



Research Article

Doi: <https://doi.org/10.29244/jji.v10i1.313>

Authentication of Java Turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) from Turmeric (*Curcuma longa*) Using a Combination of UV-VIS-IR Spectrum and Chemometrics

[Autentikasi Temu Lawak (*Curcuma xanthorrhiza*) dari Kunyit (*Curcuma longa*) Menggunakan Kombinasi Spektrum UV-VIS-IR dan Kemometrik]

Mumpuni Nur Izzati¹, Utami Dyah Syafitri^{2,3} Mohamad Rafi^{1,2*}

¹Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, IPB University, Bogor, West Java 16680, Indonesia

²Tropical Biopharmaca Research Center, IPB University, Bogor, West Java, 16128, Indonesia

³Department of Statistic, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, IPB University, Bogor, West Java 16680, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history

Received on: 2024-01-25

Revised on: 2024-03-18

Accepted on: 2024-03-21

Keyword:

authentication

chemometrics

turmeric

java turmeric

UV-Vis and IR spectrum

Kata kunci:

autentikasi

kemometrik

kunyit

temu lawak

spektrum UV-Vis dan IR

ABSTRACT

Java turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) and turmeric (*Curcuma longa*) show similar colors, so they have the potential to be adulterated with each other, especially if they are presented in powder. This research aims to develop an analytical method for authenticating both types of samples with adulterant concentrations of 0.01% w/w and 0.005% w/w for the infrared range and 0.5 µg/g and 1 µg/g for the UV-Vis range. The pure sample was extracted for 40 minutes with 1:10 ethanol using ultrasonication. The extract was then concentrated using a rotary evaporator and freeze dryer. Adulterant samples were prepared by mixing both types of extracts. The absorption of the solution was measured at a wavelength of 200–800 nm and a wave number of 4000–400 cm⁻¹. Multivariate analysis using partial least squares-discriminant analysis (PLS-DA) and soft independent modeling of class analogies (SIMCA) was performed on the spectra. PLS-DA has not been able to authenticate adulterated samples. However, SIMCA analysis can detect differences between pure curcuma and adulterated samples in the infrared range until a concentration of 0.005% w/w, while it can only authenticate correctly in the UV-Vis range until a 1 µg/g concentration.

ABSTRAK

Temu lawak (*Curcuma xanthorrhiza*) dan kunyit (*Curcuma longa*) memperlihatkan warna yang mirip, sehingga berpotensi dipalsukan satu sama lainnya terutama jika sudah disajikan dalam bentuk serbuk. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode analisis untuk autentikasi kedua jenis sampel dengan konsentrasi pemalsu 0.01% b/b dan 0.005% b/b untuk rentang inframerah dan 0.5 µg/g dan 1 µg/g untuk rentang UV-Vis. Sampel murni diekstraksi 40 menit dengan etanol 1:10 menggunakan metode ultrasonikasi. Ekstrak kemudian dipisahkan dengan rotavapor dan pengering beku. Sampel pemalsu disiapkan dengan mencampurkan kedua jenis ekstrak. Serapan larutan diukur pada panjang gelombang 200–800 nm dan pada bilangan gelombang 4000–400 cm⁻¹. Analisis multivariat menggunakan *partial least squares-discriminant analysis* (PLS-DA) dan *soft independent modelling of class analogies* (SIMCA) dilakukan pada spektrum. PLS-DA belum mampu mengautentikasi sampel pemalsu, tetapi analisis menggunakan SIMCA mampu mendeteksi perbedaan antara temu lawak murni dengan sampel pemalsu pada rentang inframerah



hingga konsentrasi 0.005% b/b, sedangkan pada rentang UV-Vis hanya dapat mengautentikasi dengan tepat hingga konsentrasi 1 µg/g.

*Corresponding author:

Mohamad Rafi (mra@apps.ipb.ac.id)

1. PENDAHULUAN

Temu lawak yang beredar di pasaran biasanya diperjual-belikan dalam bentuk serbuk kering, pasta basah, atau dalam bentuk rimpang utuh. Bentuk serbuk tentunya lebih efisien dikarenakan kadar airnya yang sudah hilang dan komponen temu lawak yang sudah terkonsentrasi mengakibatkan sedikit penggunaan sudah dapat memperoleh hasil yang maksimal. Harga serbuk temu lawak juga lebih mahal dibandingkan dengan rimpang atau cacahan temu lawak kering. Selain itu, harga serbuk temu lawak yang tinggi mengakibatkan banyak terjadi kasus pengoplosan jamu temu lawak menggunakan bahan kimia untuk meningkatkan keuntungan. Contohnya, jamu yang sengaja dioplos dengan bahan kimia berbahaya untuk memenangkan persaingan sesama penjual jamu. Selain dengan bahan kimia, temu lawak juga dipalsukan dengan cara dicampurkan bersama kunyit yang memiliki warna hampir mirip.

Kunyit dan temu lawak merupakan rimpang-rimpangan yang berkerabat dekat secara morfologi sehingga wujudnya yang mirip seringkali dimanfaatkan sebagai substitusi atau pemalsu (Girme et al., 2020). Tindak kecurangan yang memalsukan temu lawak dengan kunyit yang tidak sesuai dengan klaim label penjualannya memicu diperlukannya suatu metode kendali mutu dengan tujuan mengautentikasi serbuk temu lawak. Teknik spektroskopi banyak digunakan sebagai kendali mutu untuk mengidentifikasi adanya pemalsuan (Kucharska-Ambrożej et al., 2021; Nunes et al., 2023, 2024). Perlu digunakan teknik untuk menyederhanakan data yang dihasilkan dari pola spektrum absorpsi bahan baku obat herbal, salah satunya dengan teknik kemometrik untuk mempermudah interpretasi data (Nunes et al., 2022).

