Uji Adulterasi Ekstrak Temulawak dengan Pewarna Sintetis Metanil Yellow Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan Pendekatan Kemometrika

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S-1

Oleh:

Handika Eriksa Yumantara

22106030034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2228/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Uji Adulterasi Ekstrak Temulawak dengan Pewarna Sintetis Metanil Yellow Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan Pendekatan Kemometrika

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama	: HANDIKA ERIKSA YUMANTARA
Nomor Induk Mahasiswa	22106030034
Telah diujikan pada	: Senin, 24 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir	: A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Karmanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED
Valid ID: 6a90d2ee28975

Penguji I

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED
Valid ID: 6a91a04585d95

Penguji II

Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.
SIGNED
Valid ID: 6a8fb81ea621a

Yogyakarta, 24 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED
Valid ID: 6a9516ac230de

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Handika Eriksa Yumantara
NIM : 22106030034
Judul Skripsi : Uji Adulterasi Ekstrak Temulawak dengan Pewarna Sintetis Metanil Yellow Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan Pendekatan Kemometrika

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Agustus 2026
Pembimbing

Karmanto, S.Si., M.Sc.
NIP: 19820504 200912 1 005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Handika Eriksa Yumantara
NIM : 22106030034
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Uji Adulterasi Ekstrak Temulawak dengan Pewarna Sintetis Methanyl Yellow Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan Pendekatan Kemometrika"** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memeperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12-08-2026

Handika Eriksa Yumantara
NIM 22106030034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

"It’s not that I’m so smart, it’s just that I stay with problems longer."

Albert Einstein

"Ketika seseorang memutuskan untuk bertahan, di situlah batas antara kegagalan dan keberhasilan ditentukan."

B.J. Habibie

فَإِ ن مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۝إ ن مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

QS. Al-Inshirah: 5-6

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini penulis persembahkan dan dedikasikan untuk almamater Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah Tugas Akhir yang berjudul **"Uji Adulterasi Ekstrak Temulawak dengan Pewarna Sintetis Metanil Yellow Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan Pendekatan Kemometrika"**. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Agung Muhammad SAW, ketauladanan utama bagi seluruh umat manusia.

Penulisan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulis sangat menyadari bahwa dalam penjelajahan karya akhir ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, doa, dukungan moral, semangat, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kata pengantar ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D.** selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. **Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. **Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. **Bapak Karmanto, S.Si., M.Sc.** selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah dengan sangat sabar meluangkan waktu, memberikan ilmu, arahan, saran, serta bimbingan yang sangat berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. **Dosen Pembimbing Akademik dan Segenap Dosen Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta** yang telah mentransfer khazanah keilmuan serta memberikan bekal berharga selama masa perkuliahan.
6. **Seluruh Tim PLP dan Pengelola Laboratorium Kimia Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta** yang telah memfasilitasi dan membantu penulis selama melangsungkan penelitian di laboratorium.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

7. **Cinta pertamaku dan pilar hidupku, Bapak Suratman dan Ibu Sri Wahyuni**, terima kasih atas setiap doa yang menguatkan di setiap helai napas, pengorbanan yang tak pernah terhitung, kasih sayang yang tak pernah kering, serta kesabaran yang selalu menuntunku untuk terus melangkah.
8. **Untuk adik-adikku, Cika Cayza Yumantiaraswari dan Dimas Aditya Bima Yumantara**, terima kasih telah menjadi penenang di setiap ragu dan penguat di setiap lelah, kehangatan kalian adalah alasan terbaik untuk terus berjuang.
9. **Sosok yang sangat istimewa, Asfina Safa Maulida**, terima kasih yang tak terhingga karena telah menjadi sosok yang menemani dari sebelum masa kuliah dimulai, menjadi alasan dan pemantik awal langkah berkuliah, serta selalu konsisten menjadi *support system* dan rumah tempat berpulang di hari-hari yang tidak mudah selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. **Sahabat-sahabat 1 Circle (Sunda Empire): Nurmasdi Ridhani, Azzarkasy Azka, serta almarhum sahabat tercinta Alm. Arya Dinda Ratabilabagi.** Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan panjang ini sejak hari pertama hingga akhir perkuliahan, bersama-sama menggapai mimpi menjadi seorang kimiawan. Kenangan dan perjuangan kita akan selalu abadi.
11. **Teman-teman seangkatan yang selalu ada dan membantu, Wiwin Arfanudin dan Muhammad Ramadhan Kurnia Putra**, terima kasih atas bantuan, tawa, diskusi, dan kebersamaan yang tulus dalam melalui dinamika kuliah.
12. **Tetangga dan teman terbaik, Ilhan Anung Iswoyo dan Febriano Agung Nugroho**, terima kasih atas motivasi, dorongan, dan dukungan moral yang senantiasa hadir memberi semangat di saat-saat pengerjaan Tugas Akhir.
13. **Sahabat-sahabat Barudak Bandung: Azka, Dhani, Aryas, Arif, Naiya, Rini, Sheila, dan Rama**, terima kasih telah menjadi teman-teman terbaik yang memberikan warna, hangatnya persahabatan, dan tawa di setiap suka maupun duka selama mengarungi masa kuliah.
14. **Teman-teman Kimia Boys**, terima kasih atas kebersamaan, keceriaan, dan persahabatan hangat yang selalu mewarnai hari-hari perkuliahan.
15. **Keluarga Besar Kimia Angkatan 2022 (Xenon)**, terima kasih atas persaudaraan, perjuangan bersama, dan ukiran kenangan indah selama masa studi di UIN Sunan Kalijaga.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

16. **Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu**, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
17. **Terakhir, untuk diriku sendiri, Handika Eriksa Yumantara**, terima kasih sudah mau bertahan, menguatkan diri sendiri, dan tidak menyerah menghadapi setiap kerumitan eksperimen. Berbahagialah dengan setiap proses yang telah kau lewati.

