

## Autentikasi *G.dulcis* terhadap Adulterasi *G.Mangostana* dengan Metode Spektrofotometri Kombinasi Kemometrik

### Authentication of *G.dulcis* Against Adulteration of *G.Mangostana* with Chemometric Combination Spectrophotometric Method

Samsul Hadi<sup>1\*</sup>, Kunti Nastiti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Farmasi, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A.Yani km 34,5, Banjarbaru, 70714, Indonesia

<sup>2</sup>Prodi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Sarimulia, Jl. Pramuka No.2, Banjarmasin, 70238, Indonesia

**Diajukan:** 11-08-2022

**Direview:** 08-01-2024

**Disetujui:** 31-03-2024

**Kata Kunci:**  
autentikasi, *G. dulcis*,  
*G. Mangostana*

**Keywords:**  
authentication, *G. dulcis*, *G. mangostana*

**Korespondensi:**  
Samsul Hadi  
[samsul.hadi@ulm.ac.id](mailto:samsul.hadi@ulm.ac.id)



Lisensi: CC BY-NC-ND 4.0

Copyright ©2024 Penulis

#### Abstrak

*Garcinia* adalah genus yang terdiri dari berbagai macam spesies dengan aktivitas beragam. Dua spesies *Garcinia* yang telah diteliti adalah *G. dulcis* dan *G. mangostana*. Ekstrak buah bagian pericarp kedua spesies tersebut memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antibakteri, anti hiperlipidemia, dan antidiabetes. Namun, aktivitas kedua spesies ini bervariasi, sehingga diperlukan autentikasi salah satu spesies untuk menghindari terjadinya adulterasi (pencampuran). Penelitian ini bertujuan untuk mengautentifikasi *G. dulcis* dalam campuran *G. dulcis* dan *G. mangostana*. Penelitian ini menggunakan metode spektrofotometri kombinasi dengan kemometrik. Peralatan yang digunakan adalah spektrofotometri UV-vis, dan analisis data menggunakan PLSR. Hasil dari penelitian pada panjang gelombang daerah 246,77-224,46 nm model normal RMSEC adalah 3,75 dan  $R^2$  0,99 dan panjang gelombang 300,2- 256,56 nm derivatisasi kedua RMSEC adalah 3,21 dan  $R^2$  0,9956. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan model derivatisasi ke-2 pada panjang gelombang 300,2-256,56 nm merupakan model terbaik untuk autentikasi *G.dulcis* terhadap *G.mangostana* karena memiliki RMSE terendah dan  $R^2$  tertinggi secara kualitatif namun belum mampu mengkuantifikasi perbedaannya.

#### Abstract

*Garcinia* is a genus consisting of various species that engage in diverse activities. The two *Garcinia* species that have been studied are *G. dulcis* and *G. mangostana*. Fruit extracts from the pericarp of both species have antioxidant, antibacterial, anti-hyperlipidemic, and anti-diabetic activity. However, the activities of these two species vary, so authentication of one species is necessary. This study aims to authenticate *G. dulcis* in a mixture of *G. dulcis* and *G. mangostana*. This research uses a combination spectrophotometric method with chemometrics. The equipment used is UV-vis spectrophotometry, and data analysis uses PLSR. The research results at the wavelength area of 246.77-224.46 nm, the normal model RMSEC is 3.75 and  $R^2$  0.99 and the wavelength 300.2-256.56 nm of the second derivatization RMSEC is 3.21 and  $R^2$  0.9956. Based on the data obtained, it can be concluded that the 2nd derivatization model at a wavelength of 300.2-256.56 nm is the best model for authenticating *G.dulcis* against *G.mangostana* because it has the lowest RMSE and the highest  $R^2$  qualitatively but has not been able to quantify the difference.

**Cara mensitasi artikel** (citation style: AMA 11<sup>th</sup> Ed.):

Hadi S, Nastiti K. "Autentikasi *G.dulcis* terhadap Adulterasi *G.Mangostana* dengan Metode Spektrofotometri Kombinasi Kemometrik" *J. Ilm. Medicam.*, 2024;10(1), 75–82. Doi: [10.36733/medicamento.v10i1.4856](https://doi.org/10.36733/medicamento.v10i1.4856)

## PENDAHULUAN

*Garcinia* memiliki berbagai macam jenis, setiap jenis memiliki aktivitas yang beragam. Spesies *Garcinia* yang telah dilakukan penelitian adalah *G. dulcis* dan *G. mangostana*. Ekstrak pericarp buah mempunyai aktivitas sebagai antioksidan, antibakteri,

anti hiperlipidemia dan antidiabetes, akan tetapi kedua spesies ini memiliki kemampuan yang bervariasi,<sup>1</sup> oleh karena itu diperlukan autentikasi salah satu spesies.

*Garcinia dulcis* (Roxb.) Kurz, biasa disebut mundu (Jawa), adalah tanaman sub-kayu genus

*Clusiaceae (Guttiferae)*, yang mempunyai kekerabatan dengan manggis (*G. mangostana*), yang dikenal sebagai Ratu Buah.<sup>2</sup> Meskipun, *G. dulcis* sangat mirip manggis dalam ukuran pohon dan pertumbuhannya, akan tetapi hubungan filogenetik antara kedua tanaman itu sangat jauh. berdasarkan analisis sekuen DNA di antara 17 spesies *Garcinia* telah mengungkapkan bahwa *G. dulcis* sangat dekat dengan *G. tinctoria* dan *G. xanthochymus*. *G. dulcis* memiliki proses evolusi yang berbeda dari manggis.<sup>1</sup> Karena *G. dulcis* dapat beradaptasi dengan baik terhadap kekeringan dari pada *G. mangostana*, maka tanaman ini cocok ditanam di daerah kering untuk tujuan komersial.<sup>3</sup> Ekstrak dari kulit batang telah digunakan dalam pengobatan tradisional Thailand sebagai antiseptik, sedangkan jus buah, yang kaya vitamin C (50 mg/kg buah) sebagai anti-kudis, ekspektoran, meredakan batuk dan sakit tenggorokan, pencahar ringan, dan sebagai dekongestan. Bagian akar digunakan sebagai antipiretik dan detoksifikasi.<sup>4</sup> Telah dilakukan uji fitokimia dan studi farmakologis pada spesies *Garcinia*, penelitian telah mengungkapkan bahwa bagian tanaman yang berbeda mengandung metabolit sekunder yang beragam, dan dari mereka menunjukkan aktivitas farmakologis yang potensial dalam gangguan kardiovaskular yaitu biflavonoid dan morelloflavone. *G. dulcis* merupakan sumber yang kaya akan anti-oksidan. Senyawa yang berpotensi dalam antioksidan terhadap 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil adalah fenolik yang diperoleh dari bagian bunga, buah, dan biji.

Uji antioksidan yang digunakan pada 10 $\mu$ M quercetin 3-O- $\beta$ -galactopyranoside, fukugeside, xanthochymol, dan guttiferone E dari bunga menunjukkan aktivitas antioksidan kuat dengan nilai antioksidan 57%, 56%, 60% dan 59%, sedangkan antioksidan referensi yaitu butylated hidroksitoluena hanya 43%.<sup>5</sup> Senyawa yang diisolasi dari buah hijau dan matang, morelloflavone, kamboginol, dulcisflavan, kambogin, dan (-)-epicatechin adalah penangkap efektif dari radikal DPPH. Pada konsentrasi 10  $\mu$ M, mereka mampu menangkap radikal pada 51%, 74%, 87%, 69% dan 82%, masing-masing, hal ini lebih baik dari BHT 43%.<sup>6</sup>

*Garcinia mangostana* L. (manggis) adalah pohon tropis asli Tenggara Asia termasuk dalam

famili *Clusiaceae* atau *Guttiferae*.<sup>7</sup> Di Asia Tenggara, biji dan kulitnya bukan hanya untuk pengobatan gastrointestinal dan saluran infeksi kemih akan tetapi juga sebagai pencahar, agen anti-demam, dan pengobatan insomnia.<sup>8</sup> Berbagai komponen telah ditemukan bertanggung jawab atas efek farmakologis, yaitu flavonoid, asam fenolik, xanthone dan polisakarida.<sup>5</sup>

Polisakarida yang berasal dari tumbuhan telah dilaporkan memiliki berbagai macam aktivitas, seperti anti-inflamasi dan imunoregulasi.<sup>9</sup> Senyawa golongan ini dapat dengan mudah digunakan di bidang biomedis karena tidak beracun dan belum ditemukan efek samping. Baru-baru ini, arabinofuranan yang larut dalam air dimurnikan dari kulit *Garcinia mangostana* dan dilaporkan memiliki efek stimulasi yang kuat pada sistem kekebalan tubuh, terutama melalui aktivasi makrofag.<sup>10</sup>

Flavonoid berperan dalam pertahanan terhadap patogen, yaitu *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium spesies*, nematoda, dan serangga fitofag.<sup>11</sup> Sejak penemuan berbagai macam senyawa, mereka telah terbukti memiliki manfaat biologis, seperti anti-inflamasi, antivirus, antibakteri, antioksidan, antikanker, dan neuroprotektif. Baicalein, fisetin, quercetagenin, silymarin, curcumin, dan nobiletin hanyalah beberapa contoh dari banyak flavonoid yang dapat ditemukan di manggis; menariknya, berbagai penelitian telah melaporkan bahwa flavonoid ini dapat menghambat infeksi yang disebabkan oleh virus chikungunya, pathogen yang dapat menyebabkan demam yang ditandai dengan mialgia parah.<sup>12</sup>