Spektrum UV-Vis memiliki sifat yang berkesinambungan sehingga dapat melihat profil serapan dari sampel. Sementara spektrum IR akan memberikan data berupa serapan sebagai informasi gugus fungsi. Namun terjadi tumpang tindih serapan dari gugus fungsi yang berbeda (Aboulwafa et al., 2019; de León-Solis et al., 2023). Penelitian ini menggunakan spektrum infra merah dan spektrum sinar tampak bertujuan untuk menghasilkan metode yang lebih sensitif dengan biaya yang lebih murah (Angeline et al., 2019). Beberapa penelitian telah melaporkan hasil autentikasi kunyit menggunakan berbagai pendekatan, seperti FT-IR dan FT-Raman yang dapat membedakan campuran kunyit dan pewarna sintetik *metanil yellow* (Dhakal et al., 2016). Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Windarsih et al. (2019) menggunakan ¹H-NMR dan kemometrik dapat membedakan kunyit dengan temu giring. Selain itu, Rohman et al. (2020) juga dapat membedakan temulawak dengan temu hitam menggunakan kombinasi ¹H-NMR dan model *principal component analysis* (PCA). Telah ada metode autentikasi temu lawak dari kunyit menggunakan kombinasi antara kromatografi cair kinerja tinggi dan analisis kemometrik

(Rafi et al., 2015). Namun, belum ada yang melaporkan terkait autentikasi temu lawak dari kunyit menggunakan spektrum UV-Vis-IR yang dikombinasikan dengan analisis kemometrik.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode autentikasi temu lawak dari kunyit sebagai pemalsu dengan spektrum ultra violet sinar tampak dan infra merah menggunakan analisis multivariat. Spektrum yang dihasilkan pada rentang infra merah dan sinar tampak akan diolah menggunakan *partial least square-discriminant analysis* (PLS-DA) dan *soft independent modelling of class analogies* (SIMCA) sebagai pemodelan data. PCA merupakan metode pengenalan pola yang dapat mendeteksi kesamaan tanpa pengelompokan lebih dahulu kemudian dilanjutkan ke PLS-DA sebagai metode klasifikasi berdasarkan algoritma berbasis PLS untuk membuat penetapan kelas (Ballabio & Consonni, 2013; Paul & de Boves Harrington, 2021). PLS-DA dan SIMCA juga digunakan sebagai cara pengolahan data secara statistika untuk membantu mendapatkan data objektif yang akurat dan selektif.

2. METODE

2.1. Pembuatan Ekstrak

Sampel temu lawak dan kunyit diperoleh dari kebun percobaan Pusat Studi Biofarmaka Tropika (TropBRC), Institut Pertanian Bogor (IPB). Identifikasi sampel dilakukan oleh Taopik Ridwan, M.Si, seorang ahli botani dari Trop BRC IPB. Sampel temu lawak dan kunyit ditimbang sebanyak ± 3 g lalu ditambahkan etanol (Merck, Darmstadt, Jerman) sebanyak 30 mL dan diekstraksi secara sonikasi selama 40 menit menggunakan ultrasonikasi (As-one, Osaka, Jepang). Semua ekstrak disaring dan disonikasi kembali dengan volume etanol hingga tiga kali pengulangan. Ekstrak dipekatkan menggunakan rotavapor untuk menghilangkan etanol kemudian dikeringkan dengan pengeringan beku.

2.2. Pengukuran Serapan Ekstrak Sampel Tunggal dan Pemalsu

Pengukuran serapan UV-Vis ekstrak sampel tunggal mengacu pada metode yang telah dikembangkan oleh Rafi et al. (2018). Spektrum UV-Vis dibuat menggunakan spektrofotometer 1700 PC (Shimadzu, Kyoto, Jepang). Ekstrak kering temu lawak dan kunyit ditimbang 2 mg dan dihomogenkan dengan 200 mg KBr. Campuran kemudian dikempa dengan tekanan 80 bar selama 6 menit hingga dihasilkan pelet. Pelet campuran kemudian diukur serapannya menggunakan spektrofotometer FTIR Tensor 37 (Bruker, Ettlingen, Jerman).

Ekstrak kering kunyit ditambahkan ke dalam temu lawak tunggal, lalu dihomogenkan dengan 2000 mg KBr padat untuk mendapatkan konsentrasi pemalsu 0.01% b/b dan 0.005% b/b. Ekstrak campuran tersebut kemudian diperlakukan sama seperti

perlakuan ekstrak tunggal untuk didapatkan spektrum serapan UV-Vis dan IR.

2.3. Analisis Data dan Pembuatan Model Autentikasi

Data spektrum berupa absorbans dan panjang gelombang yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan IR diolah menggunakan perangkat lunak *the Unscrambler X* versi 10.1 (Camo, Oslo, Norwegia). Data spektrum yang telah melalui proses pendahuluan kemudian diolah dengan analisis multivariat yaitu PLS-DA dan SIMCA.

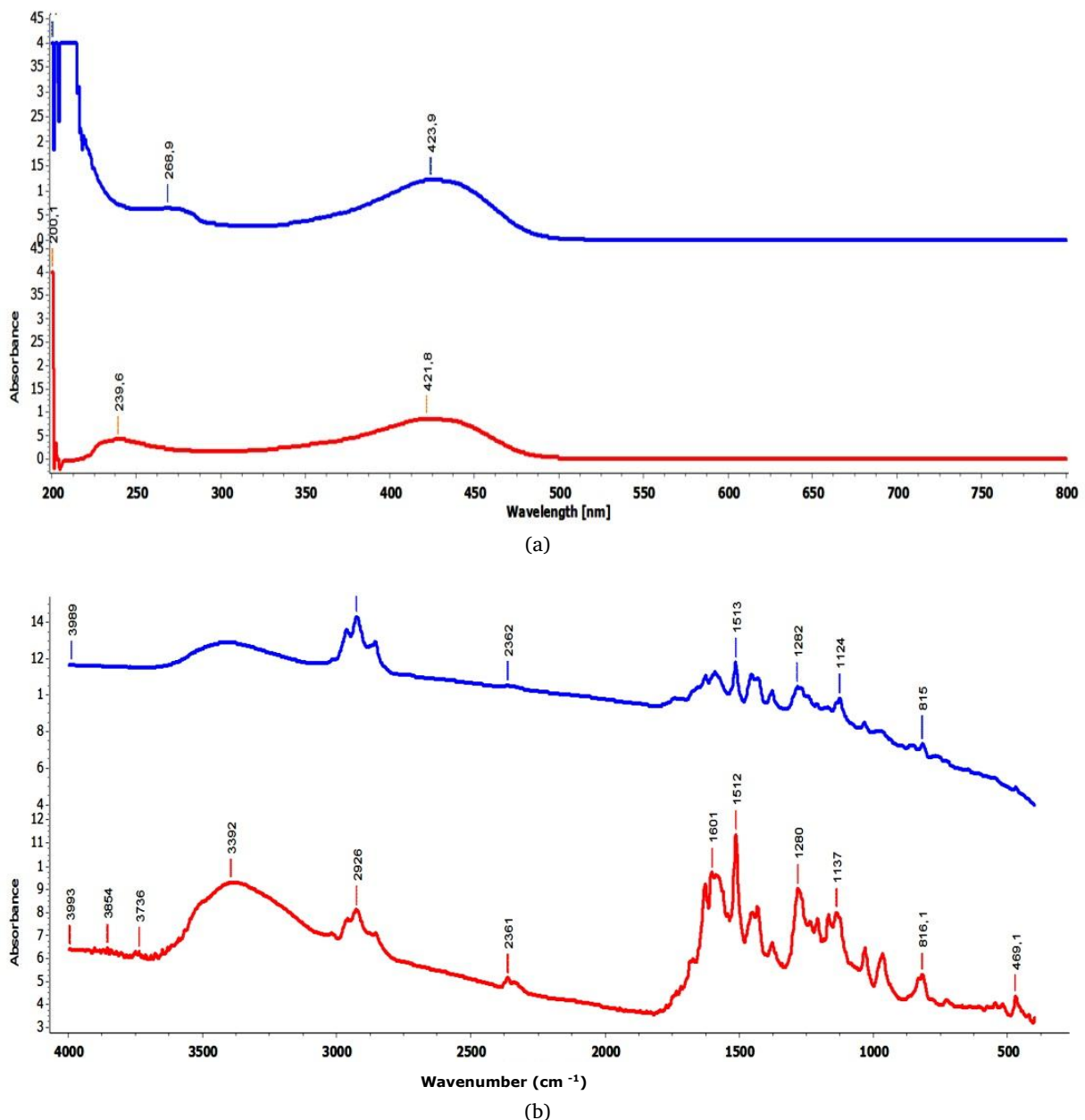
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Data Spektrum dari Kunyit dan Temu Lawak