Penulis menyadari bahwa naskah ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 2026

Penulis,

Handika Eriksa Yumantara

NIM. 22106030034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN iii
HALAMAN MOTTO iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
INTISARI xvi
ABSTRACT xvii
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Batasan Masalah 7
C. **Rumusan Masalah** 7
D. Tujuan Penelitian 8
E. Manfaat Penelitian 9
BAB II 10
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 10
A. Tinjauan Pustaka 10
B. **Landasan Teori** 18
1. **Adulterasi** 18
2. **Zat Warna Sintetis Metanil Yellow** 19
3. Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) 21
4. **Spektrofotometri UV-Vis** 24
5. **Kemometrika** 28

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

6. **Multivariate Curve Resolution (MCR)** 30

7. Partial Least Squares Regression (PLSR) 32

C. **Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian** 35

BAB III 39

METODOLOGI PENELITIAN 39

A. Waktu dan Tempat Penelitian 39

B. Alat Penelitian 39

C. Bahan Penelitian 39

D. Cara Kerja Penelitian 39

BAB IV 46

HASIL DAN PEMBAHASAN 46

A. **Karakteristik Spektra Larutan Temulawak, Metanil Yellow, dan Campuran** 46

1. **Karakteristik spektra larutan temulawak** 47

2. **Karakteristik spektra larutan metanil yellow** 49

3. **Karakteristik spektra campuran temulawak dan metanil yellow** 49

B. **Analisis MCR Larutan Temulawak dan Metanil Yellow** 51

4. **Analisis profil spektra komponen tunggal dari campuran kompleks temulawak dan metanil yellow** 51

C. **Partial Least Squares Regression (PLSR)** 56

1. **PLSR Spektrum Penuh (Faktor-4)** 56

2. **PLSR Spektrum Tereduksi/Parsial (Faktor-5)** 63

b. **Prediksi Kadar pada Sampel Uji** 66

3. **Evaluasi Akurasi melalui Uji Perolehan Kembali (Recovery)** 68

D. **Model Stepwise Multiple Linear Regression (SMLR)** 69

1. **Seleksi Variabel pada Model SMLR** 70

2. **Persamaan Regresi SMLR** 72

3. **Evaluasi Kinerja Model SMLR** 72

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

4. **Validasi Model SMLR** 73

5. **Model SMLR Terpilih** 74

BAB V 77

KESIMPULAN DAN SARAN 77

A. Kesimpulan 77

B. Saran 78

DAFTAR PUSTAKA 80

LAMPIRAN 87

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Senyawa metanil yellow 20

Gambar 2. 2 tumbuhan temulawak 22

Gambar 2. 3 Skema Alat Spektrofotometer UV-Visible (single beam) 27

Gambar 2. 4 Skema Spektrofotometer UV-Visible (double beam)..... 27

Gambar 4. 1. Spektra Larutan Temulawak Murni, Metanil Yellow Murni, dan Sembilan Variasi Campuran pada Rentang Panjang Gelombang 220–595,50 nm..... 46

Gambar 4. 2 Spektra Hasil Pemisahan MCR-ALS (Komponen 1 dan Komponen 2).... 52

Gambar 4. 3 Perbandingan Profil Spektra Komponen 1, Komponen 2, Temulawak Murni, dan Metanil Yellow Murni 53

Gambar 4. 4 (a) Perbandingan Komponen 1 terhadap Spektra Temulawak Murni (b) Perbandingan Komponen 2 terhadap Spektra Metanil Yellow Murni 54

Gambar 4. 5 Grafik Goodness of Fit (GOF) Kalibrasi (biru) dan Validasi Silang (merah) Model PLSR Spektrum Penuh (Faktor-4) 58

Gambar 4. 6 Grafik Goodness of Fit (GOF) Kalibrasi (biru) dan Validasi Silang (merah) Model PLSR Spektrum Parsial (Faktor-5)..... 65

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Komposisi Set Kalibrasi (Temulawak - Metanil Yellow) 41

Tabel 3. 2 Komposisi Sampel Uji (Temulawak - Metanil Yellow)..... 41

Tabel 4. 1 Cosine Similarity antara Spektra Komponen Hasil MCR dan Spektra Murni Acuan..... 54

Tabel 4. 2 Parameter Kalibrasi dan Validasi Silang Model PLSR Spektrum Penuh (Faktor-4)..... 57

Tabel 4. 3 Nilai Aktual dan Prediksi Kalibrasi Metanill Yellow (mg/L) – PLSR Spektrum Penuh (Faktor-4) 59

Tabel 4. 4 Hasil Prediksi dan Deviasi Kadar Metanil Yellow pada Sampel Uji PLSR Spektrum Penuh (Faktor-4) 60

Tabel 4. 5 Hasil Uji Perolehan Kembali (Recovery) Metanill Yellow pada Sampel Uji – PLSR Spektrum Penuh (Faktor-4)..... 62

Tabel 4. 6 Parameter Kalibrasi dan Validasi Silang Model PLSR Spektrum Tereduksi (Faktor5) 64

Tabel 4. 7 Nilai Aktual dan Prediksi Kalibrasi Metanil Yellow (mg/L) – PLSR Spektrum Parsial (Faktor-5) 66

Tabel 4. 8 Hasil Prediksi dan Deviasi Kadar Metanil Yellow pada Sampel Uji PLSR Spektrum Parsial (Faktor-5) 67

Tabel 4. 9 Hasil Uji Perolehan Kembali (Recovery) Metanil Yellow pada Sampel Uji – PLSR Spektrum Parsial (Faktor-5)..... 68

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Tabel 4. 10 Tahapan seleksi variabel pada SMLR (N = 7 sampel kalibrasi)..... 71

Tabel 4. 11 Hasil validasi sampel pada model SMLR (N = 4 sampel)..... 74

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian 87

Lampiran 2 Perhitungan Pembuatan Larutan Standar dan Larutan Campuran Temulawak – Metanil Yellow 88

Lampiran 3 Spektra Murni Larutan Temulawak dan Metanil Yellow 90

Lampiran 4 Scan Panjang Gelombang Campuran Temulawak dan Metanil Yellow 92

Lampiran 5 Hasil Identifikasi Spektra Komponen Tunggal dari Campuran dengan Metode MCR (Verifikasi terhadap Data Mentah) 96

Lampiran 6 Grafik dan Model Matematis Analisis Kuantitatif dengan Metode PLSR 100

