

PENERAPAN ALGORITMA DISKRIMINASI MENGGUNAKAN METODE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) DAN Vis-SWNIR SPECTROSCOPY PADA BUAH CABAI RAWIT DOMBA BERBAGAI TINGKAT KEMATANGAN

Ine Elisa Putri*¹, Kusumiyati², Agus Arip Munawar³

¹Mahasiswa Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor, 45363, Indonesia

²Departemen Budidaya, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor, 45363, Indonesia

³Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala Jalan Teuku Nyak Arief No.441, Kopelma Darussalam, Kota Banda Aceh, 23111, Indonesia

e-mail: ine12002@mail.unpad.ac.id¹, kusumiyati@unpad.ac.id², agus.amunawar@gmail.com

Received : September, 2020

Accepted : April, 2021

Published : April, 2021

Abstract

Cayenne pepper fruit can be used for health because it is a source of antioxidants. Visible short wavelength near infrared (Vis-SWNIR) spectroscopy is a method that can be used to group fruit. This method was used to discriminate between domba cayenne pepper fruit with various maturity levels by multivariate analysis using the principal component analysis (PCA) method. Multivariate analysis of Hotelling's T₂ test was used to detect outliers. This research aimed to discriminate cayenne pepper with various maturity using Vis-SWNIR spectroscopy with a wavelength of 300-1065 nm and principal component analysis (PCA). Cayenne pepper fruit was divided into three groups, namely green, orange and red with total were 30 samples. Laboratory analysis at Horticulture Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. The spectrum used the absorbance spectrum data (original). The research was carried out from March to June 2020. The result showed that the use of Vis-SWNIR and PCA were able to discriminate various maturity of cayenne pepper with a 100% success rate.

Keywords: Classification, Hotelling's T₂, NIPALS, PCA

Abstrak

Buah cabai rawit dapat dimanfaatkan untuk kesehatan karena merupakan salah satu sumber antioksidan. Visible short wavelength near infrared (Vis-SWNIR) spectroscopy merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengelompokkan buah. Metode ini digunakan untuk mendiskriminasikan buah cabai rawit domba berbagai tingkat kematangan dengan analisis multivariat menggunakan metode principal component analysis (PCA). Analisis multivariat uji Hotelling's T₂ digunakan untuk mendeteksi outlier. Penelitian ini bertujuan untuk mendiskriminasikan buah cabai rawit domba berbagai tingkat kematangan dengan menggunakan Vis-SWNIR spectroscopy dengan panjang gelombang dari 300-1065 nm dan principal component analysis (PCA). Buah cabai rawit domba dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu buah cabai rawit domba hijau, oranye dan merah dengan total 30 sampel. Spektrum yang dipakai yaitu data spektrum absorban (original). Penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret hingga Juni 2020. Analisis laboratorium di Laboratorium Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Vis-SWNIR dan PCA mampu mendiskriminasi buah cabai rawit berbagai tingkat kematangan dengan tingkat keberhasilan 100%.

Kata Kunci: Hotelling's T₂, klasifikasi, NIPALS, PCA

1. PENDAHULUAN

Buah cabai rawit banyak mengandung berbagai nutrisi (Tabel 1) yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Kandungan capsaicin merupakan salah satu nutrisi buah cabai rawit yang berperan dalam memberikan rasa pedas dan dimanfaatkan dalam bidang farmasi. Namun, rasa yang pedas dari buah ini akan menyebabkan gangguan pencernaan apabila dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan. Buah ini memiliki senyawa antioksidan yang dapat meningkatkan imunitas tubuh. Antioksidan dapat menghindari stres oksidatif

yang dapat terjadi di dalam tubuh. Buah cabai rawit mengalami peningkatan kandungan antioksidan saat matang. Buah cabai rawit hijau memiliki senyawa antioksidan yang lebih rendah daripada cabai rawit oranye dan merah [1]. Kelemahan produk hortikultura seperti buah cabai rawit ialah mudah busuk. Penanganan pasca panen yang tepat diperlukan agar kesegaran dan daya simpan buah cabai rawit dapat lebih lama. Kesegaran dan daya simpan berhubungan dengan kandungan air buah. Kadar air buah cabai rawit cukup tinggi. Pada buah cabai segar memiliki kandungan air sebesar 75% - 83% [2].