Penentuan pola spektrum pada sampel tunggal perlu dilakukan. Hal ini disebabkan pemodelan sampel tunggal akan menjadi acuan untuk dilakukannya prediksi terhadap sampel campuran. Ekstrak tunggal yang diukur dibuat dalam konsentrasi yang sama baik itu ekstrak tunggal temu lawak maupun ekstrak tunggal kunyit. Hal

ini dilakukan untuk menghindari adanya pengaruh konsentrasi terhadap hasil pemodelan. Pengukuran serapan tunggal dilakukan pada dua daerah yaitu pada panjang gelombang UV-Vis antara 200–800 nm dan pada daerah infra merah tengah antara bilangan gelombang 500–4000 cm^{-1} .

Gambar 1a menunjukkan spektrum serapan UV-Vis temu lawak tunggal dan spektrum serapan UV-Vis kunyit tunggal. Terdapat kemiripan pola serapan di sekitar panjang gelombang 420 nm. Temu lawak maupun kunyit diketahui mengandung senyawa kurkuminoid. Kurkuminoid membentuk intensitas serapan yang kuat dan lebar pada rentang panjang gelombang 390–480 nm (Gambar 1a). Hal ini disebabkan oleh adanya bentuk isomer kurkuminoid yang berjumlah lebih dari satu pada keadaan dasar (Benassi et al., 2008; Patra & Barakat, 2011). Sebagaimana dapat terlihat bahwa pada panjang gelombang tersebut kurkuminoid berkontribusi terhadap serapan yang dihasilkan untuk kedua sampel tunggal.



Gambar 1. Spektrum UV-Vis (a) dan IR (b) temu lawak (garis biru) dan kunyit tunggal (garis merah)

Perbedaan antar kedua sampel tunggal yang signifikan terdapat pada panjang gelombang disekitar 239 dan 268 nm (**Gambar 1a**). Pada panjang gelombang 268 nm, temu lawak memberikan serapan, sementara kunyit tidak memberikan serapan. Serapan ini diduga dari xantorizol yang merupakan senyawa khas dalam temu lawak. Xantorizol merupakan komponen khas minyak atsiri temu lawak yang dapat menjadi pembeda dengan tumbuhan genus *Curcuma* lainnya, sehingga senyawa ini menjadi salah satu senyawa penciri dalam kontrol kualitas pada temu lawak dengan adanya serapan pada panjang gelombang 269–287 nm (Kim et al., 2024).

Gambar 1b menunjukkan spektrum inframerah sampel temu lawak tunggal bersusun dengan spektrum inframerah sampel kunyit tunggal, karakteristik spektrum yang mirip dikarenakan komposisi komponen kimia yang hampir mirip diantara keduanya. Terdapat sedikit perbedaan pada intensitas serapan yang dihasilkan yang mungkin disebabkan oleh adanya pengaruh lokasi tanam serta usia pemanenan.

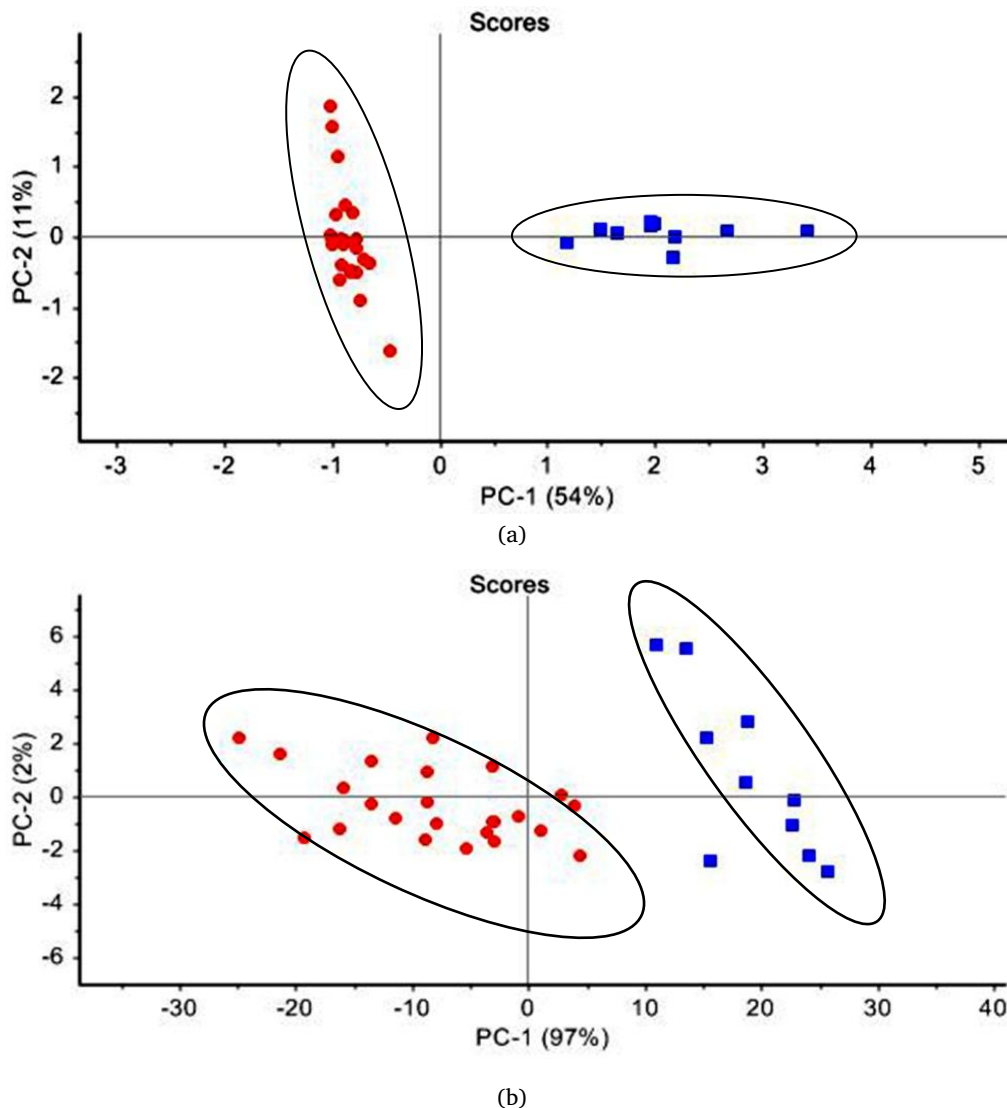
Pada spektrum IR terlihat bahwa puncak yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan pada daerah UV-Vis. Puncak pada spektrum IR dihasilkan karena adanya interaksi berupa absorpsi untuk