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

Uji Adulterasi Ekstrak Temulawak dengan Pewarna Sintetis Metanil Yellow Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan Pendekatan Kemometrika

Oleh:

Handika Eriksa Yumantara

22106030034

Pembimbing:

Karmanto, S.Si., M.Sc.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kemampuan spektrofotometri UV-Vis yang dikombinasikan dengan pendekatan kemometrika untuk mendeteksi dan mengestimasi kadar pewarna sintetis *Metanil Yellow* sebagai adulteran dalam matriks ekstrak temulawak. Karakterisasi spektra menunjukkan bahwa temulawak murni dan *Metanil Yellow* murni memiliki puncak serapan maksimum (λ_{maks}) yang sangat berdekatan pada daerah cahaya tampak, masing-masing pada 424,50 nm dan 418,00 nm ($\Delta\lambda$ = 6,50 nm) dengan nilai *cosine similarity* sebesar 0,980, yang mengindikasikan tingkat tumpang tindih spektral (*spectral overlap*) yang sangat tinggi. Pemisahan komponen menggunakan *Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares* (MCR-ALS) pada rentang 220–600 nm berhasil mendekomposisi spektra campuran menjadi dua komponen utama (R^2 = 99,99998%; LOF model = 0,04573%), di mana Komponen 1 teridentifikasi sebagai temulawak (*cosine similarity* = 0,9898; LOF = 14,23%) dan Komponen 2 sebagai *Metanil Yellow* (*cosine similarity* = 0,9985; LOF = 5,48%), yang didukung oleh hasil *Hierarchical Cluster Analysis* (kemiripan 79,52%). Pada pemodelan kuantitatif, *Partial Least Squares Regression* (PLSR) spektrum penuh (220–600 nm) pada Faktor-4 memberikan kinerja terbaik dan paling konsisten dengan R^2 kalibrasi = 0,9981 (RMSEC = 0,0624 mg/L), R^2 validasi silang = 0,9625 (RMSECV = 0,3200 mg/L), serta akurasi prediksi sampel uji sejati yang sangat tinggi (R^2 prediksi = 0,9941; RMSEP = 0,0384 mg/L; rerata *recovery* = 101,82%; %RSD = 2,36%) dengan 100% sampel memenuhi kriteria keberterimaan AOAC (80–110%). Sebaliknya, model PLSR spektrum tereduksi (Faktor-5) mengalami *overfitting* signifikan (R^2 prediksi = 0,0854; %RSD = 60,30%). Sementara itu, model *Stepwise Multiple Linear Regression* (SMLR) berhasil menyeleksi dua panjang gelombang signifikan (415,50 dan 424,50 ^{nm}, $p < 0,05$) dan menghasilkan model regresi yang ringkas (*parsimonious*) dengan kemampuan prediksi yang stabil (R^2 validasi = 0,9862; RMSEP = 0,2203 mg/L). Dengan demikian, kombinasi spektrofotometri UV-Vis dan kemometrika (MCR-ALS serta PLSR spektrum penuh / SMLR) terbukti efektif sebagai metode skrining cepat dan kuantifikasi adulterasi *Metanil Yellow* pada produk temulawak.

Kata kunci: temulawak, *Metanil Yellow*, adulterasi, UV-Vis, kemometrika, MCR-ALS, PLSR, SMLR.

ABSTRACT

Detection of Synthetic Dye Metanil Yellow Adulteration in Temulawak Extract Using UV-Vis Spectrophotometry and Chemometrics

By:

Handika Eriksa Yumantara

22106030034

Adviser:

Karmanto, S.Si., M.Sc.

This study aimed to evaluate the capability of UV-Vis spectrophotometry combined with chemometric approaches for detecting and quantifying the synthetic dye Metanil Yellow as an adulterant in temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) extract matrices. Spectral characterization revealed that pure temulawak and pure Metanil Yellow exhibited maximum absorption peaks (λ_{max}) in close proximity within the visible region at 424.50 nm and 418.00 nm, respectively ($\Delta\lambda$ = 6.50 nm), with a high cosine similarity of 0.980, indicating severe spectral overlap. Component resolution using Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares (MCR-ALS) over the 220–600 nm range successfully decomposed the mixture spectra into two primary components (R^2 = 99.99998%; model LOF = 0.04573%), identifying Component 1 as temulawak (cosine similarity = 0.9898; LOF = 14.23%) and Component 2 as Metanil Yellow (cosine similarity = 0.9985; LOF = 5.48%), supported by Hierarchical Cluster Analysis (79.52% similarity). For quantitative modeling, Full-Spectrum Partial Least Squares Regression (PLSR, Factor-4, 220–600 nm) demonstrated the best and most consistent performance with calibration R^2 = 0.9981 (RMSEC = 0.0624 mg/L), cross-validation R^2 = 0.9625 (RMSECV = 0.3200 mg/L), and exceptional predictive accuracy on an test set (R^2 prediction = 0.9941; RMSEP = 0.0384 mg/L; mean recovery = 101.82%; %RSD = 2.36%), with 100% of test samples meeting the AOAC acceptance criteria (80–110%). In contrast, Reduced-Spectrum PLSR (Factor-5) suffered from severe overfitting (R^2 prediction = 0.0854; %RSD = 60.30%). Meanwhile, Stepwise Multiple Linear Regression (SMLR) successfully selected two statistically significant wavelengths (415.50 and 424.50 nm, $p < 0.05$), yielding a parsimonious model with stable predictive performance (R^2 validation = 0.986182; RMSEP = 0.2203 mg/L). Consequently, the combination of UV-Vis spectrophotometry and chemometrics (MCR-ALS alongside full-spectrum PLSR / SMLR) proves to be an effective tool for rapid screening and quantitative assay of Metanil Yellow adulteration in herbal temulawak products.

