

RANCANG BANGUN APLIKASI BERBASIS ANDROID UNTUK PERBAIKAN KUALITAS CITRA TANAMAN ATAS PERBEDAAN SPESIFIKASI KAMERA SMARTPHONE PADA PREDIKSI KANDUNGAN PIGMEN FOTOSINTESIS SECARA REAL-TIME

Felix Adrian Tjokro Atmodjo^{*1}, Kestrilia Rega Prilianti², Hendry Setiawan³

^{1,2,3}Universitas Ma Chung, Malang
Email: ¹311810013@student.machung.ac.id, ²kestrilia.rega@machung.ac.id,
³hendry.setiawan@machung.ac.id
^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 08 Desember 2022, diterima untuk diterbitkan: 27 Desember 2022)

Abstrak

Pigmen utama yang berperan penting pada fotosintesis, yaitu klorofil, karotenoid dan antosianin dapat dianalisis kandungannya untuk menentukan status kesehatan tanaman. Metode analisis kandungan pigmen yang dilakukan secara destruktif memerlukan penanganan khusus dan biaya yang tinggi. Fuzzy Piction adalah aplikasi Android yang telah dikembangkan sebelumnya untuk prediksi kandungan pigmen utama pada tanaman. Aplikasi tersebut mempunyai kemampuan untuk melakukan prediksi kandungan pigmen pada citra daun secara non-destruktif dengan menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN) FP3Net. Namun, Fuzzy Piction masih belum invarian terhadap perbedaan kualitas citra yang dapat terjadi karena perbedaan kualitas atau spesifikasi kamera smartphone. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan hasil prediksi kandungan pigmen pada beberapa smartphone untuk objek daun yang sama. Pada penelitian ini dikembangkan metode perbaikan citra dengan algoritma Partial Least Square Regression (PLSR) sebagai solusi atas permasalahan tersebut. Dengan penambahan metode perbaikan citra, aplikasi Fuzzy Piction dapat memberikan prediksi kandungan pigmen dengan tingkat presisi yang lebih baik. Aplikasi Fuzzy Piction difasilitasi dengan layanan cloud yang dikembangkan menggunakan Flask web service sehingga model perbaikan citra dan prediksi pigmen lebih mudah diperbarui. Hasil perbaikan warna oleh PLSR berhasil menyeragamkan warna citra serta dapat memberikan hasil prediksi kandungan pigmen dengan standar deviasi yang lebih kecil. Variasi prediksi kandungan pigmen dengan 3 jenis smartphone yang berbeda pada objek daun yang sama dapat diturunkan sebesar 87% setelah citra asal diperbaiki dengan PLSR.

Kata kunci: *android, fuzzy piction, CNN, perbaikan citra, pigmen fotosintesis, PLSR*

ANDROID-BASED APPLICATION FOR PLANT IMAGE ENHANCEMENT ON DIFFERENCES OF SMARTPHONE CAMERA SPECIFICATIONS IN REAL-TIME PREDICTION OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENT CONTENT

Abstract

Chlorophyll, carotenoids, and anthocyanins are three main pigments that are important for photosynthesis process. Its content can be examined to determine the status of plants health. The destructive approach of evaluating pigment content is expensive and necessitates specialized handling. An Android based application called Fuzzy Piction could predict the content of those pigments nondestructively using the FP3Net, a Convolutional Neural Network (CNN) model. This application predicts the pigment content in plant leaf by its digital images. However, Fuzzy Piction is still not invariant to differences in image quality that can occur due to differences in smartphone camera specifications. This is indicated by the difference in the prediction results of the pigment content on several smartphones for the same leaf object. Therefore, the Partial Least Square Regression (PLSR) technique was used in this work as an image enhancement method to resolve the issue. Eventually, Fuzzy Piction may provide precise predictions of pigment content by embedding PLSR in it. A cloud service made with the Flask web service makes it easy to update the image enhancement and pigment prediction models for the Fuzzy Piction application. The results of color correction by PLSR succeeded in uniforming the color of the image and could provide predictive results of pigment content with a smaller standard deviation. The variation of pigment content prediction with 3 different smartphone types on the same leaf object can be reduced by 87% after the original image is corrected with PLSR.

Keywords: *android, fuzzy piction, CNN, perbaikan citra, photosynthesis pigment, PLSR*

1. PENDAHULUAN

Klorofil, karotenoid dan antosianin merupakan tiga pigmen dengan peran yang paling signifikan pada proses fotosintesis tanaman. Kandungan pigmen yang ada pada tanaman dapat dianalisa untuk menilai kualitas pigmen yang ada pada tanaman. Klorofil merupakan pigmen yang berkontribusi pada fotosintesis dan memberi warna hijau pada daun. Pigmen antosianin memberikan sebagian besar buah warna merah, dedaunan, dan kelopak bunga rona merah hingga muda-merah. Pigmen yang dikenal sebagai karotenoid mengeluarkan rona kuning-oranye mirip dengan kuning bunga matahari (Forest, 2018).

Kesehatan tanaman dapat dinilai dengan memeriksa kandungan pigmen tanaman. Ada dua teknik yang dapat digunakan, destruktif dan non-destruktif, masing – masing menggunakan Kromatografi Cair Tingkat Tinggi (KCKT) dan spektrofotometer. Metode analisis pigmen secara destruktif menggunakan Kromatografi Cair Tingkat Tinggi (KCKT), yang lebih akurat dalam menentukan konsentrasi pigmen tetapi membutuhkan banyak waktu dan penanganan khusus (Žuvela, 2019; Valle, et al., 2018). Oleh karena itu, analisis non-destruktif menjadi metode alternatif untuk melakukan analisis pigmen. Analisis pigmen secara non-destruktif dapat dilakukan menggunakan spektrofotometer. Namun, penggunaan spektrofotometer untuk pemeriksaan secara langsung di lokasi tanaman yang sesungguhnya membutuhkan biaya yang cukup tinggi (Valle, et al., 2018). Di luar ruangan, citra digital menyediakan cara yang andal dan cepat untuk analisis pigmen fotosintesis tanaman (Valle, et al., 2018). Sehingga, penggunaan *smartphone* melalui aplikasi Android Fuzzy Piction muncul sebagai pilihan alat portabel yang efektif dan efisien dalam mengevaluasi kandungan pigmen tanaman di tempat yang sesungguhnya.

