar Parasetamol.	12
2. Set Kalibrasi Campuran Standar Parasetamol dan Jamu Simulasi.	18
3. Set Validasi Campuran Standar Parasetamol dan Jamu Simulasi.	18
4. Lokasi Pembelian Sampel.....	23
5. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks.....	29
6. Merk Sampel Jamu Kemasan.....	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara megabiodiversitas yang kaya akan sumber daya alam, termasuk ribuan spesies tanaman obat yang telah lama dimanfaatkan secara turun-temurun dalam bentuk sediaan jamu. Jamu tidak hanya menjadi bagian integral dari budaya pengobatan tradisional Nusantara, tetapi juga mengalami perkembangan signifikan dalam ranah fitofarmaka dan komersialisasi modern. Keberadaan jamu di masyarakat kerap dipandang sebagai alternatif terapi yang relatif aman, ekonomis, dan mudah diakses. Salah satu jenis jamu yang paling banyak dikonsumsi adalah jamu pegal linu, yang secara tradisional digunakan untuk meredakan kelelahan otot, nyeri sendi, dan gangguan muskuloskeletal ringan akibat aktivitas fisik harian (Khoirunnisa, 2017).

Namun, tingginya permintaan terhadap jamu pegal linu sering disalahgunakan oleh oknum produsen dengan menambahkan bahan kimia obat (BKO) ke dalam produk tanpa mencantumkannya dalam label. Tujuannya adalah untuk memberikan efek terapeutik yang cepat agar menarik minat konsumen. Salah satu BKO yang sering ditemukan adalah parasetamol. Parasetamol atau *asetaminofen* merupakan senyawa antipiretik dan analgesik yang umumnya digunakan untuk meredakan demam dan nyeri ringan. Walaupun tergolong aman jika digunakan sesuai dosis, konsumsi berlebih atau penggunaan jangka panjang dapat menimbulkan risiko serius terhadap kesehatan, terutama kerusakan hati dan ginjal. Penggunaan kronis parasetamol sebesar 3–4 gram per hari dapat menyebabkan kerusakan hati, sedangkan dosis lebih dari 6 gram dapat menyebabkan nekrosis hati yang tidak dapat dipulihkan (Tjay dan Rahardja, 2009). Hal ini menjadi

semakin berbahaya karena dosis BKO dalam produk jamu seringkali tidak terstandarisasi (Efendi, 2017).

Data empiris menunjukkan bahwa kasus penambahan BKO dalam jamu bukanlah fenomena yang sporadis. Pada akhir tahun 2010, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) RI mencatat sebanyak 46 produk jamu ditarik dari peredaran karena terbukti mengandung bahan kimia obat ilegal seperti metampiron, fenilbutason, deksametason, allopurinol, CTM, sildenafil sitrat, tadalafil, dan parasetamol. Produk-produk ini mayoritas merupakan jamu untuk pegal linu, rematik, dan stamina tubuh, yang sangat digemari masyarakat karena efeknya yang cepat. Dampak kesehatan dari konsumsi jangka panjang produk semacam ini dapat mencakup gangguan fungsi hati, nefrotoksisitas, hingga gangguan sistem endokrin. Kasus-kasus ini mencerminkan kebutuhan mendesak akan metode analisis yang andal dan cepat untuk mendeteksi keberadaan parasetamol dalam sediaan jamu (BPOM, 2010).

Berbagai pendekatan analisis telah dikembangkan untuk mendeteksi parasetamol, di antaranya Kromatografi Lapis Tipis (KLT), Spektrofotometri UV-Vis, dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Meskipun metode-metode tersebut telah digunakan secara luas, masing-masing memiliki keterbatasan tertentu. KLT, misalnya, meskipun sederhana dan murah, hanya memberikan hasil kualitatif dan kurang sensitif dalam mendeteksi senyawa dalam campuran kompleks (Sriwahyuni *et al.*, 2018). Spektrofotometri UV-Vis dapat digunakan untuk kuantifikasi, tetapi sangat dipengaruhi oleh matriks sampel dan sering mengalami interferensi dari senyawa lain yang menyerap pada panjang gelombang serupa (Duran *et al.*, 2015). Sementara itu, HPLC dikenal memiliki sensitivitas dan selektivitas tinggi, tetapi membutuhkan pelarut organik yang berbahaya, waktu analisis yang relatif lama, dan peralatan yang mahal serta pemeliharaan yang rumit (Maiti *et al.*, 2011).

Sebagai alternatif yang lebih praktis, Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR) menjadi pilihan yang menjanjikan. FTIR mampu mendeteksi senyawa berdasarkan vibrasi gugus fungsi spesifik pada rentang panjang gelombang tertentu, tanpa perlu proses ekstraksi atau preparasi sampel yang

kompleks. Teknik ini bersifat non-destruktif, cepat, hemat biaya, serta mampu menganalisis banyak sampel secara simultan (Hughes dan Ayoko, 2013). Selain itu, FTIR tidak memerlukan reagen kimia berbahaya dan sangat cocok untuk analisis awal atau *screening* terhadap bahan kimia obat (BKO) seperti parasetamol dalam matriks kompleks seperti jamu (Rohman dkk., 2015).

Namun, untuk mengoptimalkan interpretasi data spektral FTIR yang seringkali kompleks dan memiliki puncak-puncak serapan yang saling tumpang tindih, pendekatan statistik multivariat melalui kemometrika sangat diperlukan. Teknik *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mengklasifikasikan sampel dan mengevaluasi variabilitas data, sedangkan *Partial Least Square* (PLS) dimanfaatkan untuk membangun model prediktif berbasis korelasi antara intensitas spektrum dan konsentrasi analit target (Rohman, 2014). Kombinasi FTIR dengan kemometrika memungkinkan ekstraksi informasi secara efisien, mengurangi gangguan dari impuritas dan *noise*, serta meningkatkan validitas kuantifikasi terhadap senyawa target seperti parasetamol, bahkan dalam campuran kompleks (Rohman dkk., 2015).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode analisis yang cepat, akurat, dan efisien untuk mengidentifikasi kandungan parasetamol dalam jamu pegal linu menggunakan teknik spektrofotometri FTIR yang dikombinasikan dengan pendekatan kemometrika PCA dan PLS. Diharapkan metode ini tidak hanya mampu memberikan deteksi kualitatif, tetapi juga kuantifikasi kandungan parasetamol secara presisi, sehingga dapat mendukung pengawasan mutu produk jamu secara ilmiah dan komprehensif.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi keberadaan parasetamol dalam sediaan jamu pegal linu menggunakan spektrofotometri FTIR dan analisis.

2. Menganalisis kesamaan atau perbedaan spektrum antara sampel jamu, parasetamol murni, dan jamu simulasi.
3. Mengetahui validitas metode analisis parasetamol menggunakan spektrofotometer FTIR dan kemometrika *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS).