Keywords: temulawak, Metanil Yellow, adulteration, UV-Vis, chemometrics, MCR-ALS, PLSR, SMLR.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman obat asli Indonesia dari famili *Zingiberaceae* yang rimpangnya telah lama digunakan sebagai bahan jamu dan fitoterapi. Berbagai kajian terbaru melaporkan bahwa rimpang temulawak mengandung lebih dari 40 fitokonstituen aktif seperti kurkuminoid, xanthorrhizol, dan berbagai terpenoid yang berkontribusi terhadap aktivitas antiinflamasi, hepatoprotektif, antioksidan, dan antimikroba (Intan Fadila et al., 2024). Temulawak secara tradisional dimanfaatkan untuk mengatasi gangguan pencernaan, menurunkan keluhan pada penyakit hati, serta meningkatkan nafsu makan, dan kini banyak dikembangkan dalam bentuk sediaan modern seperti kapsul, sirup, dan gel topikal. Warna kuning-oranye khas rimpang yang berasal dari kurkuminoid juga menjadikan temulawak digunakan sebagai pewarna alami dalam pangan dan minuman tradisional. Tingginya produksi dan konsumsi temulawak di Indonesia tercermin dari data budidaya yang menunjukkan peningkatan luas tanam dan volume panen dalam beberapa tahun terakhir. Kondisi ini mendukung berkembangnya industri jamu dan produk herbal berbasis temulawak, baik skala rumah tangga maupun industri besar.

Sebagai bagian dari produk herbal, temulawak sering dikombinasikan dengan tanaman obat lain dan diolah menjadi berbagai bentuk sediaan jamu siap konsumsi. Persepsi masyarakat bahwa obat herbal lebih aman dibanding obat sintetis menyebabkan konsumsi produk berbasis temulawak cenderung meningkat, termasuk pada kelompok

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

rentan seperti anak dan lanjut usia (Intan Fadila et al., 2024). Pada praktiknya, standar mutu produk herbal di tingkat industri kecil dan usaha rumah tangga masih sangat bervariasi dan sering hanya mengandalkan penilaian organoleptik seperti warna, aroma, dan rasa. Padahal parameter sensoris sangat mudah dimanipulasi, misalnya dengan menambahkan bahan lain yang lebih murah atau lebih kuat warnanya untuk mempertahankan penampilan produk meskipun kualitas bahan baku menurun. Beberapa studi menunjukkan bahwa adulterasi pada produk herbal dapat mengubah profil kimia dan menurunkan keamanan produk, sehingga hasil farmakologis tidak lagi mencerminkan efek bahan alam murni.

Adulterasi didefinisikan sebagai penambahan, penggantian, atau pencampuran suatu produk dengan bahan lain yang tidak seharusnya ada, biasanya dengan tujuan ekonomi, yang mengakibatkan penurunan keaslian, mutu, dan keamanan produk. Pada bahan alam dan produk herbal, adulterasi dapat terjadi melalui pencampuran dengan spesies lain yang lebih murah, penggunaan bahan pengisi, maupun penambahan zat aditif seperti pemanis dan pewarna sintetis. Berbagai laporan menunjukkan bahwa adulterasi pada rempah dan rimpang berwarna seperti kunyit dan temulawak kerap dilakukan untuk meniru atau menguatkan warna alami sehingga tampak lebih menarik dan konsisten. Praktik ini digolongkan sebagai economic adulteration karena dilakukan untuk menekan biaya atau mempertahankan citra produk, namun berpotensi merugikan kesehatan konsumen. Adulterasi yang melibatkan bahan kimia sintetis non-food grade sangat berisiko karena zat tersebut umumnya tidak dievaluasi untuk penggunaan pangan atau obat tradisional. Oleh karena itu, identifikasi dan kuantifikasi adulteran pada produk

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

temulawak menjadi salah satu aspek penting dalam pengendalian mutu dan keamanan herbal (Noviana, Indrayanto, dan Rohman, 2022).

Salah satu adulteran yang banyak mendapat perhatian adalah pewarna sintetis golongan azo yang ditambahkan untuk menghasilkan warna kuning hingga oranye yang lebih tajam dan stabil. Metanil yellow merupakan zat warna azo non-authorized yang banyak dilaporkan digunakan sebagai adulteran pada bubuk kunyit dan produk terkait karena mampu menghasilkan warna yang mirip dengan kurkuminoid dengan biaya rendah. Studi-studi toksikologi dan kajian keamanan pangan menyatakan bahwa metanil yellow bersifat potensial karsinogenik dan dapat menyebabkan gangguan hati, ginjal, serta efek merugikan lain bila dikonsumsi secara kronis, sehingga tidak diizinkan penggunaannya dalam pangan. Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan keberadaan metanil yellow pada pangan olahan dan produk jajanan, yang menunjukkan masih lemahnya pengawasan dan potensi paparan pada masyarakat. Secara visual, produk yang mengandung metanil yellow sulit dibedakan dari produk yang hanya mengandung pewarna alami temulawak, terutama oleh konsumen awam. Oleh sebab itu, diperlukan metode analisis laboratorium yang spesifik dan sensitif, baik untuk mengidentifikasi maupun untuk menentukan kadar metanil yellow sebagai adulteran dalam matriks temulawak (Putri, 2024).

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis yang banyak digunakan untuk penentuan zat warna dalam pangan dan jamu karena prosedur analisisnya relatif sederhana, cepat, dan ekonomis. Metanil yellow mempunyai serapan maksimum yang khas pada daerah tampak sekitar 400-430 nm, sedangkan kurkuminoid

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

temulawak menunjukkan maksimum serapan pada daerah yang berdekatan dengan pola spektra yang sedikit berbeda sehingga secara teoritis keduanya berpotensi dibedakan melalui profil spektral. Penelitian terbaru memanfaatkan spektroskopi tampak-NIR dan VNIR-SWIR untuk deteksi real-time adulterasi bubuk kunyit dengan metanil yellow, menunjukkan bahwa informasi spektral dapat digunakan sebagai fingerprint untuk mengklasifikasi sampel murni dan teradulterasi. Pada matriks multikomponen seperti ekstrak temulawak yang teradulterasi metanil yellow, spektra UV-Vis yang terukur merupakan hasil superposisi dari beberapa komponen penyerap sehingga sinyal spektral masing-masing komponen saling tumpang tindih. Kondisi ini membatasi pendekatan univariat yang hanya mengamati satu panjang gelombang dan membuatnya kurang memadai untuk memisahkan dan mengkuantifikasi kontribusi pewarna alami dan sintetis. Dengan demikian, diperlukan pendekatan analisis data multivariat yang mampu mengekstrak informasi komponen tunggal dari spektra campuran, sekaligus pendekatan regresi kuantitatif yang tepat untuk menentukan kadar adulteran pada sistem dengan tumpang tindih spektral yang tinggi (Mandal, Chatterjee, dan Tudu, 2022).