Aplikasi Fuzzy Piction merupakan aplikasi berbasis Android yang memiliki kemampuan untuk melakukan prediksi terhadap kandungan pigmen fotosintesis tanaman menggunakan citra RGB dari daun. Aplikasi Fuzzy Piction merupakan pengembangan dari aplikasi Leaf Piction yang sebelumnya telah dikembangkan (Justine, 2020). Aplikasi Fuzzy Piction menggunakan sebuah model CNN yang ditanamkan pada aplikasi, yaitu *Fuzzy Photosynthetic Pigment Prediction Network* (FP3Net). Model FP3Net merupakan pengembangan dari model P3Net (Prilanti, et al., 2020). Model FP3Net adalah model P3Net yang diperbarui dengan penambahan algoritma *Fuzzy* sebagai *custom layer* pada arsitektur P3Net. Empat versi dari model FP3Net telah dibuat, dengan model versi kedua memiliki performa terbaik. Model dengan performa terbaik ditentukan berdasarkan hasil dari prediksi pigmen terbaik dengan skor MAE yang paling rendah. Namun, pengembangan yang telah dilakukan

masih belum dapat mengatasi terjadinya penurunan presisi prediksi karena aplikasi Fuzzy Piction diketahui belum invarian terhadap variasi spesifik pada perangkat keras kamera *smartphone* pengguna (Justine, 2021).

Strategi untuk membuat model prediksi ketika ada banyak komponen atau variabel yang sangat kolinear disebut Partial Least Square Regression (PLSR). Pendekatan algoritma PLSR merupakan metode untuk mengembangkan model prediksi yang menggabungkan keunggulan *Principal Component Analysis* (PCA) dan regresi berganda (Tobias, 1995; Abdi, 2003). PLSR berkonsentrasi pada fitur PCA, analisis korelasi umum dan teknik analisis regresi linier pada proses pemodelannya. (Tao, et al., 2020) Karena nilai *output* Y (nilai warna standar) diketahui, maka metode PLSR sendiri dimasukkan sebagai algoritma *Supervised Learning*. Algoritma ini membangun model dengan belajar dari data latih yang sudah diberi label (nilai Y). Berdasarkan data *input* yang telah disediakan, model yang dibuat dengan menggunakan data pelatihan kemudian digunakan untuk memprediksi data *output* (Kusuma, 2020). Metode PLSR dapat digunakan untuk menyelesaikan perbaikan warna dalam situasi ini, dimana data *input* adalah nilai warna yang diekstraksi dari citra (nilai X) dan nilai warna standar (nilai Y/label). Metode regresi dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini karena nilai warna yang perlu diprediksi (nilai X) adalah kontinu. Selain itu, karena nilai warna terdiri dari beberapa komponen, sehingga *multivariate regression* dapat digunakan pada masalah perbaikan warna dalam gambar digital ini (Abdi, 2003).

Metode ekstraksi fitur dari citra, terutama citra tanaman melibatkan warna asli, yang merupakan sebuah fitur yang sangat penting dari sebuah citra (Sunoj, et al., 2018). Kamera yang digunakan memiliki dampak besar pada citra yang diambil. Citra yang diambil secara *real-time* dapat memiliki data yang tidak diinginkan seperti *noise*, *background* dan *shadow* (Vishnoi, et al., 2021). Berdasarkan pada fitur dan perangkat kamera *smartphone* yang digunakan, citra yang diambil di saat yang bersamaan dengan tipe kamera yang berbeda dapat menghasilkan warna pada citra yang bervariasi, yang dapat berdampak pada ekstraksi karakteristik dan informasi yang salah (Amani, 2019; Vishnoi, et al., 2021). Oleh karena itu, perbaikan pada citra perlu diterapkan dengan tujuan menyeragamkan representasi warna pada citra yang diambil dengan tipe kamera yang berbeda (C Ding, 2020). Kemampuan aplikasi Fuzzy Piction dalam proses prediksi pigmen dari citra daun di lokasi tanaman yang sesungguhnya secara akurat dapat dipengaruhi oleh variasi tipe kamera dan kondisi pencahayaan pada citra akhir. Maka, implementasi metode perbaikan citra daun menjadi satu – satunya cara untuk mengurangi variasi warna pada citra daun dalam meningkatkan akurasi prediksi pigmen

(Vishnoi, et al., 2021). Pada penelitian ini aplikasi Fuzzy Piction telah dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur perbaikan citra menggunakan algoritma PLSR. Dari hasil eksperimen yang dilakukan diperoleh bukti bahwa prediksi kandungan pigmen menjadi lebih akurat dengan adanya fitur perbaikan citra.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan aplikasi Fuzzy Piction dengan menerapkan metode perbaikan citra menggunakan algoritma PLSR. Aplikasi dibangun dengan Flask *web service* menggunakan fasilitas *Google Cloud Platform* sehingga fitur perbaikan citra dapat disesuaikan dengan mudah.