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pendekatan ilmiah yang efisien dan praktis dalam deteksi bahan kimia obat (BKO) seperti parasetamol pada produk jamu pegal linu menggunakan FTIR dan kemometrika.
2. Mendukung kegiatan pengawasan produk jamu di pasaran melalui pendekatan analisis instrumen berbasis spektrum dan statistik multivariate.
3. Sebagai sumber informasi mengenai penggunaan spektrofotometer FTIR dalam membedakan jamu pegal linu dan campuran menggunakan metode PCA dan PLS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamu

Secara etimologis, istilah “jamu” berasal dari kata “jamuju” dalam bahasa Jawa Kuno menjadi “jamu” dalam bahasa Jawa Baru. Dalam bahasa Indonesia modern, “jamu” merujuk pada ramuan obat tradisional berbasis bahan alam, seperti akar, rimpang, daun, dan bagian tumbuhan lainnya, yang telah digunakan secara turun-temurun oleh masyarakat Indonesia untuk menjaga kesehatan maupun mengobati penyakit (Ubaidillah, 2017). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 6 Tahun 2016, jamu didefinisikan sebagai sediaan obat tradisional dari bahan alam yang keamanan dan khasiatnya dibuktikan secara empiris. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) mengklasifikasikan obat tradisional menjadi tiga kelompok, yaitu Jamu, Obat Herbal Terstandar (OHT), dan Fitofarmaka, yang dibedakan berdasarkan tingkat pembuktian ilmiah dan uji klinis yang telah dilalu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Sidoretno & Rz, 2018).



Gambar 1. Penggolongan Obat Bahan Alam (a) Jamu, (b) Obat Herbal Terstandar, dan (c) Fitofarmaka (Sidoretno dan Rz, 2018).

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) mengelompokkan obat tradisional atas jamu, Obat Herbal Terstandar (OHT), dan fitofarmaka. Sesuai dengan Permenkes No. 003/Menkes/Per/I/2010 tentang jamu dalam penelitian berbasis

pelayanan kesehatan, jamu adalah obat tradisional Indonesia. Berdasarkan Keputusan Kepala BPOM No. HK.00.05.4.2411 tahun 2004 jamu harus memenuhi kriteria; aman sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan klaim khasiat dibuktikan berdasarkan data empiris, dan memenuhi mutu yang berlaku.

Jamu adalah obat tradisional yang terdiri dari seluruh bahan tanaman yang digunakan untuk membuatnya. Sediaan jamu terdiri dari sediaan tradisional, seperti bubuk atau cairan, yang dibuat sesuai dengan resep turun temurun dan terdiri dari lima hingga sepuluh macam tanaman obat (Parwata, 2016). Produk jamu harus memenuhi kriteria mutu berikut:

1. Aman sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan
2. Klaim bahwa jamu berkhasiat telah dibuktikan dengan data empiris
3. Jamu memenuhi persyaratan mutu yang berlaku (BPOM RI, 2004).

Obat tradisional Indonesia seperti jamu, dibuat secara turun-temurun dari bahan alami. Tanaman obat dan obat tradisional memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan obat-obatan modern. Keunggulan penggunaan tanaman obat dan obat tradisional adalah sebagai berikut:

- a. Tidak memiliki efek samping yang signifikan jika digunakan secara tepat;
- b. Beberapa bahan memiliki efek saling mendukung;
- c. Beberapa tanaman obat memiliki efek farmakologi; dan
- d. Mereka lebih cocok untuk penyakit metabolik generatif.

Salah satu kelemahan penggunaan tanaman obat dan obat tradisional adalah sebagai berikut:

- a. Efek farmakologisnya lemah
- b. Bahan baku belum terstandar
- c. Volume dan higroskopis
- d. Uji klinik belum dilakukan
- e. Mudah tercemar oleh berbagai mikroorganisme (Ahmad, 2012).

Salah satu dari banyak jenis jamu yang tersedia di pasar adalah jamu pegal linu. Produk obat tradisional yang sangat diminati masyarakat adalah jamu pegal linu. Jamu pegal linu digunakan untuk menghilangkan pegal linu, nyeri otot dan tulang, memperlancar peredaran darah, meningkatkan daya tahan tubuh, dan sakit seluruh

badan. Namun, ramuan ini hanya digunakan secara empiris dan tidak diuji secara klinis. Menurut Pedoman Rasionalisasi Komposisi Obat Tradisional, jamu pegal linu berguna untuk mengurangi nyeri, membuat tubuh agar lebih segar, menenangkan atau melelap tidur, dan terkait dengan adanya efek analgetika dapat menjelaskan manfaat pegal linu dalam kasus ini (Wahyuni dan Sujono, 2004).

2.1.1 Jamu Pegal Linu

Jamu pegal linu adalah salah satu jamu yang paling populer dan dikenal di masyarakat. Mereka biasanya membantu menghilangkan pegal linu, nyeri otot, memperlancar peredaran darah, meningkatkan daya tahan tubuh, dan sakit seluruh badan. Menurut Pedoman Rasionalitas Komposisi Obat Tradisional, mudahnya membuat jamu pegal linu berguna karena mengurangi nyeri, membuat tubuh terasa segar, dan membuat Anda merasa lebih tenang atau lebih lelap saat tidur. Bahan-bahan yang membentuk jamu pegal linu adalah *Zingiberis aromaticae rhizoma*, *languatis rhizoma*, *Cyperis rhizoma*, dan *Zingiberis rhizoma*, yang berfungsi sebagai anti inflamasi. Minyak atsiri dan flavonoid adalah beberapa senyawa yang ditemukan dalam tanaman. Flavonoid menghambat aktivitas *siklooksigenase* dan *lipooksigenase*, yang merupakan mekanisme anti inflamasi mereka (Qinghu Wang *et al*, 2016).

Bahan alam yang biasa digunakan dalam sediaan jamu pegal linu sangat beraneka ragam, beberapa contoh yang biasa digunakan antara lain:

1. ***Languatis Rhizoma* (lengkuas):** kaya akan senyawa fenolik seperti galangol dan metil sinamat yang berkhasiat anti-reumatik dan antifungal.
2. ***Zingiberis Rhizoma* (jahe):** mengandung gingerol dan cineol yang dikenal sebagai antiradang dan analgesik.
3. ***Cymbopogon citratus* (serai):** mengandung minyak atsiri dan senyawa flavonoid sebagai inhibitor enzim siklooksigenase (COX), sehingga mampu mengurangi peradangan dan nyeri otot atau sendi (Suparni dan Wulandari, 2012).
4. ***Syzygium polyanthum* (daun salam):** mengandung Minyak atsiri (*eugenol*, *metil eugenol*), yang memiliki efek mirip NSAID (*non-steroidal*

anti-inflammatory drugs), yaitu menghambat produksi *prostaglandin* yang menyebabkan nyeri dan peradangan.

5. ***Curcuma Rhizoma* (kunyit)**: mengandung kurkumin yang bersifat antioksidan, antiinflamasi, dan hepatoprotektif (Shan dan Iskandar, 2018).

2.2 Bahan Kimia Obat (BKO)

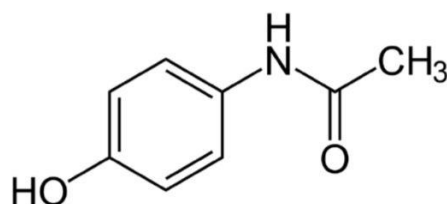
Bahan atau zat kimia obat adalah bahan atau zat kimia yang berkhasiat sebagai obat atau lebih dikenal sebagai senyawa obat, yaitu senyawa yang bioaktif sebagai komponen aktif obat, bertujuan untuk mempengaruhi fungsi tubuh dan khususnya mencegah penyakit, meringankan atau menyembuhkannya. Bahan Kimia Obat yaitu senyawa kimia obat yang biasanya sengaja ditambahkan ke dalam jamu, dengan tujuan untuk memberikan efek yang diinginkan tercapai lebih cepat (BPOM RI, 2014).