Multivariate Curve Resolution (MCR) merupakan salah satu metode kemometrika yang dikembangkan untuk mendekomposisi matriks data spektra menjadi profil spektra komponen dan profil konsentrasi relatif komponen tersebut dalam sampel. Metode ini memanfaatkan sifat bilinier data spektroskopi dan dapat bekerja meskipun spektra komponen saling tumpang tindih dengan kuat, selama tersedia variasi komposisi antar sampel. Studi-studi terbaru menunjukkan bahwa MCR-ALS berhasil diaplikasikan pada data Raman, IR, dan UV-Vis untuk memisahkan kontribusi komponen di dalam

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

matriks kompleks, termasuk sistem biologis dan pangan. Dalam konteks analisis herbal dan pangan, MCR dapat menghasilkan spektra komponen yang mendekati spektrum murni sekaligus memberikan informasi kualitatif mengenai keberadaan tiap komponen tanpa memerlukan pemisahan kromatografis. Namun demikian, informasi profil konsentrasi relatif hasil MCR pada sistem dengan tumpang tindih spektral tinggi umumnya masih bersifat kualitatif hingga semi-kuantitatif, sehingga diperlukan pemodelan regresi tersendiri, baik berbasis seluruh rentang spektra maupun berbasis panjang gelombang terpilih, untuk memperoleh model kuantitatif yang akurat dalam menentukan kadar adulteran (Vijayakumar et al., 2024).

Kombinasi spektrofotometri UV-Vis, Multivariate Curve Resolution (MCR), dan pemodelan regresi kuantitatif baik Partial Least Squares Regression (PLSR) maupun Stepwise Multiple Linear Regression (SMLR) menawarkan strategi analisis yang efisien untuk mendeteksi dan mengkuantifikasi adulterasi metanil yellow pada sistem temulawak, karena mampu memanfaatkan informasi spektral secara menyeluruh maupun secara selektif pada panjang gelombang yang paling informatif. Pendekatan berbasis kemometrika ini memungkinkan interpretasi data spektra yang lebih objektif melalui pemisahan sinyal komponen dan pemodelan multivariat, sehingga mengurangi subjektivitas yang kerap muncul pada evaluasi warna secara visual maupun penilaian organoleptik sederhana. Perbandingan antara model PLSR yang melibatkan seluruh rentang panjang gelombang (full spectra), model PLSR yang hanya melibatkan beberapa panjang gelombang terpilih (parsial), serta model SMLR yang dibangun melalui seleksi variabel bertahap, diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai model regresi yang

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

paling sesuai untuk sistem dua komponen dengan tumpang tindih spektral tinggi seperti temulawak dan metanil yellow. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode skrining analitik yang lebih terstandar untuk sistem pewarna alami temulawak dan adulteran sintetis metanil yellow yang memiliki karakter spektral saling tumpang tindih. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi metode alternatif yang mengombinasikan spektrofotometri UV-Vis dan kemometrika untuk penentuan kadar metanil yellow pada campuran temulawak-metanil yellow yang kompleks, sekaligus meningkatkan kemampuan pemisahan dan kuantifikasi komponen dalam sistem tersebut secara lebih objektif dan efisien.

Kemometrika secara khusus diperlukan pada sistem temulawak-metanil yellow karena pendekatan univariat, yaitu pembacaan absorbansi pada satu panjang gelombang tunggal, tidak mampu memisahkan kontribusi masing-masing komponen ketika spektra keduanya tumpang tindih pada daerah tampak. Pendekatan multivariat seperti MCR memanfaatkan variasi komposisi antar sampel untuk menguraikan spektrum campuran menjadi profil spektra komponen murni, sedangkan PLSR dan SMLR memanfaatkan informasi dari banyak panjang gelombang sekaligus untuk membangun model prediksi kadar adulteran yang lebih tahan terhadap noise dan interferensi dibandingkan pembacaan satu titik data.

Spektrofotometri UV-Vis dipilih sebagai instrumen utama karena kedua senyawa yang diteliti, yaitu kurkuminoid pada temulawak dan gugus azo pada metanil yellow, sama-sama memiliki sistem kromofor terkonjugasi yang menyerap kuat pada rentang UV-Vis, sehingga instrumen ini secara prinsip mampu mendeteksi keduanya. Selain itu,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

UV-Vis menawarkan prosedur analisis yang sederhana, cepat, dan ekonomis dibandingkan metode kromatografi maupun spektroskopi resolusi tinggi seperti FT-IR, sehingga sesuai untuk dikembangkan sebagai metode skrining rutin bagi produk herbal berbasis temulawak.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan terbatas pada larutan ekstrak rimpang temulawak dan campurannya dengan pewarna sintetis metanil yellow sebagai adulteran.
2. Analisis dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada rentang panjang gelombang tertentu yang mencakup daerah serapan utama temulawak dan metanil yellow, sesuai karakteristik spektral kedua komponen.
3. Pemisahan dan identifikasi komponen campuran dibatasi pada penerapan metode Multivariate Curve Resolution (MCR) menggunakan perangkat lunak The Unscrambler® X (CAMO Analytics).
4. Model kuantitatif dibangun menggunakan metode Partial Least Squares Regression (PLSR), baik pada kondisi spektra penuh (full spectra) maupun spektra parsial (panjang gelombang terpilih), serta metode Stepwise Multiple Linear Regression (SMLR), dan difokuskan untuk menentukan kadar metanil yellow sebagai adulteran pada sampel campuran temulawak.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1. Bagaimana karakteristik spektra UV-Vis dari larutan ekstrak temulawak, metanil yellow, dan campuran keduanya pada berbagai komposisi?
2. Apakah pendekatan Multivariate Curve Resolution (MCR) dapat mengidentifikasi spektra komponen tunggal temulawak dan metanil yellow dari spektra campuran yang kompleks?
3. Bagaimana membangun dan membandingkan model kalibrasi menggunakan Partial Least Squares Regression (PLSR), baik pada kondisi spektra penuh maupun spektra parsial, serta Stepwise Multiple Linear Regression (SMLR) untuk mengestimasi kadar Metanil Yellow sebagai adulteran pada sampel campuran temulawak, dan model manakah di antara ketiganya yang memberikan performa relatif terbaik berdasarkan parameter akurasi dan presisi?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengkarakterisasi spektra UV-Vis dari larutan ekstrak temulawak, metanil yellow, serta campuran keduanya.