Tabel 1. Kandungan Buah Cabai Rawit per 100 g

Kandungan	Jumlah (per 100 g)
Kalori (Kal)	103
Protein (g)	4,7
Lemak (g)	2,4
Karbohidrat (g)	19,9
Kalsium (mg)	45
Fosfor (mg)	85
Besi (mg)	2,5
Vit. A (SI)	11,050
Vit. B1 (mg)	0,05
Vit. C (mg)	70
Air (mg)	71,2
b.d.d ^{*)} (%)	85

^{*)} b.d.d = bagian yang dapat dimakan [3]

Buah cabai rawit (*Capsicum Frutescens* L.) memiliki potensi pasar yang besar di Indonesia. Nilai produksi buah cabai rawit mengalami peningkatan pada tahun 2017 hingga tahun 2019. Pada tahun 2017 jumlah produksi sebesar 1.153.155 ton dan naik menjadi 1.374.217 pada tahun 2019 [4]. Hal ini mengindikasikan bahwa buah cabai rawit merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai prospek yang menjanjikan. Buah cabai rawit mempunyai kualitas buah yang berbeda tergantung kultivar dan tingkat kematangannya. Salah satu jenis kultivar buah cabai rawit yaitu cabai rawit domba, Buah ini mengalami perubahan warna dari hijau menjadi merah seiring tingkat kematangannya yang semakin tinggi. Pigmen warna menyebabkan perubahan warna kulit buah. Pigmen warna yang berperan atas pergantian warna tersebut diantaranya yaitu golongan senyawa karotenoid. Likopen dan β -karoten merupakan bagian dari senyawa golongan

karotenoid. Senyawa golongan karotenoid pada cabai rawit seperti likopen bertanggung jawab atas warna merah serta β -karoten berperan atas warna oranye kekuningan [5].

Buah cabai rawit dipanen berdasarkan warna kulit buah. Petani biasanya memanen buah cabai rawit dengan berbagai tingkat kematangan secara bersamaan. Hal ini menyebabkan sortasi harus dilakukan secara manual. Sortasi atau pengelompokan buah dapat memudahkan proses klasifikasi mutu/*grading* serta penentuan waktu simpan berdasarkan tingkat kematangan. Sortasi manual buah cabai rawit dipandang kurang efisien dari sisi tenaga kerja dan waktu.

Para peneliti telah banyak memperkenalkan metode diskriminasi/pengelompokan menggunakan *Vis-SWNIR spectroscopy* dan PCA. Keuntungan dari diskriminasi dengan metode ini yaitu *Vis-SWNIR spectroscopy* dan

PCA dapat mengelompokkan dan memisahkan sampel dari kesamaan dan perbedaan sifat dari spektrum yang dihasilkan masing-masing sampel. Spektrum akan berikatan dengan atom-atom dari berbagai bahan organik. *Spectroscopy* merupakan ilmu yang mempelajari tentang interaksi antara cahaya yang diradiasikan dan materi dari sampel. Cahaya yang diradiasikan pada sebuah objek akan dipantulkan, diteruskan dan diserap oleh sampel. Spektrum dikonversi menjadi data absorban $\log(1/R)$. Pada saat sinar mengenai suatu bahan maka molekul senyawa pada bahan tersebut akan bergetar. Sehingga cahaya akan dipantulkan kembali atau diserap oleh bahan. Spektrum cahaya berinteraksi dengan berbagai kandungan kimia produk. Spektrum panjang gelombang terdiri atas puncak dan lembah yang berpengaruh terhadap pembacaan kandungan kimia. Tinggi atau rendahnya nilai absorban pada panjang gelombang tertentu mengindikasikan panjang gelombang tersebut memiliki pengaruh yang besar dalam pembacaan prediksi kandungan kimia sebuah objek (sampel). Spektrum dari *Vis-SWNIR spectroscopy* menyimpan informasi yang diperlukan untuk memprediksi kandungan kimia ikatan kimia C-H, S-H, N-H, dan O-H [6].

Spektrum dari *Vis-SWNIR spectroscopy* pada masing-masing komoditas mempunyai pola yang berbeda. Spektrum terbukti dapat dikelompokkan/mengklasifikasikan dengan analisis multivariat. Analisis ini merupakan teknik pengolahan data yang mengikutsertakan variabel dalam jumlah yang sangat banyak serta bertujuan untuk mendapatkan korelasi antara dua variabel atau lebih. Salah satu analisis multivariat yang dapat digunakan yaitu *Principal component analysis* (PCA). Analisis ini mengolah data spektrum yang diperoleh berdasarkan algoritma diskriminasi. Pengolahan spektrum dengan PCA yaitu pemodelan yang dapat memvisualisasikan hubungan persamaan ataupun perbedaan antar spektrum dari tiap-tiap sampel. PCA berfokus pada berbagai variasi dari spektrum dan mengubahnya menjadi variabel-variabel baru yang tidak saling berkorelasi. PCA telah banyak digunakan untuk mengelompokkan berbagai produk pertanian [7]–[11]. Metode PCA dapat diaplikasikan salah satu tujuannya yaitu untuk *grading* komoditas hortikultura. Para pelaku industri dapat dengan mudah

mengelompokkan komoditas hortikultura sesuai dengan standarisasi kualitas komoditas tersebut tanpa harus disortasi secara manual. Maka penelitian ini bertujuan untuk menguji penerapan algoritma diskriminasi menggunakan metode *principal component analysis* (PCA) dan *Vis-SWNIR spectroscopy* guna mengelompokkan buah cabai rawit domba berdasarkan tingkat kematangannya.

2. METODE PENELITIAN

Sampel buah cabai rawit domba dipanen dalam tiga kelompok tingkat kematangan yaitu hijau (20 hari setelah bunga mekar), oranye (40 hari setelah bunga mekar dan merah (60 hari setelah bunga mekar). Total terdapat 30 sampel buah cabai rawit domba dan dipanen dari Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Pengambilan spektrum buah cabai rawit diambil di Laboratorium Hortikultura, Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Penelitian dilaksanakan dari mulai Bulan Maret hingga Juni 2020. Alat yang dipergunakan yaitu *portable Vis-SWNIR spectrometer* (NirVana AG410, *Integrated Spectronics Pty, Ltd*, Australia) dengan panjang gelombang 300-1065 nm interval 3nm, cawan *petridish* diameter 10 cm (Anumbra) dipakai sebagai tempat menaruh sampel cabai rawit.

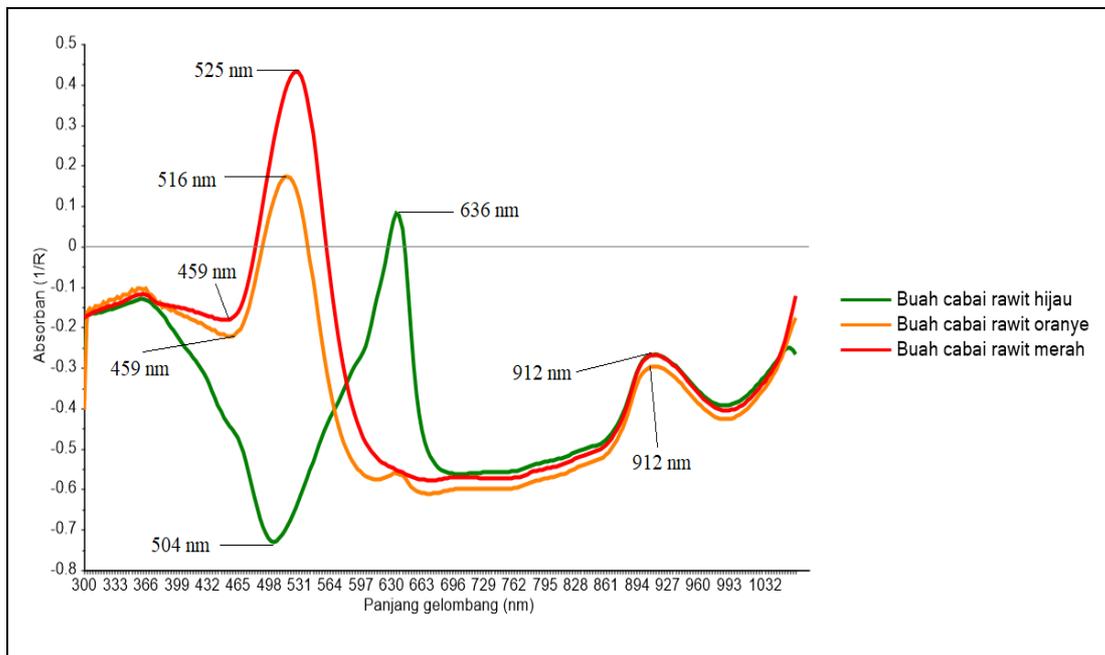
Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan. Buah yang telah dipanen disortasi berdasarkan tingkat kematangannya dan dibersihkan kotoran yang terbawa dari lahan. Buah dipisahkan dari tangkainya sebelum dilakukan pengukuran dengan alat *spectrometer*. Buah cabai rawit tanpa tangkai dimasukkan ke dalam cawan petridish dan diradiasi dengan alat *spectrometer* sebanyak 5 kali, meliputi atas, bawah, kanan, kiri dan tengah cawan. Data tiap sampel merupakan rata-rata dari 5 kali pengambilan data spektrum. *Spectrometer* dihubungkan dengan laptop, data diterjemahkan oleh *software Integrated Software for Imagers and Spectrometers* (ISIS) agar dapat terbaca di *excel*. Analisis data dibantu dengan menggunakan *software unscrambler 10.4*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa spektrum original (absorban) buah cabai rawit berbagai tingkat kematangan menggunakan Vis-SWNIR spectroscopy

Spektrum diukur dengan *portable* Vis-SWNIR spectrometer melibatkan ratusan panjang gelombang secara bersamaan. Akuisisi spektrum dilakukan dengan panjang

gelombang berkisar antara 300 nm sampai dengan 1065 nm, interval per 3 nm. Pada Gambar 1 terlihat bahwa rata-rata dari setiap tingkat kematangan memiliki pola yang berbeda. Hal ini menandakan kandungan bahan organiknya bervariasi. Tinggi rendahnya gelombang menandakan bahwa panjang gelombang tersebut berkontribusi besar pada pembacaan bahan organik atau kandungan yang terkandung di dalam objek (sampel).



Gambar 1. Rata-rata absorban spektrum cabai rawit berbagai tingkat kematangan

Cabai rawit domba pada berbagai tingkat kematangan menunjukkan pola spektrum yang berbeda. Hal ini menandakan buah cabai rawit hijau, cabai rawit oranye, dan cabai rawit merah memiliki perbedaan kandungan nutrisi. Nilai rata-rata absorban cabai rawit hijau memiliki lembah yang pertama pada gelombang 504 nm yaitu -0.72. Buah cabai rawit panjang gelombang di 459 nm pada buah warna oranye nilai absorbannya yaitu -0.22 dan buah warna merah nilai absorbannya sebesar -0.18. Buah cabai rawit hijau memiliki nilai absorban terbesar daripada buah cabai rawit oranye dan buah cabai merah pada lembah pertama. Klorofil terbaca di panjang gelombang sekitar 480nm [12]. Hal ini menandakan bahwa kandungan klorofil pada buah cabai rawit hijau lebih banyak daripada buah cabai rawit oranye

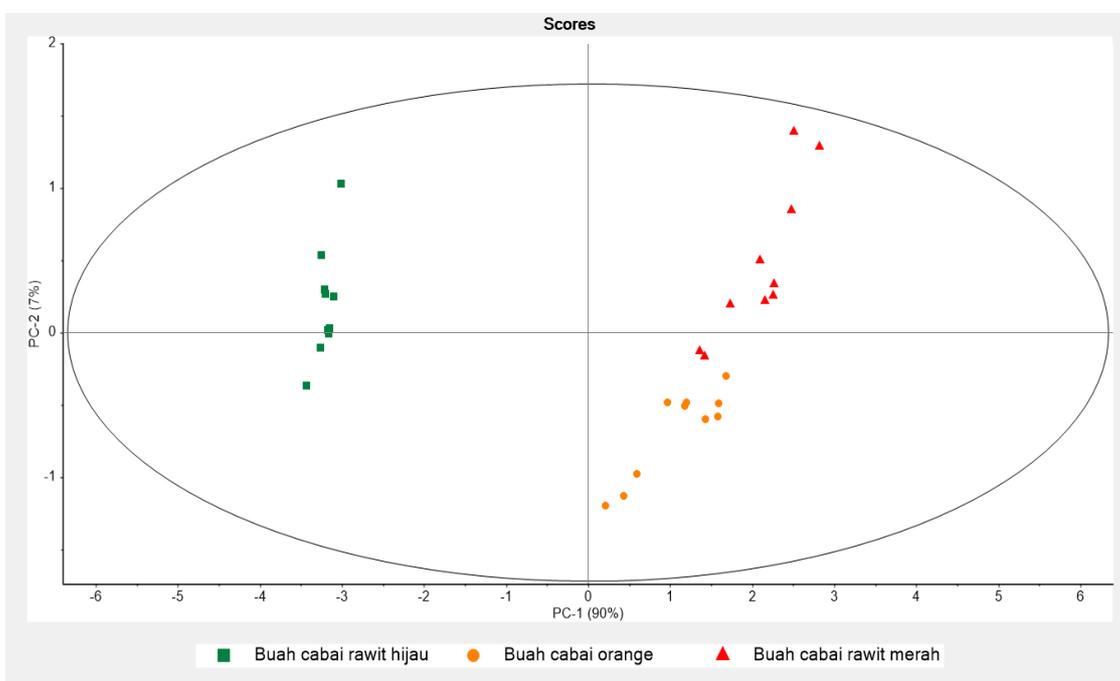
dan merah. Semakin tinggi puncak atau semakin dalam lembah maka semakin besar kandungan bahan organik sampel.

Terdapat puncak tertinggi pada masing-masing tingkat kematangan. Puncak tertinggi pada buah cabai rawit domba hijau yaitu panjang gelombang 636 nm dengan nilai absorban sebesar 0.06, puncak tertinggi pada buah cabai rawit domba oranye yaitu pada panjang gelombang 516 nm dengan nilai absorban yaitu 0.18 dan puncak tertinggi pada buah cabai rawit domba merah yaitu pada panjang gelombang 525 nm dengan nilai absorban 0.42. Pada panjang gelombang 500nm merupakan panjang gelombang yang berpengaruh terhadap pembacaan kandungan likopen [13]. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan likopen

pada buah cabai rawit domba lebih tinggi daripada buah cabai rawit hijau. Pada buah paprika yang masih satu *family* dengan buah cabai rawit menunjukkan bahwa buah paprika hijau memiliki kandungan likopen lebih rendah yaitu 1.91 mg/100 g berat kering daripada buah paprika merah yakni sebesar 4.23 mg/100 g berat kering [14]. Buah cabai rawit domba hijau, cabai rawit domba oranye dan cabai rawit domba merah memiliki panjang gelombang di 912 nm. Pada gelombang 900nm hingga 1000 nm dapat membaca berbagai parameter terkait dengan air [12][15].

3.2 Diskriminasi Menggunakan Metode PCA Pada Buah Cabai Rawit Domba Berbagai Tingkat Kematangan

Aplikasi algoritma dengan PCA untuk mendiskriminasi buah cabai rawit domba pada berbagai tingkat kematangan berhasil memisahkan data 100% (Gambar 2). Terlihat bahwa masing-masing tingkat kematangan tidak ada yang bercampur satu sama lainnya, *Hotelling's T₂* merupakan pengujian yang digunakan untuk melihat perbedaan dari dua kelompok atau lebih dan mendeteksi *outlier*.



Gambar 2. *Hotelling's T₂ Ellipse* diprojektikan ke PCA dari spektra absorban

Pada *Hotelling's T₂ Ellipse* diprojektikan ke PCA dari spektra absorban terlihat bahwa tingkat akurasi 100% data dapat didiskriminasi dengan sempurna. Buah cabai rawit domba hijau berada pada sumbu X negatif, sedangkan buah cabai rawit domba oranye dan merah berada di sumbu X positif. Hal ini menandakan bahwa jumlah kandungan di dalam buah cabai rawit hijau berbanding terbalik dengan jumlah kandungan buah cabai rawit domba oranye dan merah. Di sisi lain, buah cabai rawit domba oranye dan merah yang sama-sama berada pada sumbu X positif menandakan bahwa kedua tingkat kematangan tersebut memiliki kedekatan atau kemiripan dalam komposisi fisik ataupun kimianya. Pada gambar 2 terlihat

bahwa PC1 sebesar 90% sedangkan pada PC2 yaitu 7%. Hal ini menjelaskan bahwa sebanyak 90% data keragaman dapat dijabarkan di PC1 dan 7% data keragaman dapat dijelaskan di PC2. Sejalan dengan penelitian lainnya yang menyebutkan bahwa dengan metode PCA dan *spectroscopy* didapatkan keakuratan 100% pada berbagai produk khususnya dalam bidang pertanian [7], [9], [16].

4. KESIMPULAN

Aplikasi *Vis-SWNIR spectroscopy* dapat digunakan untuk mengelompokkan buah cabai rawit domba pada berbagai tingkat kematangan. Hasil yang diperoleh pada

penelitian ini bahwa Vis-SWNIR *spectroscopy* yang dikombinasikan dengan metode PCA menghasilkan tingkat akurasi diskriminasi sebesar 100%. Buah cabai rawit domba pada berbagai tingkat kematangan dapat dikelompokkan secara sempurna dengan penerapan algoritma diskriminasi menggunakan metode PCA dan Vis-SWNIR *spectroscopy*. Penggunaan Vis-SWNIR *spectroscopy* dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai metode alternatif dalam proses *grading* dan mendeteksi kandungan kimia berbagai produk pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Saidu and R. Garba, "Antioxidant activity and phytochemical screening of five species of capsicum fruits," *Int. Res. J. Biochem. Bioinforma.*, vol. 1, no. 9, pp. 237–241, 2011.
- [2] S. B. Anoraga, I. Sabarisman, and M. Ainuri, "Effect of different pretreatments on dried chilli (*Capsicum annum* L.) quality," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 131, no. 1, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/131/1/012014.
- [3] D. K. R. Direktorat Gizi, *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Bharatara Niaga Media, 1989.
- [4] Badan Pusat Statistik, "Produksi Tanaman Sayuran," 2020. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>.
- [5] G. Ergunes and S. Tarhan, "Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying," *Journal of Food Engineering*, vol. 76, no. 3, pp. 446–452, 2006, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.05.046.
- [6] C. Pasquini, "Review Near Infrared Spectroscopy : Fundamentals , Practical Aspects and Analytical Applications," *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 14, no. 2, pp. 198–219, 2003.
- [7] K. Kusumiyati, Y. Hadiwijaya, and I. E. Putri, "Non-Destructive Classification of Fruits Based on Vis-nir Spectroscopy and Principal Component Analysis," *J. Biodjati*, vol. 4, no. 1, pp. 89–95, 2019, doi: 10.15575/biodjati.v4i1.4389.
- [8] M. Masyitah, S. Syahrul, and Z. Zulfahrizal, "Pengembangan Metode Pengujian Keaslian Beras Aceh Menggunakan Nirs Dengan Metode PCA," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 4, no. 1, pp. 578–587, 2019, doi: 10.17969/jimfp.v4i1.9878.
- [9] S. Ramadhan, A. A. Munawar, and D. Nurba, "Aplikasi NIRS dan Principal Component Analysis (PCA) untuk Mendeteksi Daerah Asal Biji Kopi Arabika (*Coffea arabica*)," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 1, no. 1, pp. 954–960, 2016, doi: 10.17969/jimfp.v1i1.1182.
- [10] G. Toscano, Å. Rinnan, A. Pizzi, and M. Mancini, "The Use of Near-Infrared (NIR) Spectroscopy and Principal Component Analysis (PCA) to Discriminate Bark and Wood of the Most Common Species of the Pellet Sector," *Energy and Fuels*, vol. 31, no. 3, pp. 2814–2821, 2017, doi: 10.1021/acs.energyfuels.6b02421.
- [11] I. Yuliyanda, R. E. Masithoh, N. Khuriyati, and A. D. Saputro, "Classification of crop flours based on protein contents using near infra-red spectroscopy and principle component analysis," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, pp. 1–8, doi: 10.1088/1755-1315/355/1/012002.
- [12] Kusumiyati, W. Sutari, Farida, S. Mubarak, and J. Hamdani, "Prediction of surface color of 'crystal' guava using UV-Vis-NIR spectroscopy and multivariate analysis," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 365, p. 12026, Nov. 2019, doi: 10.1088/1755-1315/365/1/012026.
- [13] I. R. Bunghez, M. Raduly, S. Doncea, I. Aksahin, and R. M. Ion, "Lycopene determination in tomatoes by different spectral techniques (UV-VIS, FTIR and HPLC)," *Dig. J. Nanomater. Biostructures*, vol. 6, no. 3, pp. 1349–1356, 2011.
- [14] C. Chávez-Mendoza, E. Sanchez, E. Muñoz-Marquez, J. P. Sida-Arreola, and M. A. Flores-Cordova, "Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper," *Antioxidants*, vol. 4, no. 2, pp. 427–446, 2015, doi: 10.3390/antiox4020427.

- [15] R. H. Wilson, K. P. Nadeau, F. B. Jaworski, B. J. Tromberg, and A. J. Durkin, "Review of short-wave infrared spectroscopy and imaging methods for biological tissue characterization," *J. Biomed. Opt.*, vol. 20, no. 3, p. 030901, 2015, doi: 10.1117/1.jbo.20.3.030901.
- [16] A. A. Munawar, K. Siregar, and A. Agussabti, "Near Infrared Technology As a Robust and Environmental Friendly Approach To Biofuel Analysis: Rapid Biodiesel Classification and Quality Prediction," *Rona Tek. Pertan.*, 2017, doi: 10.17969/rtp.v10i2.10005.