Beberapa bahan kimia obat yang sering ditambahkan dalam jamu tersebut adalah dexametason dan parasetamol. Dexametason sering mengakibatkan *myopathy* (otot menyusut dan nyeri) pada penggunaan oral, juga menekan adrenal agak kuat. Sedangkan efek samping parasetamol adalah kerusakan darah, kerusakan hati dan ginjal. Parasetamol merupakan obat analgetik non narkotik dengan cara kerja menghambat sintesis prostaglandin terutama pada sistem syaraf pusat. Obat yang mengandung parasetamol digunakan secara luas baik dalam bentuk sediaan tunggal sebagai analgetik-antipiretik maupun kombinasi dengan obat lain dalam sediaan obat flu, melalui resep dokter atau yang dijual bebas (Saputra, 2015.)

Penambahan BKO ini melanggar Pasal 7 Peraturan Menteri Kesehatan No. 007 Tahun 2012, yang melarang penggunaan bahan kimia sintesis berkhasiat obat, narkotika, psikotropika, dan alkohol dalam produk obat tradisional. Konsumsi jangka panjang jamu yang mengandung BKO dapat menyebabkan kerusakan organ, terutama hati dan ginjal, serta menimbulkan efek ketergantungan. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang efektif untuk mendeteksi keberadaan BKO dalam produk jamu secara cepat dan akurat (BPOM, 2010).

2.2.1 Parasetamol

Parasetamol atau asetaminofen (4-hidroksiasetanilida) merupakan analgesic dan antipiretik yang bekerja dengan menghambat enzim siklooksigenase di sistem saraf pusat. Tidak seperti NSAID, parasetamol tidak memiliki aktivitas antiinflamasi yang kuat karena tidak aktif di jaringan yang memiliki kadar peroksida tinggi. Parasetamol tersedia luas dalam bentuk tunggal maupun kombinasi, dan dikenal karena tingkat keamanannya yang tinggi pada penggunaan jangka pendek dalam dosis terapeutik (Katzung, 2011). Adapun struktur parasetamol ditunjukkan pada Gambar 2 beserta karakteristiknya.



Gambar 2. Struktur Parasetamol (Kemenkes RI, 2014)

Nama Kimia	: 4- Hidroksiasetanilida
Rumus Empiris	: C ₈ H ₉ NO ₂
Berat Molekul	: 151,16
Pemerian	: Serbuk, putih, tidak berbau, rasa sedikit pahit
Kelarutan	: Larut dalam air mendidih dan dalam natrium hidroksida 1N, mudah larut dalam etanol
Panjang gelombang	: 254 nm
Penyimpanan	: Dalam wadah tertutup rapat, tidak tembus cahaya (Depkes RI, 1995).

2.2.2 Dampak dari Kelebihan Mengonsumsi Parasetamol

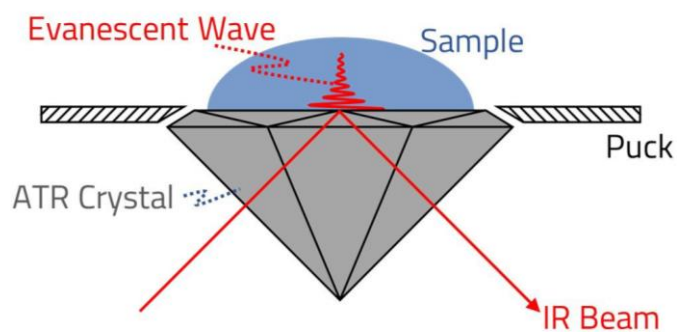
Efek samping pada penggunaan parasetamol yang salah dalam dosis tinggi dan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan efek samping yang tidak diinginkan dan salah satunya adalah hepatotoksitas, yang dapat merusak sel-sel

hati. Dosis berlebihan parasetamol yang menghasilkan NAPQI (*N-asetil-p-benzo-kuinon imina*) tidak dapat dinetralkan sepenuhnya oleh glutathione hepar, yang menyebabkan kerusakan hepar. Salah satu efek sampingnya adalah reaksi hipersensitivitas dan kelainan darah. Parasetamol dapat digunakan dengan aman oleh wanita hamil dan selama laktasi, bahkan jika mereka mencapai air susu ibu. Namun, penggunaan jangka panjang dari 3-4 g sehari dapat menyebabkan kerusakan hati (Tan dan Kirana, 2002).

2.3 Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi FTIR merupakan metode analisis instrumental yang bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara sinar inframerah dan molekul, khususnya vibrasi gugus fungsional. Teknik ini menghasilkan spektrum unik bagi setiap senyawa berdasarkan bilangan gelombang ($4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$) dan intensitas absorbansi yang khas. FTIR telah digunakan secara luas dalam analisis kimia, farmasi, dan produk herbal karena kemampuannya dalam mengidentifikasi dan mengkuantifikasi senyawa dengan cepat tanpa persiapan sampel yang kompleks (Yudhapratama, 2010).

FT-IR metode konvensional dengan analisis multivarian telah banyak diterapkan, namun dibutuhkan personal yang terampil karena sampel harus disiapkan dan terdispersi dalam matrik KBr yang kemudian dikompresi menjadi pellet sehingga membutuhkan waktu dan membutuhkan mesin pompa hidrolik untuk menghasilkan pellet yang seragam. FT-IR ATR merupakan teknik FT IR sederhana dan dapat digunakan pada pengukuran sampel dalam bentuk padat dan cair yang ditunjukkan pada Gambar 3. Teknik ini merupakan teknik yang sangat cepat dan hanya memerlukan sampel dalam jumlah sedikit (Graham dkk., 2018).

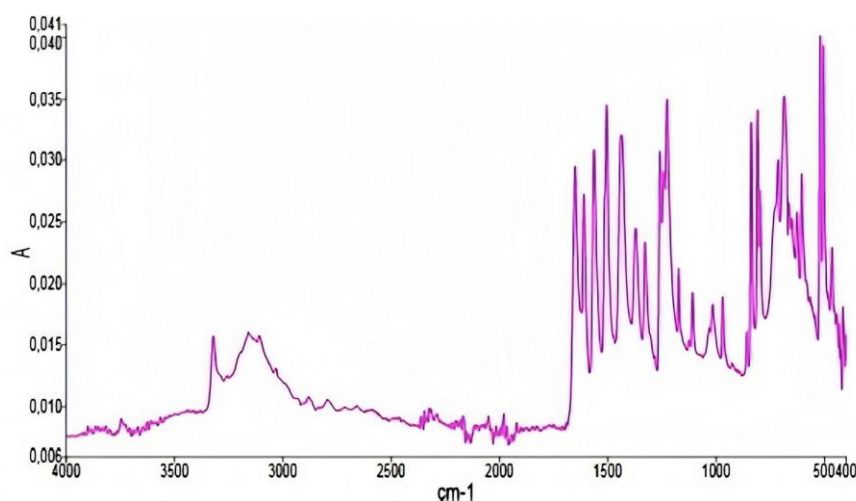


Gambar 3. Spektrofotometer FTIR-ATR (Nicolet, 2001).