2. Menganalisis dan memisahkan komponen campuran menggunakan metode Multivariate Curve Resolution (MCR) untuk mengidentifikasi keberadaan metanil yellow sebagai pewarna sintetis dalam sistem temulawak.

3. Membangun model kalibrasi menggunakan PLSR (spektra penuh dan spektra parsial) dan SMLR untuk mengestimasi kadar Metanil Yellow dalam sampel campuran temulawak, serta membandingkan kinerja ketiga model tersebut

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

berdasarkan parameter akurasi dan presisi untuk mengidentifikasi model dengan performa relatif terbaik.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi dasar mengenai karakteristik spektra UV-Vis temulawak dan metanil yellow sebagai data referensi spektral yang dapat digunakan sebagai acuan dalam membedakan pewarna alami temulawak dan pewarna sintetis metanil yellow.
2. Memberikan contoh penerapan metode kemometrika, khususnya Multivariate Curve Resolution (MCR), dalam memisahkan spektrum campuran kompleks antara komponen alami dan adulteran sintetis.
3. Menyediakan dan membandingkan model regresi kemometrika PLSR dan SMLR untuk estimasi kadar Metanil Yellow pada sampel campuran temulawak sebagai salah satu pendekatan awal dalam pengembangan metode skrining mutu dan keamanan produk herbal berbasis temulawak.
4. Menjadi referensi bagi penelitian sejenis yang mengkaji autentikasi bahan alam dan deteksi pencampuran dengan zat aditif sintetis pada produk herbal dan pangan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Larutan temulawak murni dan metanil yellow murni menunjukkan puncak serapan maksimum (λmaks) yang sangat berdekatan, yaitu 424,50 nm (temulawak) dan 418,00 nm (metanil yellow), dengan selisih hanya 6,50 nm dan cosine similarity 0,980. Tumpang tindih spektral (spectral overlap) ini menyebabkan keberadaan metanil yellow sebagai adulteran tidak dapat dideteksi melalui pengamatan visual maupun analisis univariat sederhana, sehingga diperlukan pendekatan kemometrika multivariat.
2. Metode Multivariate Curve Resolution–Alternating Least Squares pada rentang 220–600 nm berhasil mendekomposisi spektra campuran menjadi dua profil komponen (R^2 = 99,99998%; LOF = 0,04573%). Komponen 1 dan Komponen 2 masing-masing teridentifikasi sebagai temulawak (cosine similarity 0,9898) dan metanil yellow (cosine similarity 0,9985), didukung oleh hasil hierarchical cluster analysis. Hal ini membuktikan MCR mampu mengidentifikasi keberadaan metanil yellow dalam sistem campuran meski tumpang tindih spektralnya tinggi, walaupun perbedaan kualitas resolusi kedua komponen mengindikasikan adanya ambiguitas rotasi.
3. Perbandingan model kalibrasi untuk estimasi kadar metanil yellow

   Tiga model regresi diuji dan dibandingkan:

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

a. PLSR spektrum penuh (Faktor-4): R^2 kalibrasi 0,9981; R^2 validasi silang 0,9625; R^2 prediksi 0,9941 dengan rerata recovery 101,82% dan %RSD 2,36% — seluruh sampel uji (100%) memenuhi kriteria AOAC (80–110%).
b. PLSR spektrum parsial (Faktor-5, 6 panjang gelombang terpilih): R^2 kalibrasi sangat tinggi (0,99996) tetapi mengalami overfitting, terbukti dari R^2 prediksi yang anjlok menjadi 0,0854 dan dua dari empat sampel uji gagal memenuhi kriteria AOAC.
c. SMLR (2 panjang gelombang terpilih, 415,50 dan 424,50 nm): persamaan Y = 0,084745 + 754,351X415,50 − 722,590X424,50; R^2 kalibrasi 0,9736 dan R^2 validasi 0,9862 — akurasi sedikit di bawah PLSR spektrum penuh, tetapi menawarkan model paling sederhana dan interpretatif secara fisik, karena panjang gelombang yang dipilih dapat dikaitkan langsung dengan puncak serapan metanil yellow.

Dengan demikian, model PLSR spektrum penuh Faktor-4 memberikan kinerja paling baik dan paling stabil di antara ketiga model, sehingga menjadi model terpilih untuk estimasi kadar metanil yellow sebagai adulteran pada ekstrak temulawak. Model SMLR tetap menjadi alternatif yang relevan ketika kesederhanaan dan interpretabilitas menjadi prioritas.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1. Perluasan sampel kalibrasi dan variasi komposisi: menambah jumlah sampel kalibrasi dengan rentang konsentrasi dan rasio campuran temulawak–metanil yellow yang lebih luas, khususnya pada proporsi metanil yellow yang lebih dominan, untuk meningkatkan robustness dan kemampuan generalisasi model.
2. Optimasi pra-pemrosesan spektrum (preprocessing): mengevaluasi teknik seperti Standard Normal Variate (SNV), Multiplicative Scatter Correction (MSC), maupun turunan pertama/kedua (first/second derivative) untuk menekan efek baseline shift dan mempertajam perbedaan puncak serapan yang tumpang tindih.
3. Pengujian pada sampel komersial real/matriks kompleks: menguji metode ini pada sampel jamu, ekstrak komersial, atau sediaan serbuk herbal nyata di pasaran untuk mengetahui pengaruh interaksi komponen matriks alami terhadap akurasi deteksi dan kuantifikasi adulteran.
4. Validasi metode dengan instrumen standar (gold standard): melakukan validasi silang hasil kuantifikasi kadar metanil yellow menggunakan metode kromatografi standar, seperti High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) atau KLT-Densitometri.
5. Perbandingan algoritma kemometrika lain: menguji metode pemodelan non-linear atau regresi berbasis kecerdasan buatan, seperti Support Vector Regression (SVR), Random Forest (RF), atau Artificial Neural Networks (ANN), sebagai alternatif ketika menghadapi tumpang tindih spektral ekstrem dan ambiguitas rotasi pada MCR-ALS.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Dzakiyyah Sulthanah, and Nisa Isneni Hanifa. (2025). "Artikel Review: Metode Analisis Pewarna Metanil Yellow Pada Makanan Dan Minuman." *CERATA Jurnal Ilmu Farmasi* 16(2): 124–33. doi:10.61902/cerata,v16i2.1615.