vibrasi gugus fungsi dalam kunyit maupun temu lawak. Semakin banyak puncak menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terkandung pun banyak. Hal ini dikarenakan pengukuran menggunakan sampel tunggal tanpa fraksinasi atau pemisahan ekstrak sama sekali.

3.2. Autentikasi Temu Lawak dari Kunyit

a. Principal Component Analysis

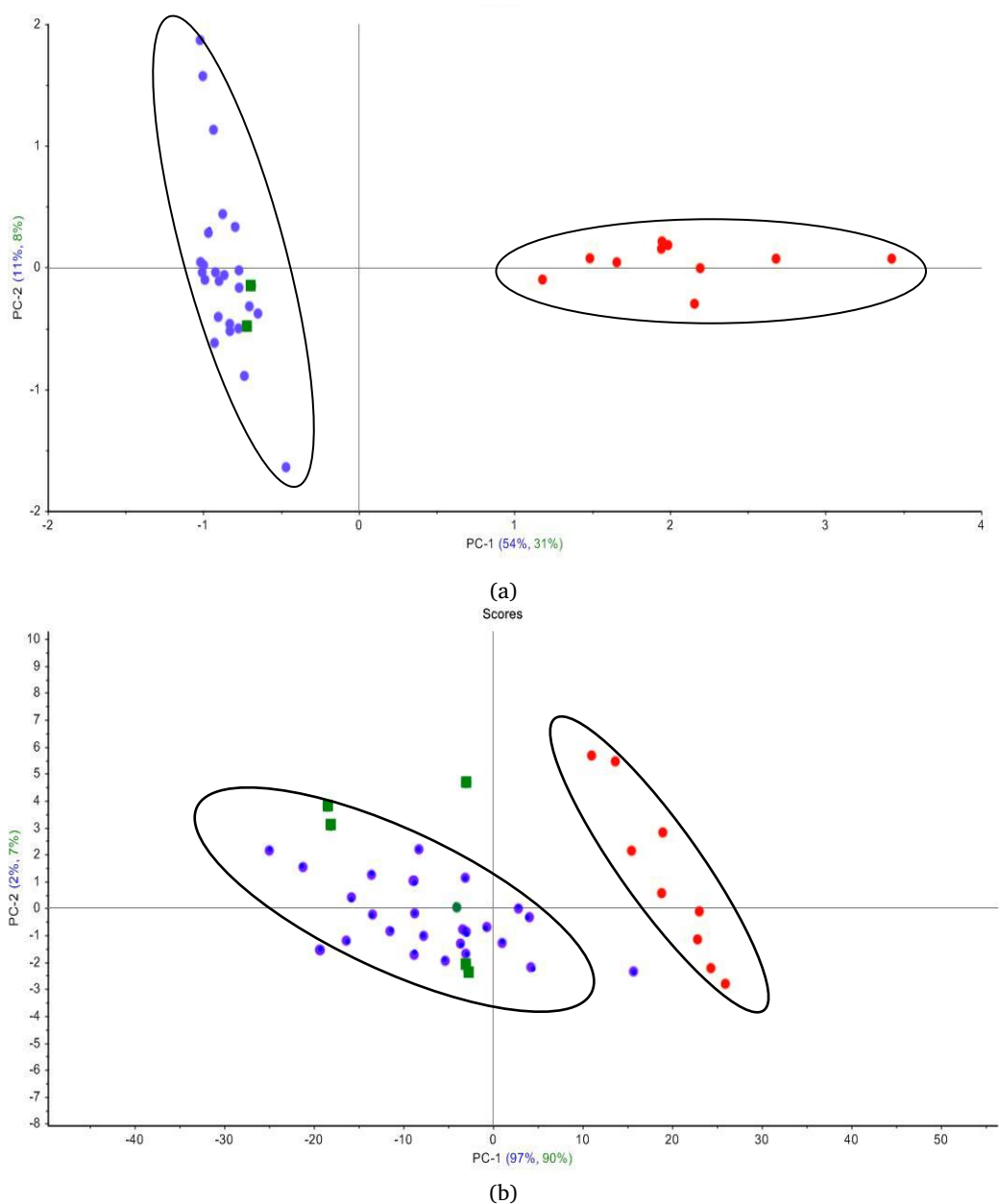
Spektrum UV-Vis dan IR yang telah diberikan pra-pemrosesan kemudian diproyeksikan dalam plot PCA. Proyeksi dilakukan pada masing-masing rentang panjang gelombang, sehingga dihasilkan dua plot skor PCA, yaitu plot skor PCA menggunakan UV-Vis dan IR. Berdasarkan **Gambar 2** terlihat bahwa kedua panjang gelombang memberikan keterpisahan yang baik. Terdapat perbedaan diantara hasil PCA pada pengukuran rentang UV-Vis dan IR dimana total varians yang dihasilkan berbeda cukup signifikan. Rentang UV-Vis dapat merepresentasikan 65% total varians, sedangkan rentang IR dapat merepresentasikan 99% total varians. **Gambar 2** menunjukkan pemisahan yang baik dimana kedua kelas yang berbeda dapat memperlihatkan keterpisahan yang signifikan pada sumbu komponen utama.



Gambar 2. Plot Skor PCA (a) UV-Vis (b) IR temu lawak (●) dan kunyit (■)

Dalam pengolahan menggunakan The Unscrambler, dimulai dengan membuat proyeksi sampel terhadap model PCA yang telah dibuat. Pada PCA, respon yang dibuat berdasarkan pola spektrum UV-Vis maupun IR antar satu sama lain. Dengan pengelompokan data yang dihasilkan maka model yang dihasilkan dapat lebih terfokus. Sampel yang diberikan pemalsu, diproyeksikan ke dalam plot skor PCA yang telah dibuat. Pada **Gambar 3**, terlihat bahwa keseluruhan sampel masih masuk kedalam golongan temu lawak.

Hasil yang sama juga ditunjukkan pada proyeksi sampel dengan model kalibrasi IR dimana sampel berada dalam kelompok model temu lawak. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan PCA belum mampu untuk menghasilkan model yang dapat membedakan antara sampel tunggal dengan sampel yang diberikan pemalsu, sehingga diperlukan adanya pemodelan yang lebih lanjut seperti SIMCA dan PLS-DA.



Gambar 3. Plot Proyeksi PCA: (a) UV-Vis, (b) IR, temulawak tunggal (●), kunyit tunggal (●), dan sampel dengan pemalsu (■)

b. Soft Independent Modeling of Class Analogy

SIMCA merupakan teknik analisis multivariat terawasi yang digunakan untuk menguji kekuatan diskriminasi dan klasifikasi dari sampel. SIMCA dapat menggolongkan sampel ke dalam kelas yang tersedia dengan tepat. Klasifikasi SIMCA untuk autentikasi temu lawak dari sampel kunyit dikembangkan dengan membuat model PCA dari masing-masing sampel tunggal menggunakan set sampel kalibrasi. SIMCA akan menunjukkan hasil berupa tabel

klasifikasi dimana sampel dapat terklasifikasi kedalam satu, beberapa kelas maupun tidak terklasifikasi dalam kelas manapun (Khanban et al., 2022).

Model SIMCA dari kedua sampel tunggal digunakan untuk memprediksi apakah sampel uji bersifat asli atau ditambahkan pemalsu. Pemodelan ini dapat mengklasifikasikan sampel uji ke dalam kelas temu lawak, kunyit atau tidak keduanya. Untuk memastikan bahwa model yang dibuat mampu untuk

mengautentikasi sampel ke dalam kelas temu lawak atau kunyit maka perlu dibuat suatu tabel uji (*confusion table*). Tabel ini adalah pencatat hasil kerja dari pengolahan menggunakan SIMCA. Tabel ini akan memberikan luaran berupa ketepatan dari model yang

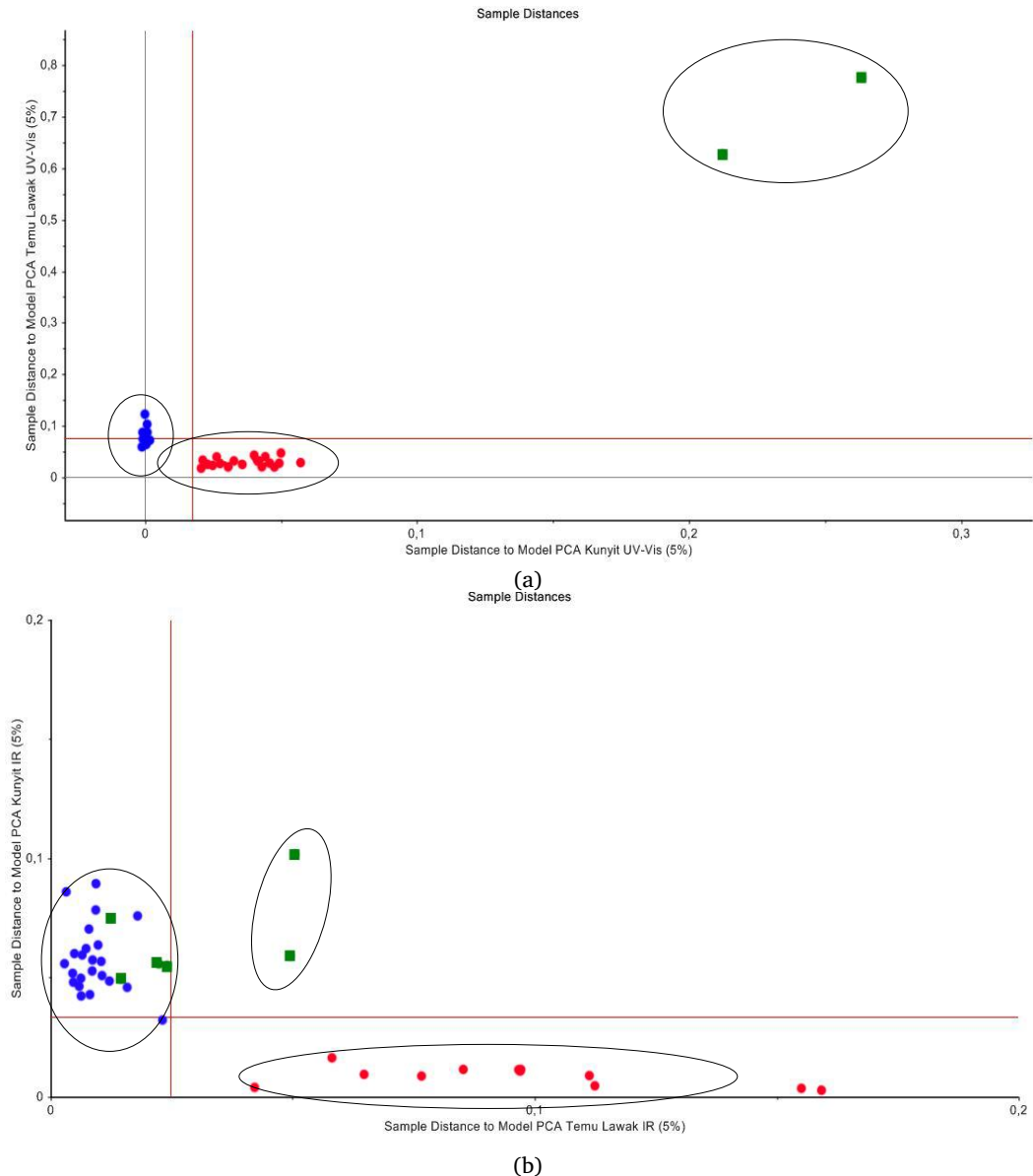
dibuat sebelumnya. Berdasarkan *confusion table* yang dibuat (Tabel 1), terlihat bahwa 100% sampel *training* dapat digolongkan secara tepat kedalam kelasnya.