Teori dasar spektrofotometer FTIR-ATR cukup sederhana, yaitu sinar inframerah dipantulkan dari permukaan kristal dari sisi bawah dan berinteraksi dengan sampel berindeks bias lebih rendah yang ditempatkan di permukaan kristal. Intensitas cahaya yang dipantulkan sebelum dan sesudah sampel ditempatkan pada kristal dicatat untuk memastikan berkas cahaya melalui permukaan kristal ATR (Nicolet, 2001).

2.3.1 Puncak dari Parasetamol

Adapun hasil spektrum FTIR antara standar parasetamol dengan sampel terdapat pada rentang gelombang antara $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ yang ditunjukkan pada Gambar 4, serta hasil identifikasi gugus pada standar parasetamol menggunakan FT-IR ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Hasil Uji FTIR pada Standar Parasetamol (Krishna, 2015).

Tabel 1. Hasil Identifikasi Gugus Fungsi FTIR pada Standar Parasetamol.

Gugus Fungsional	Bilangan Gelombang (cm⁻¹)
N-H amida ulur	3360 cm ⁻¹
O-H fenolik ulur	3000 – 3500 cm ⁻¹
C-H	3000 cm ⁻¹
Overton aromatik	1840 – 1940 cm ⁻¹
C=O amida ulur	1650 cm ⁻¹
C=C aromatik ulur	1608 cm ⁻¹
N-H amida tekuk	1568 cm ⁻¹
C=C aromatik ulur	1510 cm ⁻¹
=C-H ulur	810 cm ⁻¹

(Krishna, 2015).

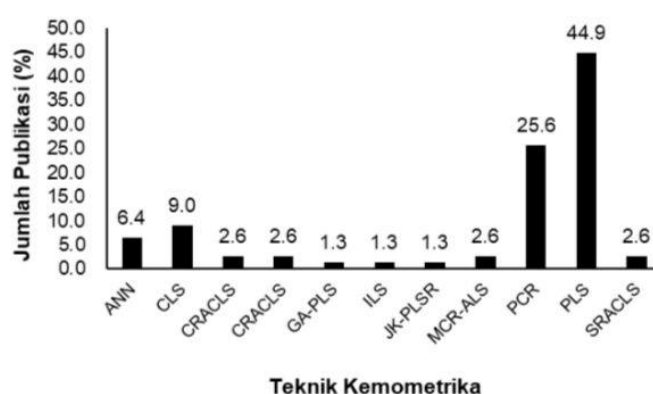
2.4 Kemometrika

Kemometrika mencakup penggunaan metode statistik dan matematika untuk mengekstrak lebih banyak informasi dari data kromatografi. Sejak awal abad ke-20, geometri telah berkembang pesat. Berkembangnya metode kemometrika disebabkan oleh banyaknya data yang dihasilkan oleh peralatan multielemen dan multikomponen modern, yang membutuhkan penerapan metode kemometrika untuk mengolah data penting, dan popularitas komputer dalam pengolahan data. Metode kemometrika telah menjadi alat penting bagi ilmuwan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih cepat dengan waktu pengembangan produk yang lebih pendek berkat kemajuan teknologi komputer. Analisis Komponen Utama (PCA) adalah teknik kemometrika yang paling sering digunakan untuk mengolah data multivariat dengan sampel yang tidak diketahui. PCA menjadi metode yang bertujuan untuk menyederhanakan perubahan yang diamati dengan cara mereduksi dimensinya (Rafi dkk., 2016).

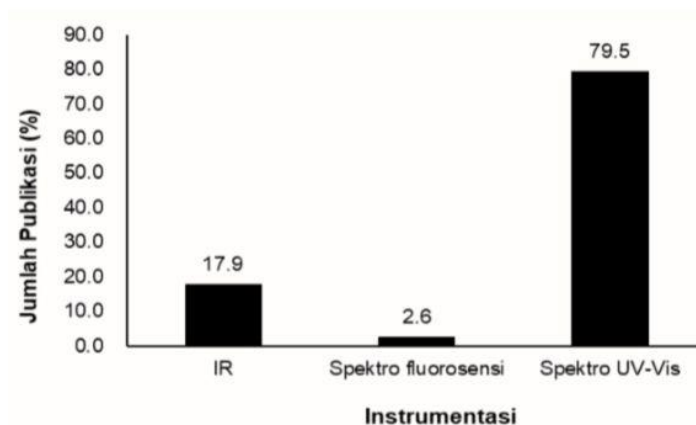
Analisis menggunakan banyak jenis kemometrika. Pertama, kemometrika terkait dengan teknik pemrosesan spektra, yang bertujuan untuk mengoptimalkan pemrosesan data spektral. Kedua, kemometrika terkait dengan pengelompokan, yang memungkinkan pengelompokan yang tepat berdasarkan karakteristik

spektral tertentu. Terakhir, kemometrika terkait dengan hubungan antara spektra vibrasional, yang merupakan komponen penting dalam analisis kimia (Miller *and* Miller, 2005).

Terdapat aplikasi dari salah satu jenis teknik kemometrika yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6. Berdasarkan hasil studi literatur di atas, dapat dikatakan bahwa teknik kemometrika yang sering diaplikasikan adalah PLS dengan persentase 78,947% dari keseluruhan literatur yang diperoleh (Gambar 5). Metode ini sering diaplikasikan memaksimalkan kovarians sehingga dapat mengkorelasikan varians dan data secara bersamaan. Dalam PLS, variabel yang menunjukkan korelasi tinggi dengan variabel respon diberi bobot ekstra karena akan lebih efektif dalam prediksi. Dengan cara ini karena mampu kombinasi linear dari variabel prediktor dipilih yang berkorelasi tinggi dengan variabel respon dan juga menjelaskan variasi variabel prediktor (Paulina dkk, 2021).



Gambar 5. Presentase jumlah publikasi terkait teknik kemometrika (Paulina dkk., 2021)



Gambar 6. Persentase instrumentasi yang digunakan pada publikasi terkait teknik kemometrika (Paulina dkk., 2021)

2.4.1 *Principal Component Analysis (PCA)*

Principal Component Analysis (PCA) atau Analisis Komponen Utama adalah suatu teknik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan yang saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas. Jadi PCA dapat berguna untuk mereduksi data, sehingga lebih mudah untuk menginterpretasikan data-data tersebut (Johnson dan Wichern, 2007). PCA sering disebut juga sebagai variabel tersembunyi (latent variables) karena kemampuannya sebagai teknik untuk melakukan pengelompokan suatu analisis (Rohman dkk., 2021).

Principal Component Analysis (PCA) atau Analisis Komponen Utama biasanya digunakan sebagai:

1. Identifikasi variabel baru yang mendasari data variabel ganda.
2. Mengurangi banyaknya dimensi himpunan variabel yang biasanya terdiri atas variabel yang banyak dan saling berkorelasi dengan mempertahankan sebanyak mungkin keragaman dalam himpunan data tersebut.
3. Menghilangkan variabel-variabel asal yang mempunyai sumbangan informasi yang relatif kecil variabel baru yang dimaksud di atas disebut komponen utama yang mempunyai ciri yaitu:
 - a. Merupakan kombinasi linier variabel-variabel asal.
 - b. Jumlah kuadrat koefisien dalam kombinasi linier tersebut bernilai satu.
 - c. Tidak berkorelasi, dan mempunyai ragam berurut dari yang terbesar ke yang terkecil (Delsen dkk., 2017).