Ekstrak kulit buah dari *G. dulcis-G. mangostana* mempunyai aktivitas sebagai antioksidan, antibakteri, anti hiperlipidemia dan antidiabetes, akan tetapi kedua spesies ini memiliki kemampuan yang bervariasi, oleh karena itu diperlukan autentikasi salah satu spesies untuk menghindari terjadinya adulterasi.<sup>1</sup>

Autentikasi adalah sebuah metode untuk mengkonfirmasi kebenaran dari sampel, sedangkan adulterasi merupakan salah satu proses pemalsuan sampel yang bertujuan untuk meningkatkan nilai keaslian dari sampel, sehingga dalam hal ini efektifitas dari *G. dulcis* akan turun. Peneliti belum menemukan penelitian mengenai autentikasi *G. dulcis-*

*G.mangostana* dengan spektrofotometri UV-Vis. Sehingga tujuan penelitian ini adalah autentikasi *G. dulcis* terhadap campuran *G.dulcis-G.mangostana* dengan metode spektrofotometri UV-VIS agar efektivitas *G.dulcis* terjaga.

### METODE PENELITIAN

#### Alat dan Bahan Penelitian.

**Alat.** Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV-vis (perkin elmer<sup>®</sup>), micropipette 10 – 100  $\mu$ L (mettler toledo<sup>®</sup>), neraca (ohaus<sup>®</sup>) dan alat alat gelas laboratorium.

**Bahan.** Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah simplisia kering kulit buah *G.dulcis* dan *G.mangostana* diperoleh dari desa asam asam Kecamatan Jorong Kalimantan Selatan , metanol (Merck, Jerman), etanol teknis 96 %.

#### Prosedur Penelitian

Tahap awal penelitian autentikasi, kedua tanaman dideterminasi di GENERASI BIOLOGI INDONESIA.

Simplisia *G.dulcis* dan *G.mangostana* diekstraksi dengan menggunakan etanol 96% selama 3X24 jam, metode yang dipakai adalah maserasi. Ekstrak cair yang diperoleh kemudian diuapkan dengan water bath pada suhu 60<sup>o</sup>C hingga didapatkan ekstrak kental. Ekstrak kental yang diperoleh kemudian dilarutkan menggunakan metanol p.a untuk persiapan pembacaan absorbansi menggunakan spektrofotometri. Agar diperoleh model regresi maka diperlukan model pencampuran. Model pencampuran yang digunakan *G.dulcis* terhadap *G.mangostana* adalah 0; 20; 40; 60; 80; 100 dalam %.<sup>13</sup> Pencampuran ini dilakukan secara bertahap dimulai dengan cara membuat ekstrak *G.dulcis* dan *G.mangostana* masing masing dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 10 ml. Dari stok awal ini selanjutnya dicampur dengan masing masing bagian sesuai dengan ketentian diatas dalam ukuran volume per volume.

#### Analisis Data.

Data Absorbansi yang diperoleh kemudian dianalisis kemometrik menggunakan partial least square regression (PLSR) menggunakan TQ Analyst.<sup>®14</sup>

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari determinasi tanaman adalah *Garcinia dulcis* (Roxb.) Kurz dengan nomer 08.137/Genbinesia/X/2022 dan *Garcinia mangostana* L nomer 08.138/Genbinesia/X/2022.

#### Spektrum *G.dulcis* dan *G.mangostana*

Simplisia yang berhasil dikumpulkan diekstraksi kemudian dipreparasi sebelum pembacaan. Preparasi sampel dimulai dengan melarutkan sampel dengan metano p.a. Selanjutnya sampel di sonifikasi untuk memperkecil ukuran partikel sehingga mudah untuk melarutkan sampel dan mencegah terjadinya hambauran waktu pembacaan.<sup>15</sup>

Panjang Gelombang yang digunakan untuk pemidaian adalah 200-400nm. Panjang gelombang diatas 400 nm tidak dipergunakan karena absorbansinya dibawah 0.05, sehingga tidak bagus untuk identifikasi, hal ini juga dilakukan dalam penelitian kemometrik tequila.<sup>16</sup> Disamping itu panjang gelombang 200-400 nm merupakan daerah ultraviolet yang tidak dapat dilihat oleh mata secara *visible*.

#### Autentikasi *G.dulcis* dan *G.mangostana*

Metode autentikasi yang dipergunakan dalam penelitian ini *partial least square regression* (PLSR). Metode ini dipergunakan menjaga keaslian dari *G.dulcis*, sehingga dapat terjaga kualitas dari bahan baku pericarp *G.dulcis*, dengan terjaga kualitas simplisia maka kadar kandungan aktif relative stabil, dan pada akhirnya diperoleh manfaat yang optimal dari pericarp *G.dulcis*. algoritma PLSR pada metode kemometrik yaitu menghubungkan antar respon yang dipengaruhi variabel menggunakan kuadrat terendah. Metode ini mampu menerjemahkan campuran yang tidak sederhana dengan waktu yang relative cepat dan bersamaan.<sup>17</sup>

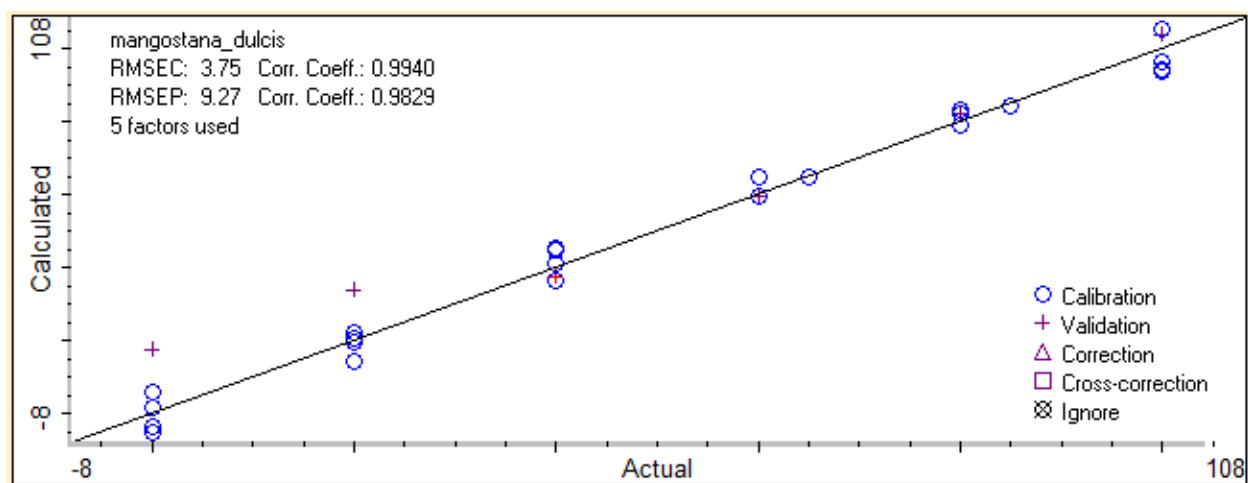
Kalibrasi yang digunakan dalam metode PLSR adalah RMSEC dan R<sup>2</sup>. PLSR adalah metode yang mereduksi variabel, yang digunakan untuk memprediksi, menjadi kumpulan prediktor yang lebih kecil. Prediktor ini kemudian digunakan untuk melakukan regresi. RMSEC adalah variasi nilai yang dihasilkan model yang dibangun terhadap nilai aktualnya, Nilai RMSEC semakin rendah semakin baik sedangkan R<sup>2</sup> adalah nilai yang menghubungkan antara variabel tergantung dengan variabel bebas,

nilai  $R^2$  yang baik adalah yang mendekati nilai satu atau lebih besar dari 0,98.<sup>18,19</sup> Nilai RMSEC dan RMSECV yang baik untuk analisis kuantitatif dibawah 3<sup>20</sup>. Pada penelitian Autentikasi *G.dulcis* dan *G.mangostana* panjang gelombang pada daerah 246,77-224,46 nm model normal adalah model terbaik dengan RMSEC adalah 3,75 dan  $R^2$  adalah 0,99 pada **Tabel 1** dan **Gambar 1** sedangkan panjang gelombang 300,2- 256,56 nm derivatisasi kedua adalah model yang terpilih dengan RMSEC adalah

3,21 dan  $R^2$  adalah 0,9956 pada **Tabel 2** dan **Gambar 2**.  $R^2$  yang didapat oleh kedua model tersebut diatas 0,98 sehingga ada korelasi yang kuat antara perubahan variabel bebas dengan respon yang didapatkan.<sup>21</sup> RMSEC dan RMSECV yang diperoleh memiliki nilai di atas 3, sehingga model yang dibuat belum mampu menentukan kadar *G.dulcis* dalam campuran *G.dulcis-G.mangostana* secara kuantitatif, akan tetapi dapat membedakan secara kualitatif.<sup>22</sup>

**Tabel 1.** PLS pada panjang gelombang 246,77-224,46 nm

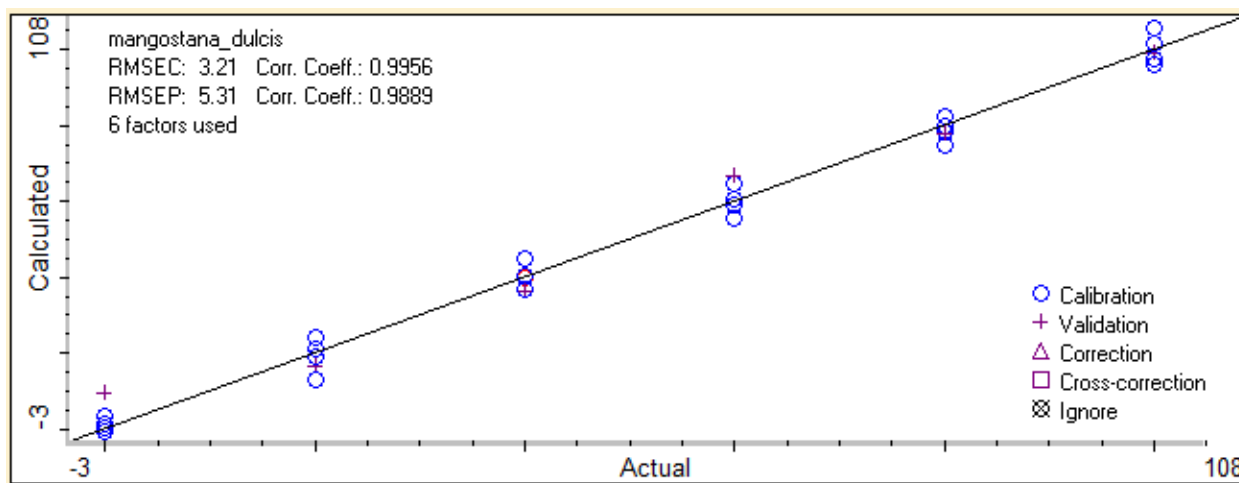
Model	Kalibrasi		Prediksi		Cross-validation	
	RMSEC	$R^2$	RMSEP	$R^2$	RMSECV	$R^2$
normal	<b>3,75</b>	<b>0,994</b>	<b>9.27</b>	<b>0,9829</b>	<b>15,9</b>	<b>0,8943</b>
1 st	2,47	0,9974	17.9	0,9029	8,08	0.9722
2 st	3,57	0,9946	10.5	0,9766	12,9	0.9293



**Gambar 1.** Regresi model normal panjang gelombang 246,77-224,46 nm

**Tabel 2.** PLS pada panjang gelombang 300,2- 256,56 nm

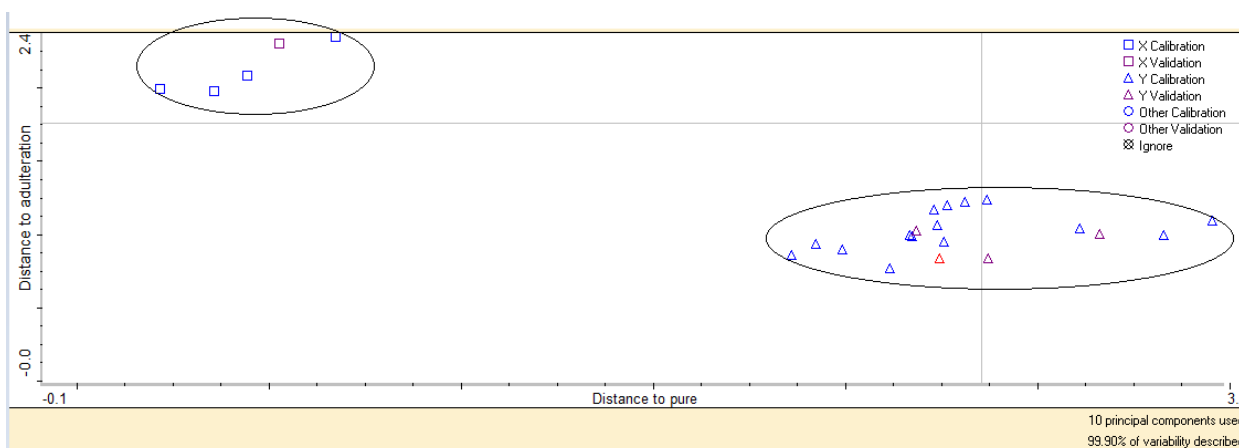
Model	Kalibrasi		Prediksi		Cross-validation	
	RMSEC	$R^2$	RMSEP	$R^2$	RMSECV	$R^2$
normal	13,7	0,9164	13,6	0,9174	18,4	0,8455
1 st	13	0,9242	12,9	0,9258	17,5	0,8595
<b>2 st</b>	<b>3,21</b>	<b>0,9956</b>	<b>5,31</b>	<b>0,9889</b>	<b>18,7</b>	<b>0,8508</b>



**Gambar 2.** Regresi model derivatisasi ke-2 panjang gelombang 300,2- 256,56 nm

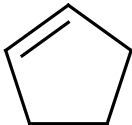
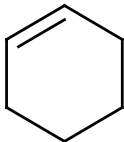
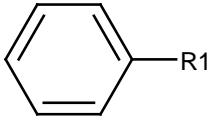
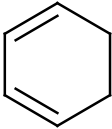
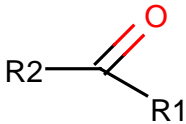
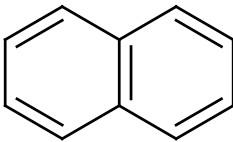
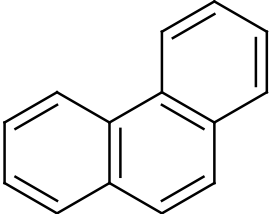
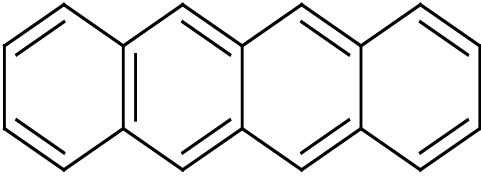
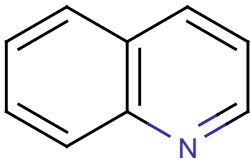
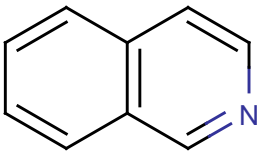
Model kalibrasi yang diperoleh untuk memperkirakan konsentrasi *G.dulcis* dalam campuran. Nilai prediksi yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai model kalibrasi yang telah dibuat. Indikator keberhasilan model ditentukan dengan RMSEP dan  $R^2$ .<sup>23</sup> RMSEP menggambarkan keakuratan model dengan melihat deferensiasi dari residual, nilai RMSEP terendah adalah nol, sehingga perbedaan antara nilai observasi yang di kalkulasi adalah rendah.<sup>22</sup>  $R^2$  menggambarkan berbagai macam respon yang dipengaruhi oleh deferensiasi dari perubahan predictor pada model kalibrasi. Model yang terbaik jika nilai  $R^2$  mendekati nilai satu dan RMSEP mendekati nilai nol.<sup>24</sup> RMSEP yang diperoleh diatas tiga dan  $R^2$  mendekati satu, sehingga model yang digunakan mampu memprediksi *G.dulcis* dalam campuran secara kualitatif akan tetapi belum mampu memprediksi konsentrasi *G.dulcis* dalam campuran. Mengenai tampilan kualitatif antara *G.dulcis* dan

campuran dapat dilihat pada gambar 3 dengan metode *discriminan analyses*. *Discriminan analyses* menggambarkan jarak antara *G.dulcis* yang murni 100% dan *G.dulcis* dalam campuran, tehnik ini dilakukan dengan cara mengolah data lebih lanjut yaitu data absorbansi spektra yang diperoleh dihitung jarak mahalanobis absorbansi spektra tersebut.<sup>21</sup> *Plot Cooman* gambar 3 efektif menggambarkan kelompok *G.dulcis* murni dan *G.dulcis* dalam campuran. Penelitian autentikasi *G.dulcis* terhadap *G.mangostana* belum pernah dilakukan dengan metode yang lain. Penelitian autentikasi yang dilakukan dengan metode FTIR yaitu autentikasi minyak ikan gabus terhadap adulterasi minyak yang lainnya<sup>25</sup>, autentikasi minyak ikan patin terhadap adulterasi ikan gabus<sup>26</sup>, autentikanya minyak ikan gabus terhadap adulterasi minyak palm dan minya jagung<sup>27</sup> dan autentikasi minyak ikan tuna terhadap adulterasi menyak jenis lain.<sup>28</sup>



**Gambar 3.** Plot Cooman model derivatisai ke-2 *G.dulcis* terhadap adulterasi *G.mangostana* pada panjang gelombang 300,2-256,56 nm.

**Tabel 3.** Prediksi kromofor panjang gelombang 300,2-256,56 nm<sup>29</sup>

Struktur	$\lambda_{max}$ (nm)	Struktur	$\lambda_{max}$ (nm)
	300		295
siklopentena		sikloheksena	
	260-272		256
mono dan polisubstitusi		sikloheksa 1,3 diena	
	270-300		275
karbonil		naftalena	
	292		272
fenantrena		naphtacene	
	270		266
kuinolina		isokuinolina	

Prediksi kromofor yang berpengaruh di daerah panjang gelombang 300,2-256,56 nm pada **Tabel 3.** dibagi menjadi dua yaitu *forbidden transition* dan *allowed transitions*. Yang termasuk dalam *forbidden transition* adalah siklopentena tidak ada data mengenai absopktivitas molar akan tetapi data yang diperoleh adalah 21 liter/mol, sikloheksena 29 liter/mol, benzene monosubstitusi absopktivitas molar 218-239, sikloheksa 1,3 diena 7943, karbonil 1000, naftalena 5600, kuinoline 3600 dan isokuinoline 4000

sedangkan yang termasuk dalam *allowed transitions* adalah Fenantrena dengan absopktivitas molar 14000 dan naphtacena 180.000.<sup>30</sup>

## SIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan model derivatisasi ke-2 pada panjang gelombang 300,2-256,56 nm merupakan model terbaik untuk autentikasi *G.dulcis* terhadap adulterasi *G.mangostana* karena memiliki RMSE terendah dan R<sup>2</sup> tertinggi secara kualitatif namun belum mampu

mengkuantifikasi perbedaannya. Sehingga efektivitas *G.dulcis* terjaga dari pencampuran dengan *G. mangostana*.

### KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan antar penulis dalam naskah ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Khamthong N, Hutadilok-Towatana N. Phytoconstituents and Biological Activities of *Garcinia dulcis* (Clusiaceae): A Review. *Natural product communications*. 2017;12(3):453-460.
2. Aizat WM, Ahmad-Hashim FH, Syed Jaafar SN. Valorization of mangosteen, "The Queen of Fruits," and new advances in postharvest and in food and engineering applications: A review. *Journal of Advanced Research*. 2019;20:61-70. doi:https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.05.005
3. Muhamad Adyab NS, Rahmat A, Abdul Kadir NAA, Jaafar H, Shukri R, Ramli NS. Mangosteen (*Garcinia mangostana*) flesh supplementation attenuates biochemical and morphological changes in the liver and kidney of high fat diet-induced obese rats. *BMC complementary and alternative medicine*. 2019;19(1):344. doi:10.1186/s12906-019-2764-5
4. Ovalle-Magallanes B, Eugenio-Pérez D, Pedraza-Chaverri J. Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.): A comprehensive update. *Food and Chemical Toxicology*. 2017;109:102-122.
5. Yang R, Li P, Li N, et al. Xanthonenes from the Pericarp of *Garcinia mangostana*. *Molecules*. 2017;22(5). doi:10.3390/molecules22050683
6. Oetari RA, Hasriyani H, Prayitno A, Sahidin S. Gartanin Compounds from Extract Ethanol Pericarp Mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). *Open access Macedonian journal of medical sciences*. 2019;7(22):3891-3895. doi:10.3889/oamjms.2019.527
7. Masullo M, Menegazzi M, Di Micco S, et al. Direct interaction of garcinol and related polyisoprenylated benzophenones of *Garcinia cambogia* fruits with the transcription factor STAT-1 as a likely mechanism of their inhibitory effect on cytokine signaling pathways. *Journal of natural products*. 2014;77(3):543-549.
8. Saraswathy SUP, Lalitha LCP, Rahim S, et al. A Review on Synthetic and Pharmacological Potential of Compounds Isolated from *Garcinia mangostana* Linn. *Phytomedicine Plus*. 2022;2(2):100253. doi:https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2022.100253
9. Hou C, Chen L, Yang L, Ji X. An insight into anti-inflammatory effects of natural polysaccharides. *International journal of biological macromolecules*. 2020;153:248-255. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.02.315
10. Zhang S, Li Z, Wang X, et al. Isolation, structural elucidation, and immunoregulation properties of an arabinofuranan from the rinds of *Garcinia mangostana*. *Carbohydrate polymers*. 2020;246:116567.
11. Zakaryan H, Arabyan E, Oo A, Zandi K. Flavonoids: promising natural compounds against viral infections. *Archives of Virology*. 2017;162(9):2539-2551. doi:10.1007/s00705-017-3417-y
12. Tran TH, Le HT, Nguyen HM, et al. Garcinoxanthonenes SV, new xanthone derivatives from the pericarps of *Garcinia mangostana* together with their cytotoxic and antioxidant activities. *Fitoterapia*. 2021;151:104880.
13. Xie JY, Tan J. Front-face synchronous fluorescence spectroscopy: a rapid and non-destructive authentication method for Arabica coffee adulterated with maize and soybean flours. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit = Journal of consumer protection and food safety*. 2022;17(3):209-219. doi:10.1007/s00003-022-01396-8
14. Menevşeoğlu A, Aykas D, Adal E. Non-targeted approach to detect green pea and peanut adulteration in pistachio by using portable FT-IR, and UV-Vis spectroscopy. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021;15. doi:10.1007/s11694-020-00710-y
15. Elbadawy M. Ultrasonication Extraction - HPLC-VIS Fluorescence Method Validation for Trace Analysis of Oil and Grease in Water. *Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2017;4:193. doi:10.4172/2380-2391.1000193
16. Barbosa-García O, Ramos-Ortiz G, Maldonado JL, et al. UV-vis absorption spectroscopy and multivariate analysis as a method to discriminate tequila. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2007;66(1):129-134. doi:https://doi.org/10.1016/j.saa.2006.02.033
17. Maggio R, Kaufman T, Del Carlo M, et al. Monitoring of fatty acid composition in virgin olive oil by Fourier transformed infrared spectroscopy with partial least squares. *Food Chemistry*. Published online April 2013:1549-1554. doi:10.1016/j.foodchem.2008.11.029
18. Breteron RG. Introduction to multivariate

- calibration in analytical chemistry. *Analyst*. 2000;125(11):2125-2154. doi:10.1039/B003805I
19. BPOM RI. *Petunjuk Operasional Penerapan Pedoman Cara Pembuatan Obat Yang Baik 2012*. Badan Pengawas Obat dan Makanan, Jakarta; 2013.
  20. Xu Y, Zhong P, Jiang A, et al. Raman spectroscopy coupled with chemometrics for food authentication: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2020;131:116017. doi:https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116017
  21. Rohman A, Riyanto S, Sasi AM, Yusof FM. The use of FTIR spectroscopy in combination with chemometrics for the authentication of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam) oil from sunflower and palm oils. *Food Bioscience*. 2018;7:64-70. doi:https://doi.org/10.1016/j.fbio.2014.05.007
  22. Singh S, Shakeel H, Sharma R. Overview of chemometrics in forensic toxicology. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2023;13(1):53. doi:10.1186/s41935-023-00371-0
  23. Rohman A, Ikhtiarini A, Setyaningsih W, et al. The Use of Chemometrics for Classification of Sidaguri (*Sida rhombifolia*) Based on FTIR Spectra and Antiradical Activities. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2021;21:1568. doi:10.22146/ijc.64360
  24. Núñez N, Collado X, Martínez C, Saurina J, Núñez O. Authentication of the Origin, Variety and Roasting Degree of Coffee Samples by Non-Targeted HPLC-UV Fingerprinting and Chemometrics. Application to the Detection and Quantitation of Adulterated Coffee Samples. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2020;9(3). doi:10.3390/foods9030378
  25. Syifa F, Irnawati I, Budi Riyanta A, Rohman A. Authentication analysis of snakehead fish oil using combination of ftir spectra and chemometrics. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020;13:160-167. doi:10.31838/ijpr/2021.13.01.025
  26. Putri AR, Rohman A, Riyanto S. Comparative Study of Fatty Acid Profiles In Patin (*Pangasius micronemus*) and Gabus (*Channa striata*) Fish Oil and Its Authentication Using FTIR Spectroscopy Combined with Chemometrics. *International Journal of Applied Pharmaceutics*. 2019;11(6):55-60. doi:10.22159/ijap.2019v11i6.34921
  27. Irnawati I, Riyanto S, Rohman A. Adulteration of Gabus (*Channa striata*) fish oil with corn oil and palm oil: the use of FTIR spectra and chemometrics. *Food Research*. 2021;5:184-190. doi:10.26656/fr.2017.5(2).368
  28. Irnawati I, Windarsih A, Indrianingsih A, et al. Rapid detection of tuna fish oil adulteration using FTIR-ATR spectroscopy and chemometrics for halal authentication. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Published online January 2023. doi:10.7324/JAPS.2023.120270
  29. Huo F, Zhang XH, Chen Z, et al. Novel nonlinear optical push-pull fluorene dyes chromophore as promising materials for telecommunications. *Journal of Materials Science Materials in Electronics*. 2019;30. doi:10.1007/s10854-019-01576-7
  30. Gran-Scheuch A, Fuentes E, Bravo DM, Jiménez JC, Pérez-Donoso JM. Isolation and Characterization of Phenanthrene Degrading Bacteria from Diesel Fuel-Contaminated Antarctic Soils. *Frontiers in microbiology*. 2017;8:1634. doi:10.3389/fmicb.2017.01634