Amir, H., Amida, N., & Nurhamidah. (2021). Sosialisasi Pengenalan Tentang Bahan Aditif Tambahan pada Makanan dan Minuman. ANDROMEDIA: Jurnal Pengabdian Masyarakat Rafflesia, 1(1), 14–20.

Barciela, P., Vazquez, P., & Prieto, A. (2023). Azo dyes in the food industry: Features, classification, toxicity, alternatives, and regulation. Food and Chemical Toxicology, 178, 113935.

Biancolillo, A., & Marini, F. (2018). Chemometric methods for spectroscopy-based pharmaceutical analysis. *Frontiers in Chemistry*, 6, 576. doi:10.3389/fchem.2018.00576.

Bordagaray, A., Dávila, S., Garcia-Arrona, R., Vidal, M., & Ostra, M. (2019). Simultaneous determination of food colorants in liquid samples by UV-Visible spectroscopy and multivariate data analysis using a reduced calibration matrix. *Journal of Chemometrics*, *33*(11), e3176. https://doi.org/10.1002/cem.3176

BPOM. (2019). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan No. 11 Tahun 2019 Tentang Bahan Tambahan Pangan. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.

Chiappini, Fabricio A., Licarion Pinto, Mirta R. Alcaraz, Nematollah Omidikia, Hector C. Goicoechea, and Alejandro C. Olivieri. (2024). "Multivariate Curve

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Resolution-Alternating Least-Squares and Second-Order Advantage in First-Order Calibration. A Systematic Characterisation for Three-Component Analytical Systems." *Analytica Chimica Acta* 1328(August): 343159. doi:10.1016/j.aca.2024.343159.

de Juan, A., & Tauler, R. (2021). Multivariate Curve Resolution: 50 years addressing the mixture analysis problem—A review. Analytica Chimica Acta, 1145, 59–78.

Dhakal, S., Chao, K., Schmidt, W., Qin, J., Kim, M., & Chan, D. (2016). Evaluation of Turmeric Powder Adulterated with Metanil Yellow Using FT-Raman and FT-IR Spectroscopy. *Foods*, 5(2), 36–42. https://doi.org/10.3390/foods5020036

Dia, Syahril Maulid, Putri; Anggita Rosiana, and Muchlashi; Luthfi Ahmad.(2024). "Detection of Adulterants Metanil Yellow in Turmeric Powder Using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy Combined with Chemometrics OPLS-DA and PLS." *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)* 7(1): 64–71. doi:10.20885/ijca.vol7.iss1.art7.

Diaz-Cruz, J. M., Esteban, M., & Arino, C. (2019). Chemometrics in Electroanalysis. Springer.

Gafner, Stefan, Nilüfer Orhan, Çiğdem Kahraman, and Mark Blumenthal. (2026). "A Scoping Review of Turmeric Adulteration Based on Data from Six Continents." *Pharmaceutical Biology* 64(1): 87–107. doi:10.1080/13880209.2025.2606229.

Gómez, Sara, Piero Lafiosca, and Tommaso Giovannini. (2024). "Modeling UV/Vis Absorption Spectra of Food Colorants in Solution: Anthocyanins and Curcumin as Case Studies." *Molecules* 29(18): 1–20. doi:10.3390/molecules29184378.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Hashemi-Nasab, F. S., Talebian, S., & Parastar, H. (2023). **Multiple adulterants detection in turmeric powder using Vis-SWNIR hyperspectral imaging followed by multivariate curve resolution and classification techniques**. *Microchemical Journal*, *185*, 108203.

https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.108203

Intan Fadila, Riska, Muhammad Iqbal, Ramadhan Triyandi, and Ihsanti Dwi Rahayu. (2024). "Analisis Aktivitas Antioksidan Pada Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb*.) Dan Jahe Merah (Zingiber Officinale Var Rubrum) : Kajian Mendalam." *Medula* 14(4): 719–24.

Ji, Fujiang, Fa Li, Dalei Hao, Alexey N Shiklomanov, Xi Yang, Philip A Townsend, Hamid Dashti, et al. 2024. "Unveiling the Transferability of PLSR Models for Leaf Trait Estimation : Lessons from a Comprehensive Analysis with a Novel Global Dataset." : 111–31. doi:10.1111/nph.19807.

Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. Wiley.

Kuncahyo, I., & Sunardi. (2019). Identifikasi dan Kuantifikasi Kurkuminoid pada Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) dengan Metode KLT-Densitometri. Jurnal Farmasi Indonesia, 16(1), 12–20.

Kurniawan, F., Faradilla, L., & Riyanto, S. (2021). Deteksi Metanil Yellow pada Tahu Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis Berbasis Kemometrika. Jurnal Kimia Analitik Indonesia, 3(2), 45–52.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Lestari, P., Rahmawati, D., & Setyaningrum, A. (2022). Karakterisasi Spektra UV-Vis Ekstrak Kurkumin Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) sebagai Pewarna Alami Pangan. Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian, 6(1), 1–10.

Majumder, K. K., Sharma, J. B., Kumar, M., Bhatt, S., & Saini, V. (2020). Development and Validation of UV-Visible Spectrophotometric Method for the Estimation of Curcumin in Bulk and Pharmaceutical Formulation. Pharmacophore, 11(1), 115–121.