2.4.2 *Partial Least Square (PLS)*

Metode *Partial Least Square (PLS)* merupakan suatu pendekatan model yang fleksibel, dirancang khusus untuk mengungkap struktur kompleks dan keragaman dalam data. PLS dapat dianggap sebagai bentuk yang terkait erat dengan Prinsip *Component Regression (PCR)*. Dalam PLS, model yang dihasilkan dioptimalkan untuk menjelaskan hubungan yang kompleks antara dua kelompok variabel.

Proses ini melibatkan pendugaan hubungan antara variabel dependen (y) dan variabel independen (x), serta estimasi nilai spesifik dari variabel dependen menggunakan algoritma tertentu. Dengan demikian, PLS memungkinkan pemodelan yang cermat terhadap relasi yang kompleks dan saling mempengaruhi antara variabel-variabel yang diamati (Bilfarsah, 2005).

PLS mempunyai kelebihan antara lain, pembentukan komponen regresi PLS yang dapat menggambarkan korelasi antara variabel x dan variabel y dengan setiap fungsi linier yang memungkinkan dari variabel x. Analisis menggunakan spektrofotometri FTIR dengan metode PLS sering digunakan untuk mengekstrak informasi dari spektra yang kompleks dengan puncak-puncak yang tumpang tindih dengan adanya *impurities*, dan adanya *noise* dari instrumen spektrofotometri FTIR. Bila terdapat jumlah prediktor x jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah pengamatan y, maka pendekatan ini akan sulit dilakukan karena adanya multikolinieritas pada data (Miler dan Miler ,1984). PLS dapat diaplikasikan pada seluruh daerah inframerah yang spesifik. Pemilihan frekuensi spesifik berdasarkan pada nilai koefisien determinasi kalibrasi yang paling tinggi (R^2) dan nilai *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC) terendah (Rohman dan Che man, 2011).

Pada pengujian *Partial Least Squares* (PLS), terdapat dua metode yang dapat digunakan. Metode pertama adalah metode *leave one out*, di mana satu sampel kalibrasi dikeluarkan dari model PLS dan sisa sampelnya digunakan untuk memprediksi tingkat suatu sampel yang telah dikeluarkan tersebut. Kesalahan prediksi dihitung dengan membandingkan nilai prediksi dengan nilai aktual. Proses ini dapat diulangi hingga semua sampel kalibrasi telah dikeluarkan satu persatu. Sedangkan, metode kedua melibatkan penggunaan sampel prediksi, sampel validasi, atau yang dikenal sebagai sampel independen. Dalam metode ini, sampel-sampel ini digunakan untuk menguji kinerja model PLS secara terpisah, memungkinkan penilaian objektif terhadap kemampuan prediksi model terhadap data yang tidak digunakan selama proses kalibrasi (Nurulhidayah dkk., 2013).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024- Januari 2025 di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

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 5 mL, dan *software* minitab 19.

Bahan yang digunakan adalah 10 sampel jamu pegal linu yang beredar di Bandar Lampung dengan kode sampel berbeda, kunyit, jahe, temulawak, serai, daun salam, standar parasetamol (BPFI), dan etanol 96%.

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun metode penelitian yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Sampling Sampel Jamu

Dipilih 10 sampel jamu pegal linu kemasan yang diperoleh dari toko-toko jamu yang berada di daerah Bandar Lampung. Pemilihan jamu berdasarkan kriteria yaitu jamu yang tidak terdapat nomor registrasi yang tercantum dalam BPOM.

3.3.2 Preparasi Sampel Standar Parasetamol

Standar Bahan Kimia Obat (BKO) berupa parasetamol yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Pusat Pengembangan Pengujian Obat dan Makanan Nasional (PPPOMN), yang berada di bawah naungan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI). PPPOMN merupakan lembaga resmi yang berwenang menyediakan bahan referensi standar untuk keperluan analisis mutu dan keamanan obat, makanan serta produk kesehatan lainnya (BPOM, 2021). Adapun untuk penyiapan standar parasetamol ditimbang sebanyak 0,015 mg menggunakan neraca analitik kemudian dianalisis menggunakan instrumen FTIR (Utami dkk., 2022).

3.3.3 Preparasi Jamu Simulasi

Pembuatan jamu simulasi dilakukan dengan dicuci bersih semua bahan herbal di bawah air mengalir dengan tujuan untuk menghilangkan sisa kotoran dan mengurangi resiko kontaminasi (Handayani dkk., 2021). Setelah bersih, semua bahan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50- 60°C selama kurang lebih 8-12 jam. Selanjutnya bahan- bahan tersebut dihaluskan menggunakan blender hingga diperoleh serbuk halus (Yuliana dkk., 2020).

3.3.4 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi

Set kalibrasi adalah proses pembangunan hubungan matematis antara spektrum inframerah suatu sampel dengan konsentrasi senyawa target (parasetamol), menggunakan data referensi dari sampel yang komposisinya telah diketahui. Sementara itu, set validasi merupakan tahap penting dalam pengujian keandalan dan generalisasi model terhadap data baru yang belum pernah digunakan dalam proses kalibrasi. Pembuatan set kalibrasi dan validasi terdiri dari campuran standar parasetamol dan jamu simulasi. Di mana, set kalibrasi dibuat dengan mencampurkan standar parasetamol dan jamu simulasi pada rentang konsentrasi

0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Dengan adanya rentang perbedaan konsentrasi dari set kalibrasi ini untuk mendeteksi kemurnian dari kisaran bilangan gelombang $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 16 cm^{-1} . Pembacaan spektrum dilakukan pada waktu dan kondisi yang sama. Sebelum dilakukan analisis sampel dilakukan uji blanko terhadap udara. lalu Kristal ATR dibersihkan dengan menggunakan ethanol (Rahayu dkk., 2024). Komposisi set kalibrasi dari standar parasetamol dan jamu simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Set Kalibrasi Campuran Standar Parasetamol dan Jamu Simulasi.

Konsentrasi (%)	Standar Parasetamol (mg)	Jamu Simulasi (mg)	Kategori
0	0	15	Murni
20	3	12	Campuran
40	6	9	Campuran
60	9	6	Campuran
80	12	3	Campuran
100	15	0	Murni

Set validasi dibuat dengan mencampurkan standar parasetamol dan jamu simulasi pada perbandingan konsentrasi 0%, 10%, 30%, 50%, 70%, 90%, dan 100%.

Setelah diperoleh campuran set validasi dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer FTIR. Komposisi set validasi dari standar parasetamol dan jamu simulasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Set Validasi Campuran Standar Parasetamol dan Jamu Simulasi.

Konsentrasi (%)	Standar Parasetamol (mg)	Jamu Simulasi (mg)	Kategori
0	0	15	Murni
10	1,5	13,5	Campuran
30	4,5	10,5	Campuran
50	7,5	7,5	Campuran
70	10,5	4,5	Campuran
90	13,5	1,5	Campuran
100	15	0	Murni

3.3.5 Analisis dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Standar parasetamol dan sampel-sampel yang sudah disiapkan serta kalibrasi yang telah dibuat masing-masing diletakkan pada plat ATR, kemudian melakukan *scanning* sebanyak 32 kali pada kisaran bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} dengan resolusi 16 cm^{-1} . Setiap selesai pengukuran, plat dibersihkan dengan etanol sebanyak dua kali hingga tidak ada sampel yang tertinggal, lalu dikeringkan dengan tisu (Utami dkk., 2018).

3.3.6 Analisis Kemometrika

Data absorbansi hasil spektrum FTIR selanjutnya diolah menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS) dengan menggunakan *software* Minitab 19.

Adapun cara pengoperasian PCA menggunakan *software* Minitab 19 dengan cara sebagai berikut :

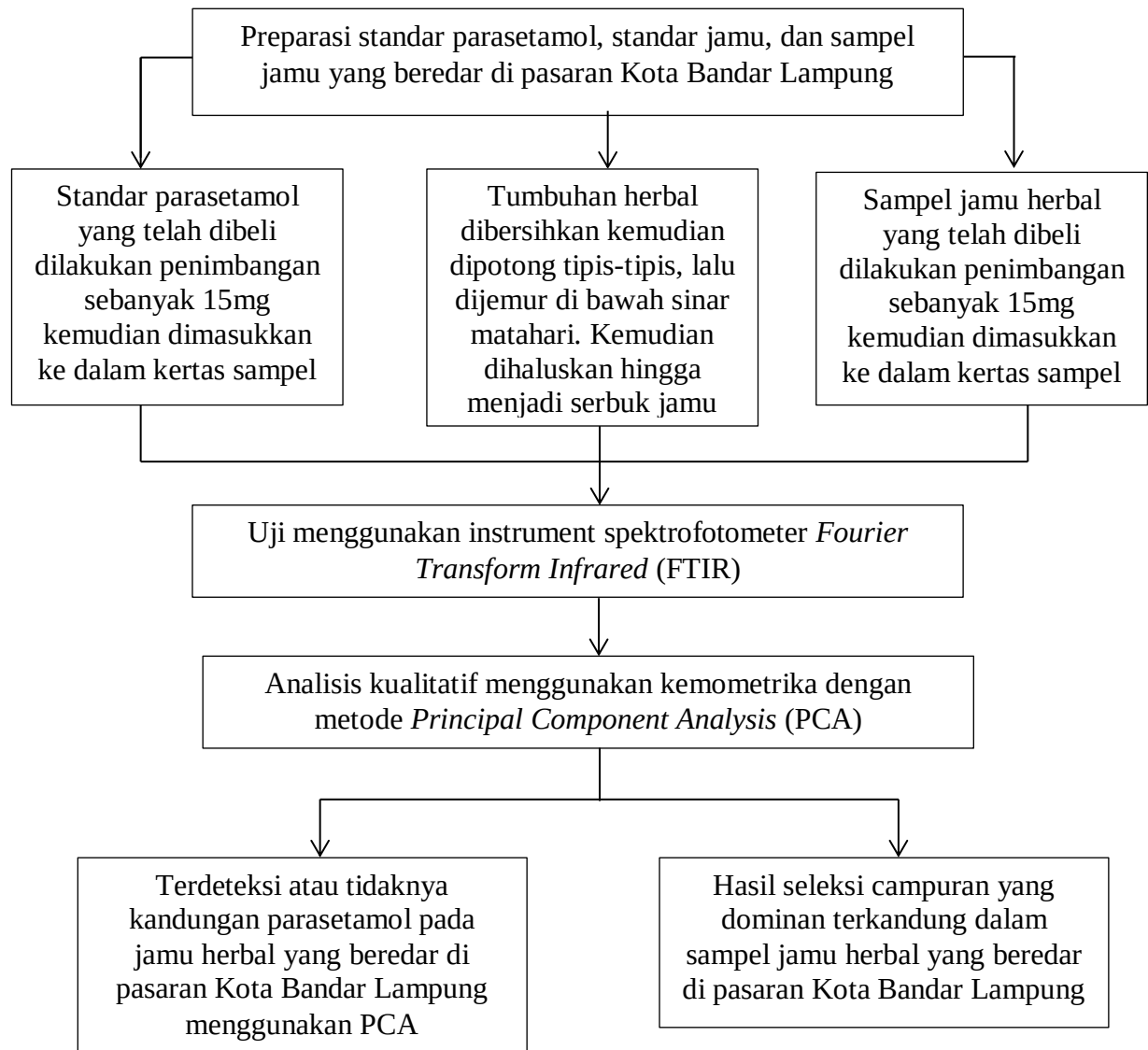
1. Dibuka *Worksheet* Minitab kemudian masukkan data.
2. Untuk analisis PCA, diklik : **Start** → **Multivariate** → **Principal Components**.
3. Kemudian dimasukkan contoh variabel ke kotak variabel.
4. Diklik **Graph**, bagian ini mengandung informasi yang penting.
5. Untuk memperoleh hasil analisis maka diklik **OK**, maka dalam *windows*
6. *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.
7. Untuk mengedit graph supaya menampilkan label tiap titik, maka diklik kanan pada grafik lalu pilih : **Add**→**Data Labels: Use labels from column**
8. Diklik **OK** maka akan menampilkan hasil output (Rohman dkk., 2021).

Adapun analisis menggunakan PLS dilakukan dengan *software* Minitab 19 dengan cara sebagai berikut :

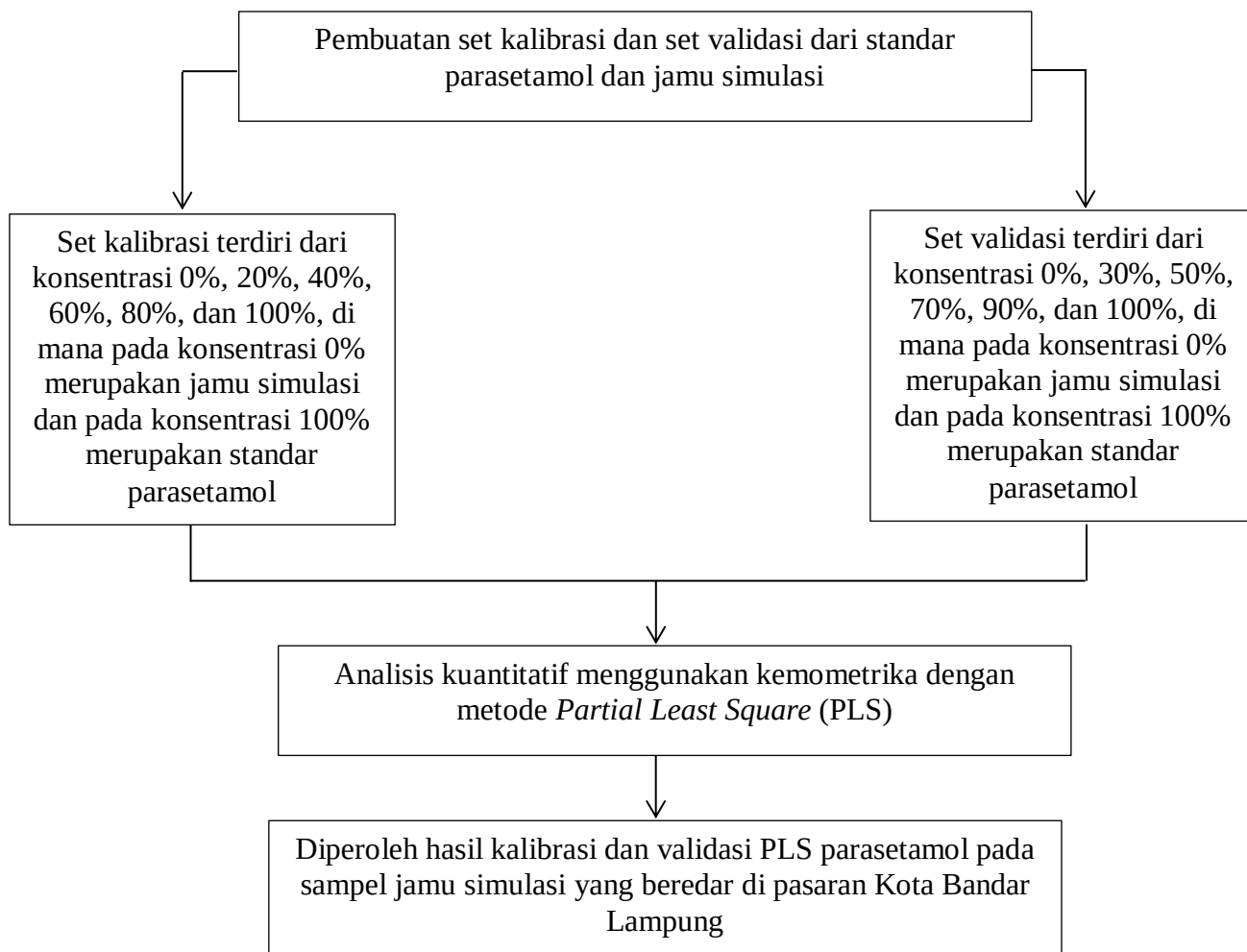
1. Dibuka *windows* Minitab.
2. Data dimasukkan dalam *Worksheet* Minitab.
3. Diklik **Start** → *regression* → **partial least square**.
4. Untuk respons diisi dengan C1, sedangkan untuk model diisi dengan A1-16.
5. Selanjutnya untuk melakukan validasi *leave one out*, diklik **Options** → pilih **leave one out** → klik **Ok**, maka diperoleh output data (Rohman dkk., 2021).

3.3.7 Diagram Alir Penelitian

- a. Preparasi untuk Uji Spektrofotometer FTIR dan Analisis Kualitatif PCA



b. Preparasi untuk Analisis Kuantitatif PLS



Gambar 7. a. Preparasi untuk Uji Spektrofotometer FTIR dan Analisis Kualitatif PCA b. Preparasi untuk Analisis Kuantitatif PLS

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 parasetamol dalam jamu kemasan.
2. Berdasarkan data analisis kualitatif, sampel jamu pada penelitian ini tidak ada yang mengandung parasetamol.
3. Nilai kumulatif yang diperoleh dari PCA sampel terhadap standar sebesar 95,7%.
4. Nilai R² yang diperoleh dari set kalibrasi PLS sebesar 0,99951 dan set validasi PLS sebesar 0,99919.
5. Nilai eror yang diperoleh dari set kalibrasi PLS yaitu sebesar 0,0012%. dan set validasi PLS sebesar 0,00194%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperlukan analisis tambahan sebagai penunjang data untuk melihat hasil uji yang lebih baik dan disarankan untuk menggunakan *software* statistika lainnya seperti Unscrambler atau yang lainnya untuk membandingkan hasil uji yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Purwanto, Y. A., dan Budiastira, I. W. 2015. Prediksi Kandungan Kimia Mangga Arumanis selama Penyimpanan dengan Spektroskopi NIR Arumanis Mango Chemical Contents Prediction during Storage using. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 3(1): 57–63.
- Ahmad, F.A. 2012. Analisis Penggunaan Jamu untuk Pengobatan Pada Pasien di Klinik Saintifikasi Jamu Hortus Medicus Tawangmangu Tahun 2012, *Tesis Program Pasca Sarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Universitas Indonesia. Depok.
- Alam, M. J., Rahman, M. M., dan Ahmed, M. U. 2021. FTIR Characterization of Paracetamol and Adulteration Detection. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. 56(2):123–129.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI). 2014. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor HK.03.1.23.07.11.6662 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Cemaran Mikroba dan Logam Berat dalam Kosmetika*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Badan POM RI. 2004. *Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor HK.00.05.4.2411 Tahun 2004 tentang Ketentuan Pokok Pengelompokan dan Penandaan Obat Bahan Alam Indonesia*. Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. Jakarta.
- Badan POM RI. 2010. *Tentang Obat Tradisional Mengandung Bahan Kimia Obat*. Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. Jakarta.
- Bilfarsah, A. 2005. *Efektifitas Metode Aditif Spline Kuadrat Terkecil Parsial Dalam Pendugaan Model Regresi*. Sains. Makara. Chanda, A. 2015. Evaluation and isolation of novel binding agent Alstonia scholaris in the formulation of tablet. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 4(4): 1247–1258.

- Delsen, M.S.N.V., Wattimena, A.Z., dan Saputri, S.D. 2017. Penggunaan metode analisis komponen utama untuk mereduksi faktor-faktor Inflasi di Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. 11(2): 109-118.
- Depdiknas. 2008. *Kamus besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa*. PT Gramedia Pustaka. Jakarta
- Depkes RI, 1995. *Farmakope Indonesia Ed IV Departemen Kesehatan Republik Indonesia*. Jakarta.
- Duran, A., Tuzen, M., and Soylak, M. 2015. Spectrophotometric determination of paracetamol in pharmaceutical preparations and human serum samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 135: 112–117.
- Efendi, R. P. 2017. Perlindungan Hukum Konsumen Atas Penggunaan Obat Tradisional Jamu yang Mengandung Bahan Kimia Berbahaya. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Firmansyah, D., dan Dede. 2022. Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*. 1(2):85–114.
- Gandjar, Ibnu Gholib dan Abdul Rohman. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Graham ,L. John O., Sangeeta, T. 2018. Quantitative screening of the pharmaceutical ingredient for the rapid of identification of substandard and falsified medicine using reflectance infrared spectroscopy. *Plos one*. 1-17.
- Hughes, J., dan Ayoko,G. 2013. Rapid Quantification of Methamphetamine using Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) and Chemometric Oplosone. *Journal Pharmacy*. 7 (8): 1-7.
- Johnson, R.A and Wichern, D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis 6 th edition*. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River.
- Jolliffe, I.T. 2002. *Principal Component Analysis*. Springer.

- Katzung, B.G. 2011. *Farmakologi Dasar dan Klinik Edisi 10*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Kemenkes RI. 2014. *Farmakope Indonesia. Edisi V*. Ditjen Bina Kefarmasian dan Alat Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Khoirunnisa, S. M. 2017. Identifikasi Deksametason dalam Jamu Pegal Linu Sediaan Serbuk yang Beredar di Pasar-pasar Kota Bandar Lampung secara Kromatografi Lapis Tipis. *Journal of Science and Application Technology*. 1(2): 94–101.
- Krishna, G.V. 2015. Formulation and Evaluation of Immediate Release Tablets of Paracetamol by Direct Compression Method. *IJPSR*. 6(3): 1226-1233.
- Lukman, H., Wulandari, L., dan Retnaningtyas, Y. 2016. Penentuan Kadar Flavonoid pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *Pustaka Kesehatan*. 4(1): 8–13.
- Maiti, S., Sahu, M., & Kaity, S. 2011. Comparative study of UV, HPLC and HPTLC methods for analysis of paracetamol and ibuprofen in marketed tablets. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3(2): 165–169.
- Miller, J.N. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis*. A Guide to Best Practice. Weinheim. Wiley-VchVerlag GmbH & Co.
- Miller, J. N., and Miller, J. C. 2010. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. *In Catalysis in Industry (Sixth edit. Vol. 5. Issue 3)*. Pearson Education Limited.
- Nicolet, C.Z. 2001. *Introduction to Attenuated Total Internal Reflectance (ATR)*. Nicolet Technical Sheet. CRC Press.
- Nurulhidayah, A.F., Rohman, A., Amin, I., Shuhaimi, M., dan Khatib, A. 2013. Analysis of Chicken Fat as Adulterant in Butter using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Grasas Y Aceites*. 64 (4): 349-355.

Parwata, Dr. Drs I Made Oka Adi, M.Si. 2016. *BahanAjar,Antioksidan, Program Studi Kimia Terapan Pascasarjana*. Universitas Udayana.

Paulina. N.F.P., Lorenza., Angelina .K., Pandhita., Desy. N.R.P., Mahemba., Arya P.N., Pedo., Theodora. D.G., Seran., Dewi., dan Florentina D.O. Pemanfaatan Teknik Kemometrika Pengenalan Pola pada Analisis Kuantitatif Senyawa Obat Kombinasi Tanpa Tahap Pemsiahan. *Media Pharmaceutica Indonesia*. 3 (4): 253-267.

Pavlovic, M. D., Rajsic, S. B., dan Vuckovic, I. M. 2013. Application of FTIR spectroscopy and chemometric analysis for qualitative and quantitative determination of paracetamol and tramadol in tablets. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 84, 334–341.

Qinghu, W., Jinmei, J., Nayintai, D., Narenchaoketu, H., Jingjing, H., Baiyinmuqier, B. 2016. AntiInflammatory Effects, Nuclear Magnetic ResonanceIdentification And High Performance Liquid Chromatography IsolationOf The Total flavonoids From Artemisia Frigida. *Journal Of Food And Drug Analysis*. 24: 385-391.

Rahayu, S,W., Buono,C, E., dan Raharjo, S, A. 2024. Analisis Cepat Kandungan Metamizole dan Deksametason pada Jamu Pegal Linu dengan Metode FTIR Kombinasi dengan Kemometrik. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 20 (02): 178-182.

Rafi, M., Anggundari, W. C., dan Irawadi, T. T. 2016. Potensi Spektroskopi FT-IR dan Kemometrik untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing dan Sapi. *Indonesian Journal Of Chemical Science*. 3(5), 231–234.

Rohman, A., dan Che Man, Y.B. 2011. The Optimization of FTIR Spectroscopy Combined with Partial Least Square for Analysis of Animal Fats in Quartenary Mixtures. *Spectroscopy*. 25: 169–176.

Rohman, A., Irnawati., danRiswanto, F. D. O. 2021. *Kemometrika*. UGM Press.

Rohman, A. 2014. *Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika untuk Analisis Farmasi*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

- Rohman, A., Sudjadi, Devi, Ramadhani, D., Nugroho, A. 2015. *Analysis of Curcumin in Curcuma longa and Curcuma xanthorrhiza Using FTIR Spectroscopy and Chemometrics*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Rohman, A., Sismindari, Y., & Martono, S. 2015. Quantitative analysis of paracetamol in herbal medicine using FTIR spectrophotometry and chemometrics. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 5(11): 143–147.
- Rollando, Debora, E.E., dan Monica, E. 2019. Penetapan Kadar Fenilbutazon dan Parasetamol di Dalam Jamu Pegal Linu yang Beredar di Kota Malang Secara Kromatografi Lapis Tipis Densitometri. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*. 2 (1): 126–138.
- Rosyidi, N. N., dan Khamidina. 2020. Analisis Lemak Bakso Tikus dalam Bakso Sapi di Sleman Menggunakan Spektroskopi Inframerah (Fourier Transform Infrared). *Indonesian Journal of Halal Science (IJHS)*. 001(01): 12–23.
- Santosa, C. M., Hertiani, T. 2005. Kandungan Senyawa Kimia dan Efek Ekstrak Daun Bangun-bangun (*Coleus ambonicus* L.) pada Aktivitas Fagositosis Netrofil Tikus Putih (*Rattus Nervogicus*). *Majalah Farmasi Indonesia*. 16 (4) :141-148.
- Saputra, S. A. 2017. Identifikasi Bahan Kimia Obat dalam Jamu Pegal Linu Seduh dan Kemasan yang dibuat di Pasar Bandar. *Jurnal Wiyata*. 2(2) 189-193.
- Sharma, A dan Mehta, R. 2020. Spectroscopic Analysis for Identification of Pharmaceutical Adulteration in Herbal Formulations. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 11(5): 2100–2106.
- Sharma, S. K., dan Sharma, N. 2020. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy for identifying counterfeit medicines: a case study on paracetamol. *Journal of Analytical Science and Technology*. 11(1): 1–12.
- Sidoretno, W, dan Rz., I.O. 2018. Edukasi Bahaya Bahan Kimia Obat yang terdapat dalam Obat Tradisional. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 1 (2): 36-42.

- Sriwahyuni, D., Dwi, L. S., & Wahyuningsih, S. P. 2018. Validasi metode KLT dan KLT-densitometri dalam penetapan parasetamol pada jamu tradisional. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 16(2): 125–132.
- Suparni dan Wulandari, Ari. 2012. *Herbal Nusantara: 1001 Ramuan Asli Indonesia*. ANDI. Yogyakarta.
- Tan Hoan Tjay dan Kirana Rahardja. 2002. *Obat-obat Penting : Khasiat, Penggunaan dan Efek-efek Sampingnya*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Tjay, K. dan Rahardja. 2009. *Obat-Obat Penting*. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Ubaidillah. 2017. Penggunaan kata Jamu dan Herbal dan Sistem Pengetahuan Indonesia: Sebuah Kajian Linguistik Antropologis Teks Politik Indonesia. *Metalingua*. 15 (2). 205-212.
- Utami, P. I., Rahayu, W. S., Nugraha, I., dan Rochana, A. N. 2018. Analisis Asam Lemak Lipid yang Diekstrak dari Tikus dengan Metode Kromatografi Gas-Spektrometri Massa. *Jurnal Seri Konferensi IOP: Ilmu dan Teknik Material*. 288.
- Wahyuni, S. A., dan Sujono, T. A. 2004. Studi Aktivitas Daya Analgetik Jamu Pegal Linu. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 5 (1): 21 – 32.
- Wulandari, L. 2011. *Kromatografi Lapis Tipis*. PT. Taman Kampus Presindo. Jember.
- Wulandari, L., Prahasto, T., dan Gunawan, V. 2016. Penerapan Principal Component Analysis untuk Mereduksi Dimensi Data Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pendidikan di Sekolah. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*. 6(2):91–96.
- Yuan Shan, C., & Iskandar, Y. 2018. Studi Kandungan Kimia Dan Aktivitas Farmakologi Tanaman Kunyit (*Curcuma longa* L.). *Pharmacia*. 16 (2): 547–555.

Yudhapratama. 2010. *Penentuan Keberadaan Zat Aditif pada Plastik Kemasan Melalui Perlakuan Pemanasan pada Spektrometer IR*. UPI. Bandung.

Zou, L., Shirand, Y, Liang, M. 2005. Estimating Soil Labile Organic and Potential Turnover Rates Using a Sequential Fumigation- Incubation Procedure. *Soil. Biology and Biochemistry*. 37 (3): 1923-1928.