Tabel 1. Confusion table

Rentang Panjang gelombang model	Kelas aktual	Kelas prediksi			Ketepatan
		Temu lawak	Kunyit	Tidak keduanya	
UV-Vis	Temu lawak	3	0	0	100%
	Kunyit	0	3	0	100%
IR	Temu lawak	3	0	0	100%
	Kunyit	0	3	0	100%

Tabel 2. Prediksi menggunakan SIMCA

Rentang Panjang gelombang model	Kelas aktual	Kelas prediksi		
		Temu lawak	Kunyit	Tidak keduanya
UV-Vis	Pemalsu 1 µg/g	0	0	3
	Pemalsu 0.5 µg/g	0	0	3
IR	Pemalsu 0.01%	0	0	3
	Pemalsu 0.005%	3	0	0



Gambar 4. Plot Coomans: (a) UV-Vis, (b) IR, temulawak tunggal (●), kunyit tunggal (●), dan sampel dengan pemalsu (■)

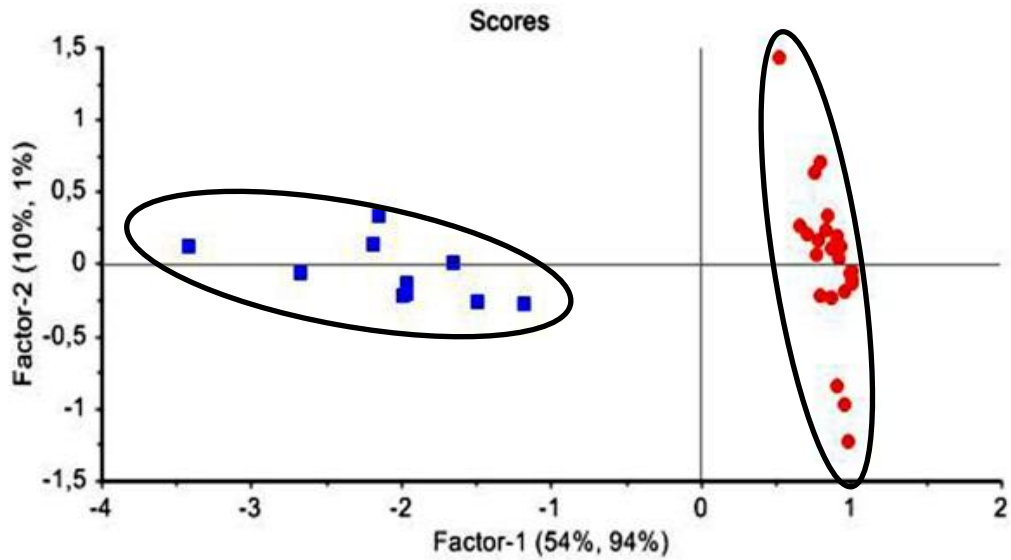
Sampel uji temu lawak dengan pemalsu kunyit diujikan pada model SIMCA yang telah dibuat. Adapun hasil yang didapatkan berdasarkan penelitian terlampir pada **Tabel 2**. Terlihat pada tabel bahwa pemodelan dengan rentang panjang gelombang UV-Vis dapat mendeteksi adanya perbedaan antara sampel tunggal dengan sampel dengan penambahan pemalsu, sementara pada pemodelan dengan rentang IR tidak dapat menemukan perbedaan antara sampel tunggal dengan sampel adulterasi 0.005%.

Gambar 4 menunjukkan plot Coomans yang didapatkan sebagai hasil pengolahan SIMCA. Plot Coomans ini akan menunjukkan kedekatan sampel dengan model PCA dari masing-masing sampel tunggal. Sampel rentang UV-Vis yang diberikan pemalsu dengan konsentrasi 1 $\mu\text{g/g}$ dan 0.5 $\mu\text{g/g}$ menunjukkan hasil dimana sampel pemalsu yang diujikan menggunakan model memiliki kemampuan untuk membedakan antara sampel tunggal dengan sampel yang ditambahkan pemalsu, dimana pada keenam sampel pemalsu tidak masuk ke dalam kelas temu lawak maupun kunyit.

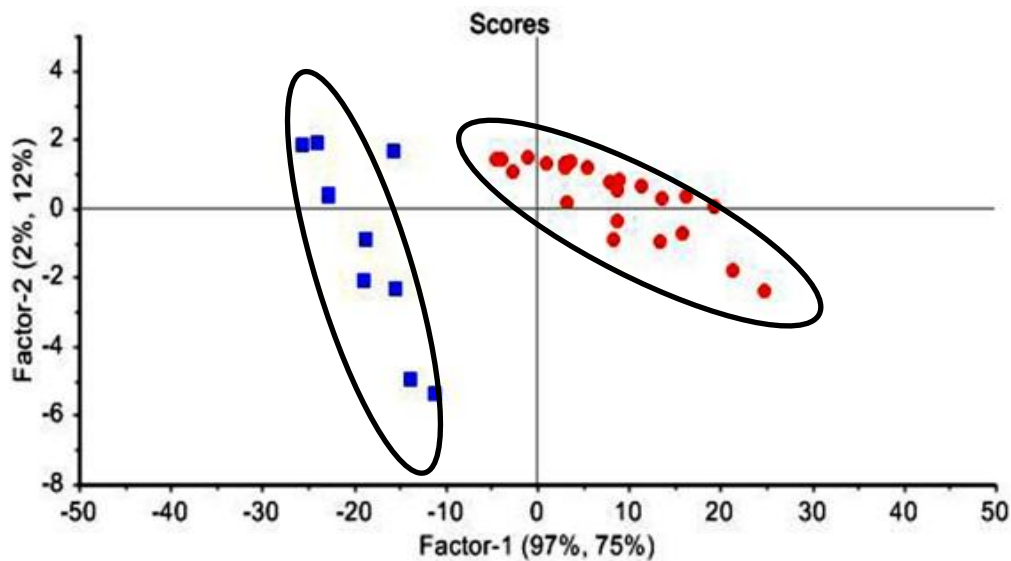
Percobaan yang dilakukan terhadap 6 sampel yang diberikan pemalsu dengan 0.01% dan 0.005% untuk sampel IR, sampel dengan konsentrasi 0.01% masih dapat dibedakan namun sampel dengan pemalsu yang lebih kecil yaitu 0.005% digolongkan sebagai sampel tunggal temu lawak.

c. Partial Least Square-Discriminant Analysis

Partial Least Square-Discriminant Analysis (PLS-DA) adalah suatu metode pengolahan data yang dapat mereduksi lalu mengelompokkan dalam identitasnya tanpa menghilangkan esensi dari data. Basis dasar dari PLS-DA adalah model regresi PLS dimana ditambahkan variabel berupa indikator dari kelompok yang ada (Stocchero et al., 2021). Pengklasifikasian menggunakan PLS-DA dilakukan sebagai pengembangan model kalibrasi antara data spektrum dan jenis sampel (Suhandy & Yulia, 2017). Luaran dari PLS-DA adalah nilai kedekatan secara regresi linear antara sampel dengan model yang dibuat.



(a)



(b)

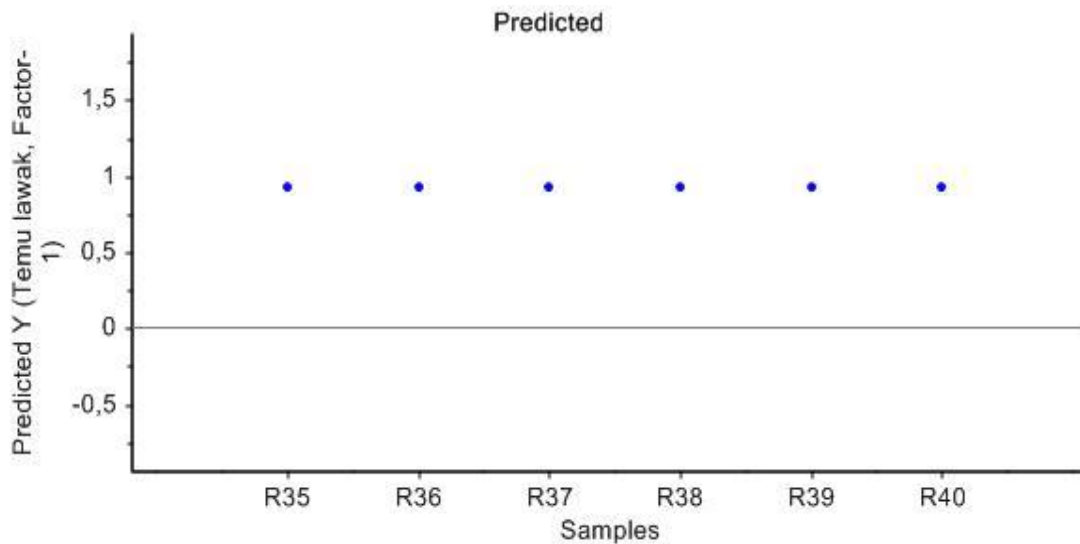
Gambar 5. Plot Skor PLS-DA: (a) UV-Vis, (b) IR, temu lawak (●), dan kunyit (■)

Pembuatan model PLS-DA menggunakan *dummy variable*. *Dummy variable* adalah variabel numerik yang merepresentasikan kategori dari data. Dalam penentuan jumlah variasi, akan lebih baik jika digunakan hanya 2 variabel, yaitu bernilai 1 atau 0. Pada penelitian ini, digunakan kategori (kelas) 1 untuk sampel temu lawak dan 0 untuk sampel kunyit. Terdapat batasan dalam pengklasifikasian menggunakan *dummy variable*, dimana jika dalam sebuah sampel terdapat salah satu komponen lebih dominan ketimbang komponen lain maka akan menimbulkan bias.

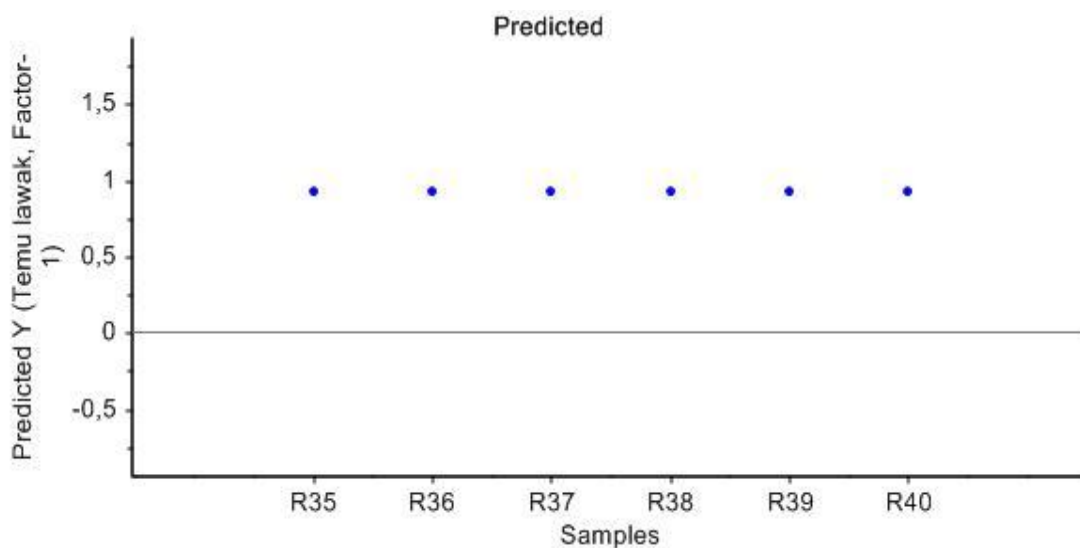
Gambar 5 menunjukkan plot skor dari model PLS dari masing-masing rentang panjang gelombang. Digunakan 2 komponen sebagai pengaturan dalam pembuatan model. Terlihat bahwa pemodelan dengan IR dapat menjelaskan lebih banyak varians dibandingkan dengan pemodelan UV-Vis. Hal ini disebabkan karena puncak daripada spektrum IR lebih banyak dibandingkan dengan UV-Vis sehingga mampu memberikan informasi yang lebih banyak dibandingkan dengan spektrum UV-Vis.

Berdasarkan **Gambar 6** terlihat bahwa sampel tidak dapat dibedakan dari sampel tunggal kunyit. Hal ini terlihat dimana keseluruhan poin sampel uji memiliki nilai prediksi diatas 0.5 dan dibawah 1.5 sehingga keseluruhan sampel digolongkan kedalam kelas 1 yaitu temu lawak. Dari hal ini dapat terlihat bahwa hasil prediksi menggunakan model PLS-DA belum dapat membedakan sampel murni dengan sampel yang diberikan pemalsu.

Pemodelan dengan menggunakan rentang panjang gelombang IR maupun UV-Vis tidak terlihat perbedaan yang signifikan terkecuali pada **Tabel 2** dimana pada rentang IR, model nampak tidak dapat membedakan sampel pencampur dengan sampel tunggal. Hal ini disebabkan karena kunyit sebagai pemalsu konsentrasinya sangat rendah mengakibatkan respon yang tidak signifikan sehingga sulit untuk dibedakan dari sampel tunggal temu lawak. Respon yang dapat dideteksi pada alat dipengaruhi oleh jumlah analit yang ada dalam matriks, dimana semakin banyak analit maka semakin besar respon yang diterima oleh alat.



(a)



(b)

Gambar 6. Plot prediksi menggunakan PLS-DA (a) UV-Vis dan (b) IR

4. KESIMPULAN

Penelitian yang bertujuan untuk membuat pemodelan autentikasi temu lawak dari pemalsu kunyit dilakukan dengan dua rentang panjang gelombang yaitu rentang UV-Vis dan IR. Pemodelan SIMCA pada rentang UV-Vis menghasilkan model yang dapat membedakan antara sampel tunggal dengan sampel yang diberikan pemalsu sementara pemodelan pada rentang IR tidak dapat membedakan sampel tunggal dari sampel pemalsu 0.005%. Sementara pemodelan PLS-DA pada rentang UV-Vis maupun pada rentang IR tidak dapat membedakan sampel tunggal dengan sampel pemalsu dimana keseluruhan sampel diprediksikan sebagai sampel tunggal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aboulwafa, M. M., Youssef, F. S., Gad, H. A., Sarker, S. D., Nahar, L., Al-Azizi, M. M., & Ashour, M. L. (2019). Authentication and discrimination of green tea samples using UV–vis, FTIR and HPLC techniques coupled with chemometrics analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *164*, 653–658. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.11.036>
- Angeline, E., 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>
- Ballabio, D., & Consonni, V. (2013). Classification tools in chemistry. Part 1: Linear models. PLS-DA. In *Analytical Methods* (Vol. 5, Issue 16, pp. 3790–3798). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c3ay40582f>
- Benassi, R., Ferrari, E., Lazzari, S., Spagnolo, F., & Saladini, M. (2008). Theoretical study on Curcumin: A comparison of calculated spectroscopic properties with NMR, UV-vis and IR experimental data. *Journal of Molecular Structure*, *892*(1–3), 168–176. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2008.05.024>
- de León-Solis, C., Casasola, V., & Monterroso, T. (2023). Metabolomics as a tool for geographic origin assessment of roasted and green coffee beans. In *Heliyon* (Vol. 9, Issue 11, p. e21402). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21402>
- 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), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods5020036>
- Girme, A., Saste, G., Balasubramaniam, A. K., Pawar, S., Ghule, C., & Hingorani, L. (2020). Assessment of *Curcuma longa* extract for adulteration with synthetic curcumin by analytical investigations. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *191*. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113603>
- Khanban, F., Bagheri Garmarudi, A., Parastar, H., & Toth, G. (2022). Evaluation of FT-IR spectroscopy combined with SIMCA and PLS-DA for detection of adulterants in pistachio butter. *Infrared Physics and Technology*, *127*, 104369. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2022.104369>
- Kim, H., Lee, D. W., & Hwang, J. K. (2024). *Curcuma xanthorrhiza* extract and xanthorrhizol ameliorate cancer-induced adipose wasting in CT26-bearing mice by regulating lipid metabolism and adipose tissue browning. *Integrative Medicine Research*, *13*(1), 101020. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2023.101020>
- Kucharska-Ambrożej, K., Martyna, A., Karpińska, J., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., & Kubat-Sikorska, A. (2021). Quality control of mint species based on UV-VIS and FTIR spectral data supported by chemometric tools. *Food Control*, *129*, 108228. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108228>
- Nunes, A., Azevedo, G. Z., dos Santos, B. R., Lima, G. P. P., Moura, S., & Maraschin, M. (2024). Application of UV–vis spectrophotometry and chemometrics to investigate adulteration by glucose syrup in Brazilian polyfloral honey. *Food and Humanity*, *2*, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.12.002>
- Nunes, A., Azevedo, G. Z., Santos, B. R. dos, Liz, M. S. M. de, Schneider, F. S. de S., Rodrigues, E. R. de O., Moura, S., & Maraschin, M. (2023). A guide for quality control of honey: Application of UV–vis scanning spectrophotometry and NIR spectroscopy for determination of chemical profiles of floral honey produced in southern Brazil. *Food and Humanity*, *1*, 1423–1435. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.10.010>
- Nunes, A., Zilto Azevedo, G., Rocha dos Santos, B., Vanz Borges, C., Pace Pereira Lima, G., Conte Crocoli, L., Moura, S., & Maraschin, M. (2022). Characterization of Brazilian floral honey produced in the states of Santa Catarina and São Paulo through ultraviolet–visible (UV–vis), near-infrared (NIR), and nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. *Food Research International*, *162*, 111913. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111913>
- Patra, D., & Barakat, C. (2011). Synchronous fluorescence spectroscopic study of solvatochromic curcumin dye. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *79*(5), 1034–1041. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2011.04.016>
- Paul, A., & de Boves Harrington, P. (2021). Chemometric applications in metabolomic studies using chromatography–mass spectrometry. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 135, p. 116165). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116165>
- Rafi, M., Jannah, R., Heryanto, R., Kautsar, A., & Septaningsih, D. A. (2018). UV-Vis spectroscopy and chemometrics as a tool for identification and discrimination of four *Curcuma* species. *International Food Research Journal*, *25*(2), 643–648.
- Rafi, M., Wulansari, L., Heryanto, R., Darusman, L. K., Lim, L. W., & Takeuchi, T. (2015). Curcuminoid's Content and Fingerprint Analysis for Authentication and Discrimination of *Curcuma xanthorrhiza* from *Curcuma longa* by High-Performance Liquid Chromatography-Diode Array Detector. *Food Analytical Methods*, *8*(9), 2185–2193. <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0110-1>

- Rohman, A., Wijayanti, T., Windarsih, A., & Riyanto, S. (2020). The Authentication of Java Turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) Using Thin Layer Chromatography and 1H-NMR Based-Metabolite Fingerprinting Coupled with Multivariate Analysis. *Molecules*, 25(17). <https://doi.org/10.3390/molecules25173928>
- Stocchero, M., De Nardi, M., & Scarpa, B. (2021). PLS for classification. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 216, 104374. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2021.104374>
- Suhandy, D., & Yulia, M. (2017). Peaberry coffee discrimination using UV-visible spectroscopy combined with SIMCA and PLS-DA. *International Journal of Food Properties*, 20, S331–S339. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1296861>
- Windarsih, A., Rohman, A., & Swasono, R. T. (2019). Application of 1H-NMR based metabolite fingerprinting and chemometrics for authentication of *Curcuma longa* adulterated with *C. heyneana*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 13, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100203>

Citation format:

Izzati, M. N., Syafitri, U. D., & Rafi, M. (2024). Authentication of Java Turmeric (*Curcuma xanthorrhiza*) from Turmeric (*Curcuma longa*) Using a Combination of UV-VIS-IR Spectrum and Chemometrics. *Jurnal Jamu Indonesia*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.29244/jji.v10i1.313>