

PENGEMBANGAN SPEKTROFOTOMETER PORTABEL WEBCAM UNTUK PENGUJIAN CEPAT PRODUK PANGAN DAN HERBAL

RUDI HERYANTO



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengembangan Spektrofotometer Portabel *Webcam* untuk Pengujian Cepat Produk Pangan dan Herbal” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2024

Rudi Heryanto
G461190041



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

RUDI HERYANTO. Pengembangan Spektrofotometer Portabel *Webcam* untuk Pengujian Cepat Produk Pangan dan Herbal. Dibimbing oleh DYAH ISWANTINI, ETI ROHAETI, dan MOHAMAD RAFI.

Kualitas dan keamanan produk herbal dan pangan tetap menjadi perhatian utama bagi para pemangku kepentingan seperti pemerintah, industri, dan konsumen. Menjamin standar ini membutuhkan kolaborasi bersama termasuk konsumen dan petani sebagai bagian dari industri yang lebih luas. Keterlibatan keduanya memunculkan keperluan akan perangkat analitik yang mudah diakses untuk memantau kualitas dan keamanan tersebut. Kebutuhan ini dapat dipenuhi dengan mengembangkan instrumen analitik yang terjangkau, portabel, dan mudah digunakan berbasis elektronik konsumen. Penelitian ini berfokus pada pengembangan spektrofotometer berbasis *webcam* untuk analisis kimia di bidang herbal dan pangan. Penelitian dilakukan dalam tiga tahap: pertama, merancang spektrofotometer *webcam* tipe transmisi menggunakan komponen elektronik konsumen dan mengevaluasi sifat kuantitatif sinyal spektra dengan standar komponen tunggal; kedua, merancang spektrofotometer *webcam* tipe reflektansi dan menilai kinerjanya dengan standar komponen tunggal dan sampel tumbuhan obat untuk analisis kualitatif dan kuantitatif; dan ketiga, mengembangkan spektrofotometer tipe transmisi dengan sistem akuisisi data mandiri dan luring serta mengevaluasi kinerjanya dengan standar dan sampel tumbuhan obat. Hasil dari setiap tahap dibandingkan dengan spektrofotometer komersial.

Tahap pertama, penelitian difokuskan pada pembuktian sifat kuantitatif dari sinyal spektra yang dihasilkan oleh spektrofotometer *webcam*. Spektrofotometer *webcam* tipe transmisi dibuat menggunakan komponen elektronik konsumen, misalnya LED sebagai sumber cahaya dan kamera web sebagai detektor serta perangkat lunak berbasis web (*Spectral Workbench*) sebagai pengolah sinyal. Kinerja analitik spektrofotometer *webcam* dievaluasi menggunakan parameter seperti linearitas, batas deteksi dan kuantifikasi, serta presisi untuk menganalisis standar merah metil dan kalium dikromat. Hasil penelitian menunjukkan untuk merah metil, spektrofotometer *webcam* memberikan rentang linearitas sebesar 0,9638 dengan batas deteksi dan batas kuantifikasi masing-masing 0,69 dan 2,11 ppm, dan presisi sebagai simpangan baku relatif sekitar 5%. Standar kalium dikromat memberikan rentang linearitas 0,9991 dengan batas deteksi dan batas kuantifikasi masing-masing 0,12 dan 0,41 ppm, dan presisi sebagai simpangan baku relatif di bawah 5%. Kinerja analitik ini sebanding tetapi tidak lebih baik daripada kinerja analitik dari dua spektrofotometer komersial yang digunakan sebagai pembandingan. Aplikasi spektrofotometer *webcam* untuk mengukur kandungan rhodamin B dalam sampel makanan tradisional, pacar cina, juga memberikan kinerja analitik yang setara dan kemampuan pengukuran analit Rhodamin B tidak berbeda secara signifikan dari spektrofotometer komersial tersebut.

Pada tahap kedua, penelitian diarahkan untuk pengembangan spektrofotometer *webcam* tipe reflektansi yang dapat digunakan untuk mengukur sampel dalam bentuk padatan secara langsung. Sebuah model spektrofotometer *webcam* reflektansi sederhana telah dikonstruksi dan digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). Kinerja spektrofotometer dievaluasi menggunakan senyawa standar Sudan III dan sampel



C. *xanthorrhiza* dari dua kelas kualitas (A dan B). Data spektra dianalisis menggunakan analisis komponen utama (PCA) dan regresi kuadrat terkecil parsial (PLS). PCA berhasil mengelompokkan sampel Sudan III berdasarkan konsentrasi dan mengklasifikasikan *C. xanthorrhiza* berdasarkan kandungan kurkuminoid. Model regresi PLS dikembangkan untuk mengukur Sudan III, menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,9909 untuk kalibrasi dan validasi silang, dengan RMSE masing-masing sebesar 0,3821% dan 0,4152%. Hasilnya sesuai dengan hasil dari spektrofotometer komersial. Model klasifikasi analisis diskriminan PLS (PLS-DA) untuk *C. xanthorrhiza* juga dikembangkan, yang mencapai nilai sensitivitas dan spesifisitas sebesar 1. Selain itu, parameter semi-kuantitatif model PLS-DA seperti batas keputusan (26,15% B), kemampuan deteksi (41,06% B), dan rentang ketidakandalan (26,15–41,06% B) juga dihitung. Model klasifikasi menunjukkan sensitivitas, spesifisitas, dan kemampuan deteksi yang baik dalam batas yang dapat diterima. Berdasar hasil yang diperoleh, spektrofotometer reflektans dikombinasikan dengan metode kemometrik, menjanjikan sebagai alat praktis untuk pengendalian kualitas bahan baku herbal.

Tahap ketiga, penelitian ditujukan untuk pengembangan spektrofotometer *webcam* tipe transmisi yang dikontrol oleh *software* luring *Theremino spectrometer*. Sistem spektrofotometer dibangun dengan komponen yang sama seperti tahap pertama dengan modifikasi sumber sinar *compact fluorescent lamp* (CFL) untuk kalibrasi yang terintegrasi pada alat dan menerapkan metode kemometrik untuk evaluasi data. Kinerja analitik spektrofotometer dievaluasi melalui parameter seperti linearitas dan persen perolehan kembali (% *recovery*) menggunakan standar kalium permanganat. Selain itu, perangkat ini juga digunakan untuk membedakan sampel daun kumis kucing (*Orthosiphon aristatus*) dari dua wilayah, yaitu Bogor dan Sukabumi. Hasil menunjukkan bahwa kinerja analitik spektrofotometer *webcam* setara dengan kinerja analitik instrumen komersial (Hitachi U-2800), dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9905 dan persen perolehan kembali sebesar 100,33%, yang menunjukkan akurasi yang tinggi. Selain itu, spektrofotometer digunakan untuk menghasilkan spektrum ekstrak kumis kucing dari Sukabumi dan Bogor, yang kemudian dianalisis menggunakan teknik kemometrik. Berdasarkan spektrum tersebut, asal sampel kumis kucing dapat dikelompokkan dengan baik menggunakan metode analisis komponen utama (PCA) dan komponen utama dapat memberikan informasi sebesar 93% dari total varians

Penelitian yang dilakukan dalam tiga tahap ini menunjukkan bahwa spektrofotometer dapat dibangun menggunakan komponen elektronik konsumen untuk berbagai tipe pengukuran. Alat ini sesuai untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang pangan, herbal, dan lainnya. Selain itu, kinerja analitiknya—dilihat dari segi presisi, akurasi, dan parameter semi-kuantitatif lainnya—memenuhi standar kualitas yang dapat diterima dan setara dengan kinerja spektrofotometer komersial. Spektrofotometer *webcam* menyediakan solusi yang terjangkau, portabel, dan mudah diakses untuk pendidikan, penelitian, perawatan kesehatan, dan pemantauan lingkungan, dan integrasinya dengan *machine learning* dapat semakin memperluas akurasi dan aplikasinya.

Kata kunci: analisis herbal dan pangan, elektronik konsumen, kemometrika, spektrofotometer *webcam*

SUMMARY

RUDI HERYANTO. Development of a Portable Webcam-Based Spectrophotometer for Rapid Analysis of Food and Herbal Products. Supervised by DYAH ISWANTINI, ETI ROHAETI, and MOHAMAD RAFI.

The quality and safety of herbal and food products are critical concerns for stakeholders such as government, industry, and consumers. Ensuring these standards requires collaboration, with consumers and farmers playing key roles in the process. Their involvement highlights the need for accessible tools, particularly analytical instruments, to monitor quality and safety. This demand can be addressed by developing affordable, portable, and user-friendly devices based on consumer electronics. This study focuses on creating a webcam spectrophotometer for chemical analysis in the field of herbal and food. The research was conducted in three stages: first, designing a transmission-type webcam spectrophotometer using electronic consumer components and evaluating its quantitative performance with single-component standards; second, designing a reflectance-type webcam spectrophotometer and assessing its performance with both single-component standards and medicinal plant samples for qualitative and quantitative analysis; and third, creating a transmission-type spectrophotometer with standalone, offline data acquisition and evaluating its performance with standards and plant samples. Results from each stage were compared with those of a commercial spectrophotometer.

The first stage focused on proving the quantitative properties of the spectral signals produced by the webcam spectrophotometer. The transmission-type webcam spectrophotometer was constructed using consumer electronics components, such as an LED as the light source and a webcam as the detector, along with web-based software (Spectral Workbench) for signal processing. The analytical performance of the webcam spectrophotometer was evaluated using parameters such as linearity, limit of detection, quantification, and precision to analyze methyl red and dichromate standards. The research results showed that, for methyl red, the webcam spectrophotometer provided a linear range of 0.9638 with detection and quantification limits of 0.69 and 2.11 ppm, respectively, and precision as a relative standard deviation of about 5%. The dichromate standard provided a linear range of 0.9991 with detection and quantification limits of 0.12 and 0.41 ppm, respectively, and precision as a relative standard deviation below 5%. This analytical performance is comparable but not superior to the analytical performance of two commercial spectrophotometers used as comparators. The application of the webcam spectrophotometer to measure the rhodamine B content in traditional food samples, *pacar cina*, also provided equivalent analytical performance, and the measurement capability for rhodamine B did not differ significantly from that of the commercial spectrophotometers.

In the second stage, the research focused on developing a reflectance-type webcam spectrophotometer that could be used to directly measure solid samples. A simple, portable visible reflectance spectrophotometer was developed for classifying the quality of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. The device was assembled using consumer electronic components: an LED as the light source, a DVD optical layer as the diffraction grating, and a webcam as the detector, with web-based



software (Spectral Workbench) as the signal processor. The spectrophotometer's performance was evaluated using standard Sudan III samples and powdered *C. xanthorrhiza* samples from two quality classes (A and B). Spectral data were analysed using principal component analysis (PCA) and partial least squares (PLS) regression. PCA successfully grouped Sudan III samples by concentration and classified *C. xanthorrhiza* by curcuminoid content. A PLS regression model was developed for quantifying Sudan III, yielding R^2 values of 0.9909 for both calibration and cross-validation, with RMSEs of 0.3821% and 0.4152%, respectively. The results closely matched those from a commercial spectrophotometer. A PLS-discriminant analysis (PLS-DA) classification model for *C. xanthorrhiza* was also developed, achieving sensitivity and specificity values of 1. Additionally, semi-quantitative parameters such as decision limit (26.15% B), detection capability (41.06% B), and unreliability range (26.15–41.06% B) were calculated. The classification model showed strong sensitivity, specificity, and detection capabilities within acceptable limits. These findings suggest that this low-cost reflectance spectrophotometer, combined with chemometric methods, holds promise as a practical tool for the quality control of raw herbal materials.

The final stage of the research focused on developing a transmission-type webcam spectrophotometer controlled by offline software, Theremino Spectrometer. The spectrophotometer system was built with the same components as the first stage, with modifications to the CFL light source for calibration integrated into the device, and chemometrics methods were applied for data evaluation. The analytical performance of the spectrophotometer was evaluated through parameters such as linearity and percent recovery (% recovery) using permanganate standards. Additionally, the device was used to differentiate *kumis kucing* (*Orthosiphon aristatus*) leaves from two regions, Bogor and Sukabumi. The results showed that the analytical performance of the webcam spectrophotometer was equivalent to the analytical performance of a commercial instrument (Hitachi U-2800), with a coefficient of determination (R^2) of 0.9905 and a percent recovery of 100.33%, indicating high accuracy. Furthermore, the spectrophotometer was used to generate spectra of *kumis kucing* extracts from Sukabumi and Bogor, which were then analyzed using chemometric techniques. Based on the spectra, the origin of the *kumis kucing* samples could be well-grouped using principal component analysis (PCA), with the principal components providing 93% of the total variance.

This research, conducted in three stages, demonstrates that a spectrophotometer can be built using consumer electronic components for different types of measurements. The device is suitable for various applications, including food, herbal, and other fields. Additionally, its analytical performance—measured in terms of precision, accuracy, and other semi-quantitative parameters—meets acceptable quality standards and is comparable to that of commercial spectrophotometers. Webcam spectrophotometers provide affordable, portable, and accessible solutions for education, research, healthcare, and environmental monitoring, and their integration with machine learning can further expand their accuracy and applications.

Keywords: chemometrics, consumer electronics, herbal and food analysis, webcam spectrophotometer



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PENGEMBANGAN SPEKTROFOTOMETER PORTABEL WEBCAM UNTUK PENGUJIAN CEPAT PRODUK PANGAN DAN HERBAL

RUDI HERYANTO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Doktor Ilmu Kimia

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc
- 2 Dr Deden Saprudin, S.Si, M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc
- 2 Dr Deden Saprudin, S.Si, M.Si.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

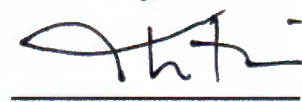
Judul : Pengembangan Spektrofotometer Portabel Webcam untuk Pengujian Cepat Produk Pangan dan Herbal
Nama : Rudi Heryanto
NIM : G461190041

Disetujui oleh

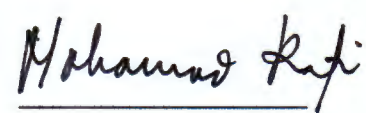
Pembimbing 1:
Prof. Dr. Dyah Iswantini, MSc. Agr



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Eti Rohaeti, M.S



Pembimbing 3:
Prof. Dr. Mohamad Rafi, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si, M.Si
NIP 197508072005012001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dr. Berry Juliandi, M.Si
NIP 19780723 2007011001



Tanggal Ujian: 03 Desember 2024

Tanggal Lulus: 31 DEC 2024



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2021 sampai bulan Maret 2022 ini ialah pengembangan spektrofotometer biaya rendah menggunakan elektronik konsumen untuk analisis produk pangan dan herbal, dengan judul “Pengembangan Spektrofotometer Portabel *Webcam* untuk Pengujian Cepat Produk Pangan dan Herbal”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Dyah Iswantini, MSc. Agr, Prof. Dr. Eti Rohaeti, M.S, dan Prof. Dr. Mohamad Rafi, M.Si, yang telah senantiasa bersedia meluangkan waktu untuk berdiskusi, mengajarkan banyak ilmu, memberikan rasa optimis, motivasi dan bimbingannya. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Ketua Program Studi Doktor Ilmu Kimia (Prof. Dr. Irmanida Batubara, M.Si) dan Sekretaris Program Studi Doktor Ilmu Kimia (Dr. Wulan Tri Wahyuni, M.Si.) atas dukungan serta arahnya kepada penulis selama menjalani studi, serta dosen-dosen Program Studi Doktor Ilmu Kimia IPB yang telah membekali ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan Program Doktor. Tidak lupa, terima kasih juga disampaikan kepada Kemenristekdikti untuk dukungannya dalam bentuk pembiayaan hibah penelitian dasar.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Studi Biofarmaka Tropika - IPB (Prof. Dr. Mohamad Rafi, M.Si) yang telah mengizinkan penulis melaksanakan penelitian di laboratorium. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Almarhum ayah Mochamad Nasir, ibu Entin Kartirni, Adik Ninik Lestari Ningsih, serta seluruh keluarga (istri Soniasari, Anak-anak: Mohammad Dzaky Abdullah, Ahmad Fathan Abdurrahman, Ahmad Khairan Aydin Azmi) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2024

Rudi Heryanto



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
1.6 Sistematika Disertasi	4
II PENGEMBANGAN DAN UJI KUANTITATIF SPEKTROFOTOMETER TAMPAK BERBIAYA RENDAH DAN PERBANDINGANNYA DENGAN SPEKTROFOTOMETER KOMERSIAL	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Metode	7
2.3 Hasil dan Pembahasan	10
2.4 Simpulan	13
III PENGEMBANGAN SPEKTROFOTOMETER REFLEKTANS BERBIAYA RENDAH DENGAN KEMOMETRIKA UNTUK KLASIFIKASI KUALITAS TEMULAWAK	14
3.1 Pendahuluan	14
3.2 Metode	16
3.3 Hasil dan Pembahasan	21
3.4 Simpulan	30
IV PENGEMBANGAN SPEKTROFOTOMETER <i>WEBCAM</i> TIPE TRANSMISI DENGAN KONTROL PERANGKAT LUNAK LURING <i>THEREMINO SPECTROMETER</i> UNTUK ANALISIS BAHAN BAKU HERBAL	31
4.1 Pendahuluan	31
4.2 Metode	32
4.3 Hasil dan Pembahasan	36
4.4 Simpulan	40
V PEMBAHASAN UMUM	41
VI SIMPULAN DAN SARAN	47
6.1 Simpulan	47
6.2 Perspektif Masa Depan	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP	65



DAFTAR TABEL

1	Kinerja analitik spektrofotometer dalam menentukan standar konsentrasi merah metil dan dikromat	10
2	Perbandingan kandungan rhodamin B dalam sampel dan parameter statistik dari ketiga metode	12
3	Jumlah sudan III menggunakan spektrofotometer reflektans dan komersial serta evaluasi ANOVA data hasil analisis	25
4	Matriks konfusi prediksi data validasi eksternal dari model PLS-DA	28
5	Hasil uji akurasi % <i>recovery</i> pada spektrofotometer <i>webcam</i> dan komersial menggunakan standar KMnO ₄	38

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi skema penelitian	5
2	Diagram komponen umum spektrofotometer berbasis <i>webcam</i> (i) dan skema serta tampilan perangkat dari atas beserta komponennya (ii)	7
3	Contoh spektrum warna dan spektrum dengan skala panjang gelombang yang terkalibrasi dari spektrofotometer berbasis <i>webcam</i>	8
4	Perbandingan kurva kalibrasi standar merah metil (a) dan dikromat (b) menggunakan spektrofotometer <i>webcam</i> dan instrumen komersial	11
5	Diagram (i) dan skema ril (ii) alat spektrofotometer <i>webcam</i> , (a) sumber sinar LED, (b) transformator, (c) celah sinar, (d) kompartemen sampel, (e) detektor, (f) kisi, dan (g) laptop yang dilengkapi dengan aplikasi <i>spectral workbench</i>	17
6	Contoh spektrum intensitas dan warna dari blangko BaSO ₄ (a) dan kalibrasi panjang gelombang dengan menggunakan spektrum CFL (b)	18
7	Spektrum sampel dengan skala intensitas hasil pengukuran dari spektrofotometer reflektans untuk blangko/sampel dan spektrum absorbans yang dihitung menggunakan persamaan 2; (a) Sudan III dan (b) temulakawak	22
8	(a) Plot skor PCA dan (b) kinerja prediksi model regresi PLS dari spektrum sampel standar sudan III pada rentang konsentrasi 1-13%	24
9	(a) Plot skor PCA dan (b) kinerja prediksi model klasifikasi PLS-DA dari data latih spektrum sampel temulawak A dan B	27
10	Plot klasifikasi biner untuk data uji sampel temulawak A dan B dari model PLS-DA	28
11	Kurva karakteristik kinerja (PCC) dan parameter semikuantitatif dari data prediksi model PLS-DA. Kurva sigmoid dihasilkan dari pem-fitan data terhadap persamaan 5 dengan nilai parameter $a = 33,60$ dan $b = -0,3950$	29
12	Desain spektrofotometer <i>webcam</i> (i), prototipe spektrofotometer <i>webcam</i> (ii), tampilan lengkap dari spektrofotometer (iii), dan spektrum cahaya LED putih yang dihasilkan oleh <i>Theremino Spectrometer</i> (iv)	33
13	Antarmuka aplikasi <i>Theremino Spectrometer</i>	34

14	Spektrum kalibrasi skala panjang gelombang spektrofotometer webcam	35
15	Spektrum larutan standard KMnO_4 berbagai konsentrasi (i), perbandingan spektrum KMnO_4 50 ppm yang dihasilkan oleh Hitachi U-2800 dan prototipe spektrofotometer (ii), dan kurva kalibrasi dari dua instrumen (iii)	37
16	Spektrum ekstrak kumis kucing dari spektrofotometer <i>webcam</i> dan Hitachi U-2800 (i), plot skor dari spektrum kumis kucing yang didapat dari spektrofotometer <i>webcam</i> (ii), dan Hitachi U-2800 (iii)	39
17	Diagram spektrofotometer sederhana berbasis <i>webcam</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

1	Spektrofotometer berbasis <i>Webcam</i> terkini beserta komponen dan aplikasinya	58
2	Spektrum warna dan spektrum dengan skala panjang gelombang terkalibrasi dengan jarak lampu dan detektor (a) 15 cm, (b) 20 cm, (c) 25 cm, dan (d) 30 cm	60
3	Contoh data yang diperoleh dari <i>Spectral Workbench</i> dan perhitungan absorbans	60
4	Contoh perbandingan spektrum absorbansi untuk standar merah metil antara Genesys 10UV dan spektrofotometer berbasis webcam	61
5	Kandungan kurkuminoid sampel <i>C. xanthorrhiza</i> ditentukan dengan HPLC	61
6	Contoh sampel pelet untuk blanko BaSO_4 (A), Sudan III (B) dan <i>C. xanthorrhiza</i> (C)	61
7	Skema sampel uji kinerja spektrofotometer reflektans dan hasil uji perbandingan dengan spektrofotometer komersial	62
8	Spektrum pancaran radiasi lampu LED putih	63
9	Celah (alur) dari lempeng DVD (i) dan pola difraksi yang dapat terjadi (ii)	63



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University