2.1 Analisis Kebutuhan

Alur pengembangan aplikasi diawali dengan analisis kebutuhan dari sisi pengguna dan sisi peneliti. Analisis dilakukan agar penelitian ini dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya kendala. Kebutuhan dari sisi pengguna dan sisi peneliti merupakan bagian dari analisis yang dilakukan untuk desain dan perancangan sistem perbaikan warna untuk aplikasi Android Fuzzy Piction. Analisis kebutuhan yang diperoleh dari sisi pengguna yaitu pengembangan metode untuk perbaikan citra daun terhadap perbedaan spesifikasi kamera *smartphone* untuk proses prediksi kandungan pigmen fotosintesis pada citra yang diambil pada pencahayaan sangat gelap. Algoritma PLSR dipilih sebagai metode perbaikan untuk diterapkan pada aplikasi Fuzzy Piction. Selanjutnya, analisis kebutuhan dari sisi peneliti berupa perangkat keras, yaitu laptop Acer Aspire 3 A315-41-R9D3 dan SmartSensor Digital Lux Meter. Selanjutnya, untuk perangkat lunak, yaitu Android Studio, scikit-learn, numpy dan Flask yang masing – masing perangkat keras dan lunak ditujukan untuk membangun aplikasi Android Fuzzy Piction. Berdasarkan analisis kebutuhan, dapat diperoleh bahwa aplikasi Fuzzy Piction ditujukan untuk mengatasi situasi saat aplikasi digunakan untuk mengambil citra pada kondisi pencahayaan sangat gelap (0 – 10 Lux) dan untuk menerapkan metode perbaikan citra menggunakan algoritma PLSR.

2.2 Model Prediksi Pigmen

Model prediksi pigmen yang dimuat dalam aplikasi Fuzzy Piction adalah model FP3Net. Model FP3Net merupakan model P3Net yang dikembangkan dengan menambahkan algoritma *Fuzzy Logic* sebagai *custom layer* yang diletakkan pada *layer* konvolusi pertama dari arsitektur. Detail arsitektur dari FP3Net dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Arsitektur FP3Net

Layer Input	FP3Net 54x54x3
Convolution	1 FuzzyConv 32 filters of Size 3x3
	2 32 filters of size 3x3
	3 32 filters of size 3x3 with MaxPooling
	4 32 filters of size 3x3 with MaxPooling
	5 -
	6 -
	7 -
Fully Connected	1 500 Nodes, ReLU
	2 500 Nodes, ReLU
	3 500 Nodes, ReLU
Output	3 Nodes, LeakyReLU

2.3 Model Perbaikan Citra

Partial Least Squares Regression (PLSR) merupakan sebuah teknik regresi yang dikombinasikan dengan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk melakukan prediksi terhadap satu set variabel (dilambangkan Y) dari kumpulan prediktor (dilambangkan X). Metode PLSR merupakan teknik regresi yang melakukan prediksi pada seluruh tabel data. Tidak seperti regresi biasa yang hanya melakukan prediksi pada satu variabel. Metode PLSR dapat menangani permasalahan prediktor yang multikolinear, yaitu ketika prediktor tidak independen secara linier (Abdi & Williams, 2013). Pada kasus ini, perbaikan warna dilakukan dengan mencari relasi antara nilai X dan Y, untuk kemudian warna pada citra *input* diperbaiki berdasarkan pada relasi tersebut.

Persamaan algoritma PLSR dapat dilihat seperti pada persamaan (1). Nilai X merupakan nilai warna yang diperoleh dari citra *input* dan nilai Y merupakan nilai warna standar dari X-Rite *ColorChecker Chart* yang dapat diperoleh melalui situs resmi X-Rite.

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$

Persamaan (2) merupakan persamaan untuk menghitung matriks β yang merupakan koefisien regresi dari Y pada X. Komponen W_h, P_h, C_h pada persamaan (2) merupakan komponen yang dihasilkan oleh tahapan PCA dari algoritma PLSR. Sedangkan ε_h merupakan matriks residual.

$$\beta = W_h(P_h'W_h)^{-1}C_h' \quad (2)$$




Persamaan (3) merupakan persamaan akhir dari PLSR.

$$Y = XW_h(P_h'W_h)^{-1}C_h' + \varepsilon_h \quad (3)$$

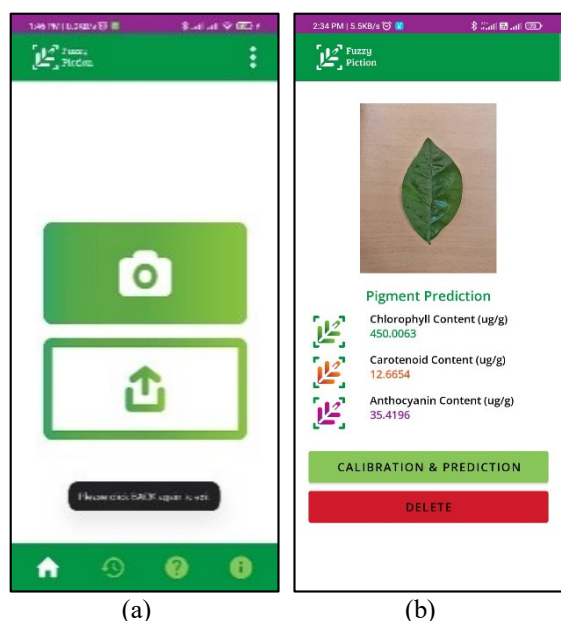
2.4 Desain dan Perancangan Aplikasi

Android Studio digunakan untuk membangun aplikasi Fuzzy Piction. Tabel 2 merupakan visual warna yang dipilih beserta nilai *hexadecimal*-nya sebagai warna standar yang digunakan pada aplikasi Fuzzy Piction

Tabel 2. Visual Warna Aplikasi Fuzzy Piction

NO	Visual	Hexadecimal
1		#009444
2		#92278F
3		#F15A29

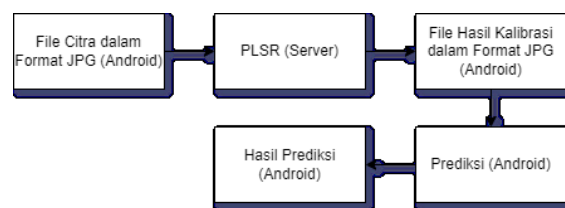
Masing – masing warna yang dipilih merupakan representasi warna dari ketiga pigmen (klorofil, antosianin dan karotenoid). yang dapat diprediksi oleh model FP3Net yang ada di dalam aplikasi Fuzzy Piction. Selanjutnya, fitur tambahan yang diintegrasikan pada aplikasi Fuzzy Piction berupa implementasi sistem *Back Navigation* serta tampilan tambahan bagi pengguna agar dapat memilih untuk menerapkan metode perbaikan citra menggunakan PLSR untuk kemudian diprediksi kandungan pigmen fotosintesisnya. Gambar 1 adalah tampilan dari implementasi kedua fitur tersebut.



Gambar 1. Implementasi Fitur Tambahan (a) *Back Navigation* (b) Implementasi Metode Perbaikan Citra

2.5 Pengembangan Web Service

Aplikasi Fuzzy Piction juga menggunakan *web service* yang dirancang dengan Flask, sebuah *microweb framework* yang berbasis bahasa pemrograman Python. Metode perbaikan citra dengan PLSR akan dimasukkan kedalam aplikasi Flask *web service* yang dibuat untuk melakukan perbaikan pada citra. Gambar 2 merupakan tahapan dari proses perbaikan citra pada aplikasi Fuzzy Piction.



Gambar 2. Tahapan Perbaikan Citra pada Aplikasi Fuzzy Piction

Aplikasi Android Fuzzy Piction akan memberikan data berupa citra dengan format JPG kepada aplikasi Flask *web service*. Fasilitas yang disediakan oleh *Google Cloud* digunakan untuk *deploy* metode perbaikan citra menggunakan PLSR dan untuk sistem penyimpanan data. Selanjutnya, metode perbaikan citra dengan algoritma PLSR yang telah dimuat akan digunakan untuk memperbaiki citra *input*. Citra hasil yang telah diperbaiki kemudian akan dikembalikan sebagai citra *output* ke aplikasi Android Fuzzy Piction. Selanjutnya, model FP3Net yang dimuat pada aplikasi akan melakukan prediksi pigmen fotosintesisnya terhadap citra hasil perbaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi Leaf Piction yang telah ada sebelumnya dikembangkan menjadi aplikasi Fuzzy Piction. Bahasa pemrograman Java digunakan untuk membangun aplikasi Fuzzy Piction di Android Studio. Citra diambil menggunakan kamera *smartphone* melalui fitur yang tersedia pada aplikasi Fuzzy Piction, kemudian data citra hasil perbaikan serta prediksi kandungan pigmen fotosintesis juga disimpan dalam aplikasi.

Aplikasi yang dibuat pada penelitian ini ditujukan untuk mengatasi variasi spesifikasi kamera untuk citra pada keadaan pencahayaan sangat gelap. Oleh karena itu, metode perbaikan yang dimuat pada Flask *web service* merupakan metode perbaikan yang telah dilatih menggunakan citra yang diambil pada keadaan pencahayaan sangat gelap. Agar metode perbaikan yang dimuat dapat beroperasi dengan baik, pengguna diminta memastikan bahwa proses pengambilan citra dilakukan pada kondisi pencahayaan sangat gelap.

Pengukuran kondisi pencahayaan dapat dilakukan menggunakan aplikasi Lux Meter, yang dapat diunduh dari *Google Play Store* dan dipastikan nilai Lux yang terbaca ada di rentang 0 hingga 10 untuk memenuhi kriteria kondisi pencahayaan sangat gelap. Nilai Lux yang ditampilkan pada aplikasi Lux Meter dan pada Smartsensor Digital Lux Meter memiliki nilai yang serupa. Sehingga, aplikasi Lux Meter dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi pencahayaan. Gambar 3 merupakan bukti perbandingan pengukuran Lux menggunakan aplikasi Lux Meter dan menggunakan alat SmartSensor Digital Lux Meter



Gambar 3. Perbandingan Pengukuran Lux antara Aplikasi Lux Meter dan SmartSensor Digital Lux Meter

3.1 Antarmuka Aplikasi Fuzzy Piction

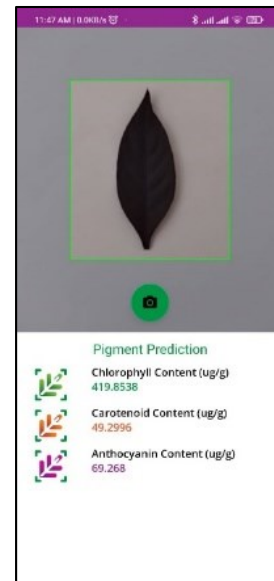
Gambar 4 menunjukkan *Splash Screen* dan *Home Screen* dari Fuzzy Piction. Tombol *Take Picture* dan *Upload Image* yang terletak di *Home Screen* memungkinkan pengguna untuk mengambil citra daun dengan kamera *smartphone* atau mengunggah citra digital daun dari galeri pengguna. Saat aplikasi pertama kali di-*install* dan dijalankan, aplikasi Fuzzy Piction akan meminta otorisasi sebelum aplikasi memperoleh akses ke kamera.



Gambar 4. Interface Fuzzy Piction (a) *Splash Screen* (b) *Home Screen*

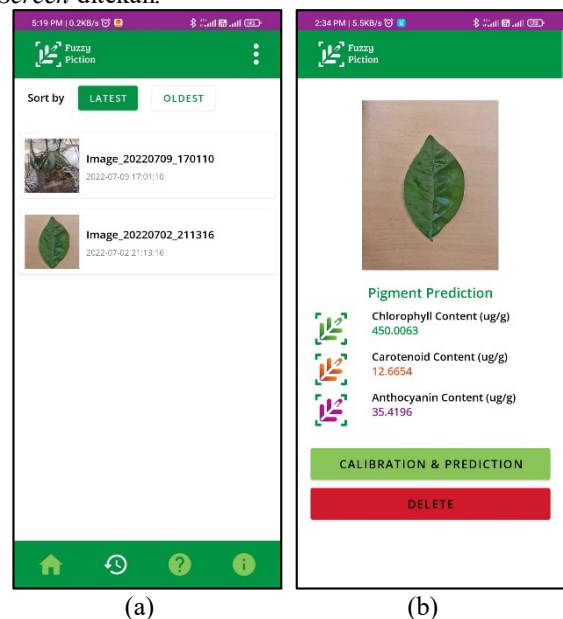
Tombol *Take Picture* digunakan untuk mengambil citra menggunakan kamera *smartphone*. Pengguna kemudian akan diarahkan ke tampilan selanjutnya agar pengguna dapat menggunakan kamera untuk mengambil gambar. Pengguna hanya perlu menekan *floating button* kotak *viewfinder* untuk mengambil gambar setelah memposisikan daun yang akan diambil di kotak *viewfinder* yang berwarna hijau. Pada prosedur pengambilan citra, aplikasi akan secara otomatis menampilkan hasil prediksi dari pigmen klorofil, karotenoid dan antosianin. Citra daun dan data prediksi pigmen kemudian disimpan di halaman *History* pada aplikasi. Dengan menekan tombol *Upload Image*, pengguna selanjutnya diarahkan untuk memilih citra daun yang akan

diprediksi dari galeri atau penyimpanan *smartphone*. Gambar 5 merupakan tampilan ketika pengguna menekan tombol *Take Picture*.



Gambar 5. Tampilan pada Pengambilan Citra

Daftar citra daun dan hasil prediksi pigmen klorofil, karotenoid dan antosianin kemudian ditampilkan pada *History Screen*. Pengguna akan dibawa menuju tampilan berikutnya, jika salah satu dari daftar citra pada *History Screen* ditekan. Tampilan tersebut memuat citra dan hasil prediksi pigmen, selain itu terdapat tombol untuk menerapkan perbaikan pada citra daun tersebut. Gambar 6(a) dan 6(b) merupakan tampilan dari *History Screen* dan tampilan perbaikan setelah daftar citra pada *History Screen* ditekan.



Gambar 6. Tampilan Daftar Citra yang Tersimpan (a) *History Screen* (b) Tampilan Perbaikan saat Daftar Citra ditekan

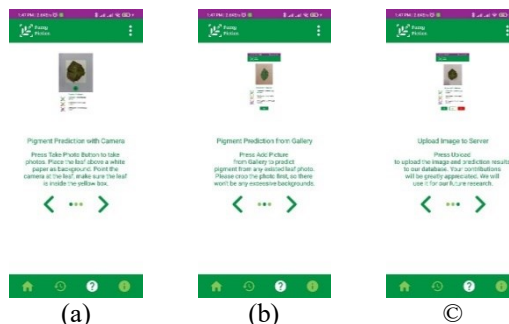


Gambar 7. Detail Screen Aplikasi

Untuk menerapkan perbaikan dan prediksi pada citra daun, pengguna dapat menekan tombol *Calibration & Prediction*. Selanjutnya pengguna akan dibawa menuju tampilan *Detail Screen*. Tampilan *Detail Screen* berisikan citra hasil perbaikan dan detail dari hasil prediksi kandungan pigmen klorofil, karotenoid dan antosianin pada citra hasil perbaikan. Hasil prediksi pigmen fotosintesis dan citra daun dapat dihapus dari *History Screen* dengan menekan tombol *Delete*. Gambar 7 dibawah ini merupakan tampilan dari *Detail Screen*.

Citra hasil perbaikan dan hasil prediksi pigmen dapat disimpan pada tampilan *History Screen* dengan menekan tombol *Save Image* pada tampilan ini. Selain itu, pengguna juga dapat menekan tombol *Upload to Server* untuk mengunggah citra hasil perbaikan dan data hasil prediksi pigmen fotosintesis. Data citra hasil perbaikan dan hasil prediksi pigmen selanjutnya akan disimpan di *database* pengembang. Namun, hingga jurnal ini ditulis, tombol *Upload to Server* masih belum dapat berfungsi. Hal ini disebabkan karena *database* yang sudah ada dari aplikasi sebelumnya masih belum dikembangkan lebih lanjut lagi.

Guide Page yang ditampilkan pada Gambar 8 berfungsi sebagai panduan bagi pengguna dalam mengoperasikan aplikasi Fuzzy Piction. Tampilan visual dari *Guide Page* dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama berperan sebagai panduan bagi pengguna dalam mengambil citra menggunakan kamera dari aplikasi Fuzzy Piction. Selanjutnya, tujuan dari bagian kedua adalah untuk memandu pengguna dalam mengunggah citra daun dari galeri atau penyimpanan *smartphone*. Terakhir, bagian ketiga ditujukan untuk membantu pengguna dalam menyimpan citra hasil dan mengunggah citra ke server.



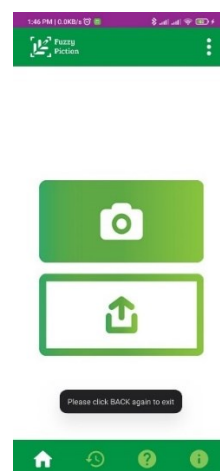
Gambar 8. Guide Page (a) Guide Page Camera (b) Guide Page Gallery (c) Guide Page Upload to Server

Selanjutnya, Gambar 9 merupakan tampilan dari *About* pada aplikasi Fuzzy Piction. Rincian singkat mengenai aplikasi, termasuk versi aplikasi dan pengembang, ditampilkan pada tampilan ini.



Gambar 9. Tampilan About Page Aplikasi Fuzzy Piction

Dengan sistem *Back Navigation*, pengguna dapat menekan tombol *Back* pada masing – masing *smartphone* untuk kembali halaman sebelumnya. Selanjutnya, pengguna dapat keluar dari aplikasi jika menekan tombol *Back* sebanyak dua kali atau setelah pesan muncul pada bagian bawah tampilan seperti pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Implementasi Back Navigation

3.2 Pengujian Aplikasi

Tahapan pengujian aplikasi ini meliputi penilaian terhadap fungsionalitas aplikasi Fuzzy Piction dan Flask *web service*. Metode perbaikan PLSR, yang berupa format file .pkl disertakan untuk dimuat oleh Flask dengan ukuran file sebesar 12.5kb. Fungsionalitas aplikasi dievaluasi untuk melihat apakah fitur dan tombol yang tersedia pada tiap – tiap halaman aplikasi dapat berjalan dengan baik atau tidak. Tabel 3 merupakan tabel evaluasi fungsionalitas aplikasi Fuzzy Piction.

Tabel 3. Evaluasi Fungsionalitas Aplikasi

No	KET	Fitur	Berfungsi	Tidak Berfungsi
1	Splash Screen		V	
2	Home Screen	Take Photo Button	V	
		Upload Photo Button	V	
		History Photo Button	V	
		Guide Page Button	V	
		Credit Page Button	V	
		More Action Button	V	
3	Take photo page	Take Photo Button	V	
		Back Button	V	
4	Picture Screen	Picture Box	V	
		Calibrate & Predict Button	V	
		Back Button	V	
5	Detail Screen	Save Image Button	V	
		Upload to Server Button		V
		Delete Button	V	
		Back Button	V	
6	History Screen	Sort by Latest Button	V	
		Sort By Oldest Button	V	
		Home Page Button	V	
		Guide Page Button	V	
		Credit Page Button	V	
		More Action Button	V	
7	Guide Page	Next Button	V	
		Previous Button	V	
		Home Page Button	V	
		History Page Button	V	
		Credit Page Button	V	
		More Action Button	V	
		Back Button	V	
8	Credit Page	Home Page Button	V	
		History Page Button	V	
		Guide Page Button	V	
		More Action Button	V	
		Back Button	V	

Berdasarkan Tabel 3 diatas, kecuali tombol *Upload to Server*, semua fitur dan tombol yang disediakan telah berfungsi dengan baik. Tombol *Upload to Server* belum dapat berfungsi dikarenakan masih dalam tahap pengembangan dan belum diimplementasikan. Data citra dan hasil prediksi pigmen dari aplikasi Fuzzy Piction dapat disimpan menggunakan fitur dari *Google Cloud Platform* sebagai bagian dari implementasi untuk penelitian selanjutnya. Selain itu, hingga jurnal ini ditulis, *Google Cloud Platform* kini telah berhasil memuat aplikasi Flask *web service* yang berisi metode perbaikan citra menggunakan PLSR.

3.3 Uji Coba Perbaikan Citra

Uji coba perbaikan warna pada citra dilakukan menggunakan PLSR pada citra digital daun yang diambil menggunakan tiga kamera *smartphone* yang berbeda. Tabel 4 merupakan spesifikasi lengkap dari ketiga kamera *smartphone* yang digunakan pada penelitian ini untuk mengambil citra.







Tabel 4. Spesifikasi Kamera yang Digunakan

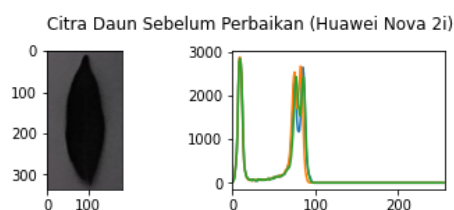
NO	SMARTPHONE	SPESIFIKASI
1	Huawei Nova 2i	Rear camera –16MP, 2MP / 2 kamera
2	Redmi 9T	Rear camera –48MP f/1.8 26mm(wide), 8MP f/2.2 120°(ultrawide), 2MP f/2.4 (macro), 2MP f/2.4 (depth) / 4 kamera
3	Xiaomi Mi 10T Pro	108 MP, f/1.7, 26mm (wide), 13 MP, f/2.4, 123° (ultrawide), 5 MP, f/2.4, (macro) / 3 kamera

Keberhasilan metode yang diterapkan untuk memperbaiki citra digital daun dilihat berdasarkan perbandingan kondisi citra secara visual antara citra sebelum dan sesudah diperbaiki warnanya. Tabel 5 merupakan perbandingan citra digital daun antara sebelum dan sesudah perbaikan.

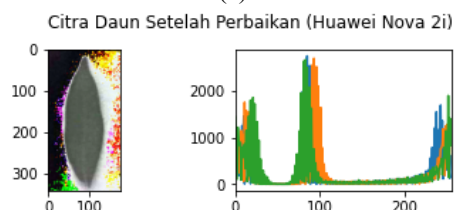
Berdasarkan tabel 5 di atas, terlihat bahwa warna pada citra yang belum diperbaiki warnanya cenderung tampak lebih gelap dan warna hijau daunnya hampir tidak terlihat sama sekali. Namun setelah diterapkan perbaikan pada citra, warna hijau pada citra daun menjadi lebih terlihat dan kualitas warnanya relatif sama antar ketiga citra. Selain itu, dalam menentukan keberhasilan metode perbaikan citra yang diterapkan, perlu dilihat perbandingan hasil prediksi pigmen oleh model FP3Net pada citra sebelum dan setelah diperbaiki warnanya. Perbandingan warna pada citra sebelum dan setelah perbaikan divisualisasikan menggunakan histogram warna seperti di gambar 11 ini. Citra daun yang digunakan adalah citra daun pucuk merah hijau yang diambil menggunakan kamera *smartphone* Huawei Nova 2i pada kondisi pencahayaan sangat gelap.

Tabel 5 Perbandingan Citra Sebelum dan Sesudah Perbaikan pada Ketiga Kamera *Smartphone*

	Huawei Nova 2i	Redmi 9T	Xiaomi Mi 10T Pro
Sebelum Perbaikan Warna			
Setelah Perbaikan Warna			

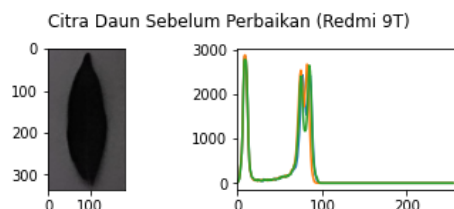


(a)

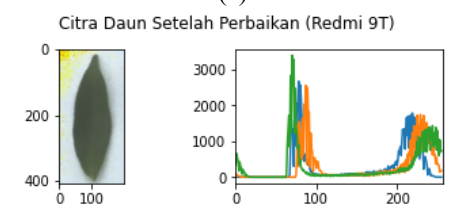


(b)

Gambar 11 Perbandingan Histogram Warna (Huawei Nova 2i) antara (a) Sebelum Perbaikan dan (b) Setelah Perbaikan Warna



(a)

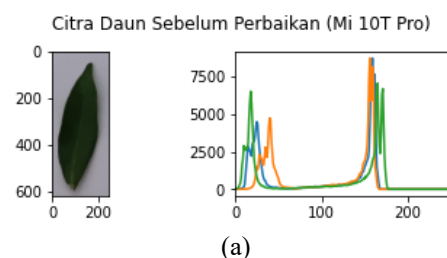


(b)

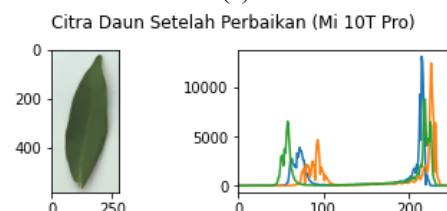
Gambar 12 Perbandingan Histogram Warna (Redmi 9T) antara (a) Sebelum Perbaikan dan (b) Setelah Perbaikan Warna

Berdasarkan perbandingan histogram di atas, tampak bahwa warna hijau terdistribusi secara merata pada citra daun setelah perbaikan warna jika dibandingkan dengan citra sebelum perbaikan yang lebih tersebar ke arah kiri. Artinya, citra sebelum perbaikan memiliki warna hijau yang sangat gelap dan tidak terekspos cahaya dengan baik, jika dibandingkan dengan *exposure* dari warna hijau pada citra setelah perbaikan. Berikutnya, warna hijau pada citra hasil perbaikan tampak lebih cerah dan lebih menonjol. Selanjutnya, berikut gambar 12 merupakan perbandingan histogram warna antara citra daun sebelum dan setelah diperbaiki warnanya pada citra daun pucuk merah hijau. Citra daun pada gambar 12 merupakan citra yang diambil menggunakan kamera *smartphone* Redmi 9T pada kondisi pencahayaan sangat gelap.

Berdasarkan perbandingan histogram warna pada gambar di atas, tampak bahwa warna hijau citra sebelum perbaikan memiliki warna yang sangat gelap dan kurang menonjol. Namun, pada citra hasil terlihat bahwa warna telah berhasil didistribusikan dengan lebih merata, sehingga warna hijau tampak menjadi lebih cerah dan lebih tersaturasi. Selanjutnya, berikut gambar 13 di bawah ini merupakan perbandingan dari histogram warna antara citra daun pucuk merah antara sebelum dan setelah perbaikan warna. Citra daun yang dibandingkan merupakan citra yang diambil menggunakan *smartphone* Xiaomi Mi 10T Pro pada kondisi pencahayaan sangat gelap.



(a)



(b)

Gambar 13 Perbandingan Histogram Warna (Mi 10T Pro) antara (a) Sebelum Perbaikan dan (b) Setelah Perbaikan Warna

Berdasarkan perbandingan histogram warna pada gambar 13, tampak bahwa citra sebelum dan setelah perbaikan memiliki warna hijau yang telah terdistribusi dengan baik. Namun, warna hijau pada citra sebelum perbaikan tampak memiliki warna hijau yang lebih gelap dan kurang menonjol, jika dibanding dengan warna hijau pada citra hasil perbaikan yang tampak lebih cerah dan terekspos cahaya dengan baik.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Prediksi Pigmen Fotosintesis pada Citra Sebelum dan Sesudah Perbaikan Warna

SEBELUM PERBAIKAN WARNA			
	karotenoid	antosianin	klorofil
Pucuk Merah(2I / Sangat Gelap)	-0,00040374	-0,00273778	-0,0017921
Pucuk Merah(9T / Sangat Gelap)	0,26244238	0,262124181	0,423198998
Pucuk Merah(10T / Sangat Gelap)	-0,00263904	-0,00311127	-0,00025513
STANDAR DEVIASI	0,152403653	0,153026056	0,244926248
SETELAH PERBAIKAN WARNA			
	karotenoid	antosianin	klorofil
Pucuk Merah(2I / Sangat Gelap)	0,041609511	0,147278219	0,250157356
Pucuk Merah(9T / Sangat Gelap)	0,028114699	0,134615898	0,154209733
Pucuk Merah(10T / Sangat Gelap)	0,068364888	0,149369493	0,215696931
STANDAR DEVIASI	0,020485922	0,007983069	0,048604086

Berdasarkan tabel 6 diatas, terlihat bahwa nilai standar deviasi dari prediksi pigmen setelah diperbaiki warnanya cenderung memiliki nilai yang lebih kecil, menunjukkan bahwa prediksi kandungan pigmen fotosintesis relatif sama untuk citra yang dihasilkan dari beberapa *smartphone*. Pada citra yang belum diperbaiki warnanya, nilai standar deviasi terlihat lebih besar dan berbeda-beda antar pigmen. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa algoritma PLSR yang diterapkan untuk memperbaiki warna pada citra berhasil memberikan dampak yang signifikan pada tahap prediksi pigmen oleh FP3Net. Dampak yang signifikan tersebut terlihat jelas terutama dalam mengatasi adanya perbedaan spesifikasi kamera yang digunakan pada pengambilan citra di kondisi pencahayaan sangat gelap.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, aplikasi Fuzzy Piction telah berhasil dikembangkan dengan memuat penambahan metode perbaikan citra menggunakan algoritma PLSR. Metode perbaikan citra dengan PLSR tersebut dimuat pada aplikasi Flask *web service* dan aplikasi telah berhasil meningkatkan presisi dari pengukuran pigmen fotosintesis pada citra digital daun yang telah diperbaiki. Presisi prediksi pada citra hasil perbaikan menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan presisi prediksi pada citra yang belum diperbaiki warnanya. Hasil perbaikan warna oleh PLSR berhasil menyeragamkan warna dan berhasil membawa dampak signifikan pada presisi dari proses prediksi dengan model FP3Net. Dampak tersebut terlihat dari nilai standar deviasi prediksi dari citra yang telah diperbaiki warnanya. Standar deviasinya memiliki nilai yang lebih kecil yang artinya hasil prediksi pigmen pada hasil pengambilan citra daun dengan jenis kamera yang berbeda-beda kini menjadi lebih serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- ABDI, H., 2003. Multivariate Analysis. *Encyclopedia for research methods for the social sciences. Thousand Oaks: Sage*, pp. 699-702.
- ABDI, H., 2003. Partial Least Square (PLS) Regression. *Encyclopedia for research methods for the social sciences*, 6(4), pp. 792-795.
- ABDI, H. & WILLIAMS, L. J., 2013. Partial Least Squares Methods: Partial Least Squares Correlation and Partial Least Square Regression. *Computational toxicology*, pp. 549-579.
- AMANI, M. F. H. J. O. V. G. A. A. a. L. F., 2019. Color Calibration on Human Skin Images. *International Conference on Computer Vision Systems*, pp. 211-223.
- C DING, Z. M., 2020. Multi-Camera Color Correction via Hybrid Histogram Matching. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 9, pp. 3327-3337.
- FOREST, H., 2018. *Leaf Pigments | Harvard Forest*. [Online] Available at: <https://harvardforest.fas.harvard.edu/leaves/pigment> [Diakses November 2021].
- JUSTINE, A., 2020. *Pengembangan Aplikasi Prediksi Kandungan Pigmen Daun secara Non-Destruktif Berbasis Android*, Malang: Universitas Ma Chung.
- JUSTINE, A., 2021. *Pengembangan Fuzzy Convolutional Neural Network untuk Pengenalan Warna pada Sistem Prediksi Pigmen Tanaman*, Malang: Universitas Ma Chung.
- KUSUMA, P. D., 2020. *Machine Learning Teori, Program, dan Studi Kasus*. Yogyakarta: Deepublish Publisher.
- PRILIANTI, K., ANAM, S., BRODOSUDARMO, T. & SURYANTO, A., 2020. Real-time Assessment of Plant Photosynthetic Pigment Contents with An Artificial Intelligence Approach in A Mobile Application. *Journal of Agricultural Engineering* 51(4), pp. 220-228.
- SUNOJ, S. et al., 2018. Color Calibration of Digital Images for Agriculture and Other Applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146, pp. 221-234.
- TAO, H. ET AL., 2020. Estimation of the Yield and Plant Height of Winter Wheat Using UAV-Based Hyperspectral Images. *Sensors*, 4(1231), pp. 20.
- TOBIAS, R. D., 1995. An Introduction to Partial Least Square Regression. *Proceedings of the twentieth annual SAS users group international conference*, 20, pp. 1-8.
- VALLE, J. C. D. ET AL., 2018. Digital Photography Provides a Fast, Reliable, and Noninvasive

- Method to Estimate Anthocyanin Pigment Concentration in Reproductive and Vegetative Plant Tissues. *Ecology and Evolution*, 8(6), pp. 3064-3076.
- VISHNOI, V. K., KUMAR, K. & KUMAR, B., 2021. Plant Disease Detection Using Computational Intelligence and Image Processing. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(1), pp. 19-53.
- ŽUVELA, P. S. M. J. L. J. B. T. K. R. W. M. A. B. B., 2019. Column Characterization and Selection Systems in Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *Chemical reviews*, 119(6), pp. 3674-3729.