Mandal, Dipankar, Arpitam Chatterjee, and Bipan Tudu. (2022). "A Deep Neural Network and Random Forests Driven Computer Vision Framework for Identification and Prediction of Metanil Yellow Adulteration in Turmeric Powder." *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 34(1): 1–17. doi:10.1002/cpe.6500.

Noviana, Eka, Gunawan Indrayanto, and Abdul Rohman. (2022). "Advances in Fingerprint Analysis for Standardization and Quality Control of Herbal Medicines." *Frontiers in Pharmacology* 13. doi:10.3389/fphar.2022.853023.

Power, A.C, J Chapman, S Chandra, and D Cozzolino. (2019). "6 - Ultraviolet-Visible Spectroscopy for Food Quality Analysis." *Evaluation Technologies for Food Quality*. doi:10.1016/b978-0-12-814217-2.00006-8.

Priyadarsini, K. I. (2014). The chemistry of curcumin: from extraction to therapeutic agent. Molecules, 19(12), 20091–20112.

Putri, Astie Amalia. 2024. *Identifikasi Metanil Yellow pada Pangan Olahan secara Spektrofotometri UV-Vis*. Karya Tulis Ilmiah. Jakarta: Jurusan Analisis Farmasi

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

dan Makanan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta II. https://repository.poltekkesjkt2.ac.id/index.php?p=fstream-pdf&fid=14154&bid=10839.

Rahmat, E., Lee, J., & Kang, Y. (2021). Javanese Turmeric (Curcuma xanthorrhiza Roxb.): Ethnobotany, Phytochemistry, Biotechnology, and Pharmacological Activities. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2021, 9960813. https://doi.org/10.1155/2021/9960813

Rawar, E. A., Susidarti, R. A., & Rohman, A. (2019). Rapid authentication of turmeric powder adulterated with Curcuma zedoaria and Curcuma xanthorrhiza using FTIR-ATR spectroscopy and chemometrics. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 11(5), 216–221. https://doi.org/10.22159/ijap.2019v11i5.33701

Ricotta, C., & Pavoine, S. (2015). Measuring similarity among plots including similarity among species: an extension of traditional approaches. Journal of Vegetation Science, 26(6), 1061–1067.

Rizvi, Mehar, Nikita Tiwari, Anil Mishra, and Renu Gupta. (2022). "Kinetic and Computational Study of Degradation of Two Azo Dyes, Metanil Yellow and Orange II, by Iron Oxide Nanoparticles Synthesized Using Hylocereus Undatus." *ACS Omega* 7(36): 31667–81. doi:10.1021/acsomega.2c00966.

Rohman, A., Rawar, E. A., Sudevi, S., Nurrulhidayah, A. F., & Windarsih, A. (2020). The use of chemometrics in combination with molecular spectroscopic and chromatographic methods for authentication of Curcuma species: a review. *Food Research*, 4(6), 1850–1858. https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(6).345

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Royyan, Nurmisbahur, Dwi Noerjoedianto, Adila Solida, Rumita Ena Sari, and Ismi Nurwaqiah Ibnu. (2022). "ANALYSIS OF METANIL YELLOW IN PACKAGED JAMU BY UV-VIS SPECTROPHOTOMETRIC METHOD." *Lux Mensana* 1(3): 113–26. https://www.easpublisher.com/easjnfs.

Rutan, S. C., Juan, A. d., & Tauler, R. (2009). Introduction to Multivariate Curve Resolution. In Elsevier B.V.

Sarvestani, M. R. J., & Doroudi, Z. (2022). Determination of Ultra Trace Amounts of Carmoisine in Food Specimens by Ultrasound-assisted Surfactant-enhanced Emulsification Microextraction Method Coupled with UV-Visible Spectrophotometry. Journal of Chemical Health Risks, 12(3), 409–419.

Savitri, S.M, Z Faizah, and E.D Ferdinandus. (2022). "Analysis of Methanol Yellow in Yellow Food Circulating in the Jambi City Market." *KESANS: International Journal of Health and Science* 1(2): 131–38.

Shakir, Ahmed, Azhar S Alaboodi, Shaymaa Awad Kadhim, and Ahmed Shaker Hussein. (2025). "Ultraviolet-Visible Spectroscopy, Importance, Principle, Structure and Most Important Applications: A Study Review." *International Journal of Novel Research in Physics Chemistry & Mathematics* 12(1): 53–60. www.noveltyjournals.com.

Shravani S. More, Shravani S. More, Sandhya P. Kadam Sandhya P. Kadam, and Dr. Vivekkumar K.Redasani Dr. Vivekkumar K.Redasani. (2025). "A Comprehensive Review of UV-Visible Spectroscopy." *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications* 10(3): 114–34. doi:10.35629/4494-1003114134.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2017). Principles of Instrumental Analysis (7th ed.). Cengage Learning.

Soliman, S. S., El-Haddad, A. E., Sedik, G. A., Elghobashy, M. R., Zaazaa, H. E., & Saad, A. S. (2022). Experimentally designed chemometric models for the assay of toxic adulterants in turmeric powder. RSC Advances, 12(15), 9087–9094. https://doi.org/10.1039/D2RA00697A

Syafitri, D. M., Permana, I., & Wahyuni, S. (2023). Pengaruh pH dan Pelarut terhadap Stabilitas Warna Ekstrak Kurkumin Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.). Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi, 22(1), 28–36.

Vijayakumar, Shilpa, Andreas Schwaighofer, Georg Ramer, and Bernhard Lendl. (2024). "Multivariate Curve Resolution -Alternating Least Squares Augmented with Partial Least Squares Baseline Correction Applied to Mid-IR Laser Spectra Resolves Protein Denaturation by Reducing Rotational Ambiguity." *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 315(January): 124228. doi:10.1016/j.saa.2024.124228.

Wijayanti, T., Riyanto, S., Lukitaningsih, E., & Rohman, A. (2019). Application of 1H-NMR spectra and multivariate analysis for the authentication of Curcuma xanthorrhiza from Zingiber cassumunar. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 11(4), 341–344. https://doi.org/10.22159/ijap.2019v11i4.32417

Wold, S., Sjöström, M., & Eriksson, L. (2001). PLS-regression: a basic tool of chemometrics. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 58(2), 109–130

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA