

Metode Perbaikan Citra Tanaman atas Variasi Iluminasi dengan Metode KNN (K-Nearest Neighbour) dan ANN (Artificial Neural Network)

Marcelino Centauri Dwi Prasetyo¹, Kestriilia Rega Prilianti², Hendry Setiawan³

¹ marcelino.centa@gmail.com, ²kestriilia.rega@machung.ac.id, dan ³hendry.setiawan@machung.ac.id
^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Ma Chung

Received : 28 Aug 22
Accepted : 16 Nov 22
Published : 27 Nov 22

Abstract

Abstract: The Fuzzy Piction application is an android-based plant pigment content prediction application developed by the Precision Agriculture research group, Ma Chung University Malang. The application is able to predict the content of 3 main types of photosynthetic pigments namely chlorophyll, carotenoids, and anthocyanins non-destructively through images of the leaves of the plants being evaluated. The prediction model was developed using the Convolutional Neural Network (CNN) method. The application faces accuracy problems that occur due to variations in illumination in the field when the evaluation of plants is carried out in-situ. To solve these problems, this research implemented an image improvement method based on artificial intelligence, namely KNN (K-Nearest Neighbor) and ANN (Artificial Neural Network). The experimental results show that the KNN method is able to provide better image improvement. The indicator is better seen from the precision of the pigment prediction value from several images at different illumination for the same plant object. The standard deviation predicted pigment value in the corrected images with KNN is in the range of 0.001 to 0.026 while with ANN it is in the range of 0.005 to 0.557. The plant samples used in this study were Duranta Erecta and Piper Betle.

Keywords: Artificial Neural Network, Fuzzy Piction, K-Nearest Neighbor, photosynthetic pigments

Abstrak

Aplikasi Fuzzy Piction adalah aplikasi prediksi kandungan pigmen tanaman berbasis android yang dikembangkan oleh kelompok riset Precision Agriculture, Universitas Ma Chung Malang. Aplikasi mampu memprediksi kandungan 3 macam pigmen fotosintesis utama yaitu klorofil, karotenoid, dan antosianin secara non destruktif melalui citra daun tanaman yang sedang dievaluasi. Model prediksi dikembangkan dengan metode Convolutional Neural Network (CNN). Aplikasi menghadapi permasalahan akurasi yang terjadi karena variasi iluminasi di lapangan saat evaluasi terhadap tanaman dilakukan secara in-situ. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, pada penelitian ini diimplementasikan metode perbaikan citra berbasis kecerdasan buatan yaitu KNN (K-Nearest Neighbor) dan ANN (Artificial Neural Network). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode KNN mampu memberikan perbaikan citra yang lebih baik. Indikator lebih baik dilihat dari presisi nilai prediksi pigmen dari beberapa citra pada iluminasi yang berbeda untuk objek tanaman yang sama. Nilai standar deviasi prediksi pigmen pada citra-citra hasil perbaikan dengan KNN berada pada kisaran 0,001 hingga 0,026 sedangkan dengan ANN berada pada kisaran 0,005 hingga 0,557. Sampel tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah Duranta Erecta dan Piper Betle.

Keywords: Jaringan Saraf Tiruan, Fuzzy Piction, K-Nearest Neighbor, Pigmen Fotosintesis

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. Pendahuluan

Pigmen adalah senyawa kimia yang dapat memantulkan dan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Secara umum, pigmen pada tanaman terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu *klorofil*, *karotenoid* (*karoten*, *xantofil*), dan *flavonoid* (*chalcones*, *antosianin*, *flavon*, *flavonol*) [1]. Pada tanaman, pigmen memiliki peran penting terhadap proses fotosintesis. Kadar pigmen yang terdapat pada tanaman juga dapat digunakan sebagai indikator kesehatan tanaman tersebut [2]. Kadar pigmen pada suatu tanaman dapat diketahui jumlahnya dengan cara melakukan sebuah uji *lab* kimia yang dimana prosesnya perlu merusak daun tanaman tersebut (*destruktif*). Alternatif lain yang dikembangkan untuk mengetahui kadar pigmen pada tanaman adalah dengan cara membuat sistem prediksi pigmen citra tanaman. Prediksi pigmen adalah suatu proses untuk melakukan prediksi kadar pigmen pada suatu tanaman hanya dengan menggunakan suatu citra saja (*non-destruktif*). Aplikasi yang digunakan untuk melakukan prediksi pigmen dinamakan dengan *fuzzy piction*. Aplikasi *fuzzy piction* menggunakan algoritma CNN (*Convolutional Neural Network*) untuk melakukan prediksi pigmen suatu tanaman yang dinamakan dengan model FP3Net.

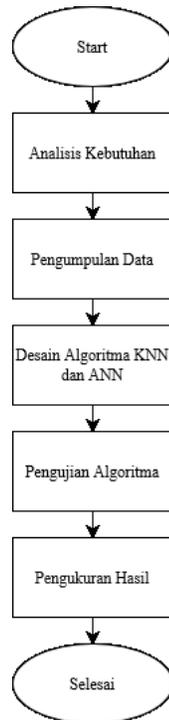
FP3NET adalah algoritma CNN yang dikembangkan dengan menggabungkan algoritma *fuzzy* kedalamnya. Algoritma FP3NET dikembangkan oleh kelompok riset *Precision Agriculture* Universitas Ma Chung. Model FP3Net merupakan pengembangan dari model P3Net. Model FP3Net dikembangkan lagi dengan menambahkan *custom layer* dengan algoritma *fuzzy* pada arsitektur P3Net [3]. Model FP3Net memiliki empat versi yang dimana model versi kedua adalah model terbaik. Model terbaik ditentukan berdasarkan skor MAE terkecil pada hasil prediksi pigmen. Namun pengembangan aplikasi *fuzzy piction* masih mengalami penurunan akurasi dikarenakan aplikasi belum invarian terdapat perbedaan iluminasi [4]. Pada proses prediksi, aplikasi menemui permasalahan dimana hasil prediksi pigmen menjadi tidak akurat ketika pengambilan citra dilakukan pada kondisi iluminasi yang bervariasi. Oleh karena itu

diperlukan sebuah metode perbaikan citra untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Metode perbaikan citra adalah metode yang digunakan untuk menstandarisasi variasi iluminasi saat proses pengambilan citra, sehingga hasil prediksi pigmen tidak terpengaruh pada variasi iluminasi. Dalam penerapannya, metode perbaikan citra dapat dilakukan menggunakan metode KNN (*K-Nearest Neighbor*) dan ANN (*Artificial Neural Network*). Metode KNN adalah teknik perbaikan citra yang memanfaatkan algoritma *K-Nearest Neighbor*, metode yang dilakukan algoritma KNN adalah dengan cara mencari citra yang terdekat dan memiliki permasalahan citra yang sama yang kemudian memperbaikinya sesuai dengan citra tujuan [5]. Sedangkan pada algoritma ANN adalah algoritma yang memanfaatkan algoritma neural untuk melakukan perbaikan citra dengan cara melakukan *training* pada dataset yang memiliki permasalahan citra beserta dengan citra hasil perbaikannya [6]. Pada prakteknya, perbaikan citra sering digunakan pada pengambilan citra yang di bawah air. Citra yang diambil dibawah air memberikan hasil yang buram dan iluminasi gelap dikarenakan sedikitnya jumlah cahaya yang masuk [7]. Pada kasus ini perbaikan citra diimplementasikan untuk melakukan perbaikan citra pada saat melakukan pengambilan citra daun di variasi iluminasi yang berbeda-beda.

2. Metode

Proyek penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan metode perbaikan citra menggunakan algoritma KNN dan ANN pada citra daun tanaman. Gambar 1 adalah alur dari penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Analisis Kebutuhan

Kebutuhan yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah laptop ASUS TUF F15 FX506HC. Perangkat lunak yang digunakan adalah aplikasi Anaconda dan Jupyter Notebook sedangkan untuk library yang digunakan adalah pytorch, opencv, keras, dan tensorflow.

2.2. Dataset

Dataset yang digunakan adalah dataset rendered WB dataset yang berisikan kumpulan citra yang memiliki permasalahan iluminasi. Dataset tersebut disediakan oleh universitas York dan Adobe Research [5]. Jumlah total dataset yang digunakan pada algoritma KNN adalah 62.535 citra, sedangkan pada algoritma ANN jumlah dataset yang digunakan adalah 65.416 citra. Gambar 2 adalah salah satu contoh dataset yang memiliki permasalahan iluminasi. Rendered WB dataset hanya digunakan sebagai data training saja, sedangkan untuk pengujian atau testing menggunakan data citra daun tanaman. Gambar 2 adalah salah satu contoh dataset yang memiliki permasalahan iluminasi.



Gambar 2. Contoh Dataset dengan Permasalahan Iluminasi

Berdasarkan contoh dataset diatas, permasalahan yang dimiliki kedua citra adalah iluminasi pada citra memiliki warna yang kebiruan-biruan dan gelap. Gambar 3 adalah hasil dari perbaikan citranya. Gambar (a) adalah hasil perbaikan dengan metode KNN sedangkan untuk gambar (b) adalah hasil perbaikan dengan metode ANN.



(a) Perbaikan Metode KNN (b) Perbaikan Metode ANN

Gambar 3. Contoh Dataset Hasil Perbaikan Citra

Setelah dilakukan perbaikan citra, iluminasi yang dihasilkan membuat citra terlihat semakin jelas jika diamati menggunakan mata manusia. Pada dataset *training* untuk algoritma terdapat penambahan jumlah citra. Citra yang ditambahkan pada dataset tersebut adalah citra augmentasi yang dilakukan dengan merubah temperatur warna pada citra tersebut. Perubahan temperatur warna tersebut dilakukan dengan mengganti satuan nilai RGB pada citra berdasarkan dengan temperatur warna *kelvin*. *Kelvin* adalah satuan yang digunakan untuk mengukur tingkat iluminasi yang dihasilkan oleh cahaya buatan seperti lampu. Gambar 4 adalah salah satu contoh dataset citra augmentasi.



Gambar 4. Contoh Dataset Augmentasi

Selain dataset *training*, dataset pengujian juga dikumpulkan. Dataset pengujian berisikan citra daun yang diambil pada kondisi pencahayaan iluminasi berbeda-beda. Daun yang digunakan untuk dataset pengujian adalah daun *piper betle* dan *duranta erecta*. Tabel 1 adalah kategori pencahayaan iluminasi daun *duranta erecta* yang digunakan sebagai dataset pengujian.

Tabel 1. Tingkat Pencahayaan Iluminasi Daun Duranta Erecta

Tingkat Pencahayaan	Lux		
	Minimal	Average	Maximal
Sangat Rendah	35	40	49
Rendah			
Rendah	25	145	156
Sedang	502	559	568
Tinggi	1889	2610	2691
Sangat Tinggi	1737	3450	3870

Sedangkan pada tingkat pencahayaan iluminasi untuk daun *piper betle* dikategorikan pada tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Pencahayaan Iluminasi Daun Pipler Betle

Tingkat Pencahayaan	Lux		
	Minimal	Average	Maximal
Sangat Rendah	0	43	48
Rendah			
Rendah	0	102	120
Sedang	0	660	668
Tinggi	0	2090	2945
Sangat Tinggi	0	46900	53521

Pemilihan kategori pencahayaan iluminasi tersebut didasarkan pada perubahan iluminasi yang dihasilkan ketika pengambilan citra daun. Sebagai contoh citra yang dihasilkan pada pencahayaan iluminasi lux 43 akan menghasilkan pencahayaan iluminasi yang terlihat gelap sedangkan untuk pencahayaan sangat tinggi akan menghasilkan iluminasi yang terlihat terang kebiru-biruan. Secara keseluruhan jumlah dataset pengujian berjumlah 10 citra yang masing-masing jumlahnya diringkas pada tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Dataset Pengujian

Tingkat Pencahayaan	<i>Duranta Erecta</i>	<i>Piper Betle</i>
Sangat Rendah	1	1
Rendah	1	1
Sedang	1	1
Tinggi	1	1
Sangat Tinggi	1	1
Total	5	5
	10	

Contoh citra dataset pengujian dapat dilihat pada tabel 4 yang dimana contoh tersebut adalah citra yang diambil pada berbagai kondisi pencahayaan iluminasi.

Tabel 4. Contoh Dataset Pengujian Duranta Erecta

<i>Duranta Erecta</i>	<i>Piper Betle</i>	Tingkat Pencahayaan
		Sangat Rendah
		Rendah
		Sedang
		Tinggi
		Sangat Tinggi

yang telah dilakukan perbaikan citra. Dataset pengujian (*testing*) yang digunakan pada algoritma ANN adalah dataset referensi yang memiliki hasil perbaikan citra yang sesuai pada *rendered WB dataset*. Pada *rendered WB dataset*, citra dikatakan memiliki pencahayaan iluminasi yang sesuai ketika hasil perbaikan memberikan iluminasi normal pada umumnya contohnya di citra dengan temperatur warna 4500 sampai dengan 6000 *kelvin*.

2.5. Model Evaluasi

Metode evaluasi terbagi menjadi dua macam yaitu metode evaluasi menggunakan pengukuran SSIM dan metode evaluasi menggunakan pengukuran hasil prediksi pigmen.

Metode evaluasi SSIM (*Structural Similarity Index*) adalah pengukuran berdasarkan dengan 3 formula utama yaitu *luminance (l)*, *contrast (c)* dan *structure (s)*. Ketiga formula tersebut kemudian disederhanakan sehingga menjadi rumus 1.

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (1)$$

Keterangan:

$SSIM(x, y)$ = Citra prediksi (x) dan citra asli (y)
 μ_x = Rata-rata sampel *pixel* dari (x)
 μ_y = Rata-rata sampel *pixel* dari (y)
 σ_{xy} = Nilai kovarian dari (x) dan (y)
 C_1, C_2 = Variabel pembantu

Pada rumus SSIM dibutuhkan dua masukan yaitu gambar hasil perbaikan citra (x) dengan gambar iluminasi yang seharusnya (y) yang biasa disebut dengan citra asli. Metode evaluasi dengan SSIM ini akan memberikan hasil nilai antara 0 hingga 1, semakin nilai mendekati angka 1 maka semakin menunjukkan bahwa citra *input (x)* semakin mendekati dengan citra asli (y).

Metode evaluasi prediksi pigmen dilakukan dengan menghitung hasil pigmen pada citra yang telah dilakukan perbaikan. Prediksi pigmen menggunakan algoritma FP3Net yang telah dikembangkan di dalam aplikasi *fuzzy piction*. Pengukuran prediksi pigmen menghasilkan nilai MAE (*Mean Absolute Error*) dari 3 parameter pigmen yaitu klorofil, antosianin dan

karotenoid. Perhitungan MAE dirumuskan pada rumus 2.

$$MAE = \frac{\sum_{n=1}^N |y_i - x_i|}{N} \quad (2)$$

Keterangan:

MAE = *Mean Absolute Error*
 y_i = Nilai prediksi
 x_i = Nilai asli
 N = Jumlah data

Nilai yang dihasilkan pada evaluasi dengan prediksi pigmen akan berupa nilai desimal untuk masing-masing pigmen. Nilai desimal tersebut nantinya perlu disederhanakan kembali agar menjadi nilai pigmen microgram/gram (*ug/g*). Hasil nilai MAE pada citra *input* nantinya akan diselisihkan dengan nilai MAE pada citra asli. Bila nilainya semakin kecil maka citra *input* semakin mirip dengan citra asli. Pada kasus ini, pencahayaan yang digunakan sebagai referensi citra asli adalah citra dengan tingkat pencahayaan iluminasi sedang. Pemilihan tersebut didasarkan pada citra di pencahayaan tersebut memiliki hasil nilai *lux* yang paling optimal untuk dilakukan prediksi pigmen.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil kalibrasi diukur berdasarkan dua metode evaluasi. Metode evaluasi yang digunakan adalah pengukuran berdasarkan dengan pigmen dan pengukuran berdasarkan perhitungan SSIM. Pengukuran dilakukan setelah citra pada dataset pengujian dilakukan perbaikan citra dengan menggunakan kedua algoritma. Hasil perbaikan citra dari kedua algoritma kemudian dibandingkan untuk melihat algoritma manakah yang paling baik dalam melakukan perbaikan citranya sehingga keempat kondisi cahaya menghasilkan iluminasi yang tidak bervariasi.

3.1. Evaluasi Kinerja Berdasarkan Hasil Perbaikan Citra

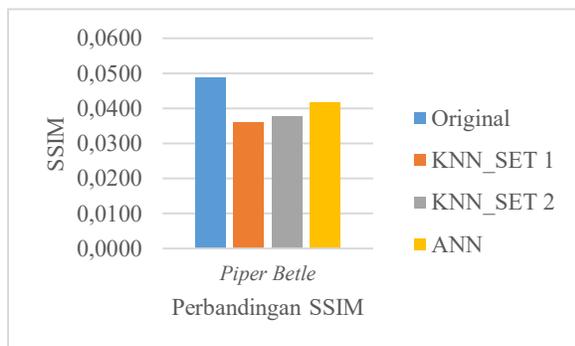
Pengukuran berdasarkan evaluasi dilakukan berdasarkan 3 parameter utama yaitu *luminance (l)*, *contrast (c)* dan *structure (s)*. Perhitungan SSIM menghasilkan nilai mulai dari 0 hingga 1, semakin nilai mendekati angka 1 maka semakin mirip pula citra satu sama lain yang dibandingkan. Perbandingan yang digunakan adalah hasil dari perbaikan citra dengan

citra pada pencahayaan iluminasi sedang. Hasil dari perbandingan citra nantinya akan menghasilkan nilai untuk masing-masing pencahayaan iluminasi yaitu sangat rendah, rendah, tinggi dan sangat tinggi. Hasil nilai SSIM tersebut akan dilakukan perhitungan standar deviasi untuk mempermudah pembacaan dan melihat kinerja model dalam melakukan perbaikan di iluminasi yang bervariasi. Tabel 5 adalah hasil standar deviasi SSIM untuk kedua model dengan 3 perbaikan citra yang digunakan.

Tabel 5. Perbandingan Standar Deviasi SSIM

Model	SSIM	
	<i>Piper Betle</i>	<i>Duranta Erecta</i>
Original	0,0487	0,0192
KNN_SET 1	0,0360	0,1001
KNN_SET 2	0,0377	0,0444
ANN	0,0418	0,0536

Hasil dari perbandingan standar deviasi SSIM dapat dilihat pula histogramnya pada gambar 8 untuk daun *piper betle* dan gambar 9 untuk daun *duranta erecta*.



Gambar 8. Histogram Perbandingan Mean SSIM Piper Betle



Gambar 9. Histogram Perbandingan Mean SSIM Duranta Erecta

Contoh citra dari hasil perbaikan dapat dilihat pada tabel 6 yang dimana adalah contoh perbaikan citra pada daun tanaman *piper betle* menggunakan model KNN Set 1.

Tabel 6. Contoh Hasil Perbaikan Citra

Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	Tingkat Pencahayaan
		Sangat Rendah
		Rendah
		Sedang
		Tinggi



Sangat Tinggi

3.2. Evaluasi Kinerja Berdasarkan Hasil Prediksi Pigmen

Pengukuran evaluasi kinerja berdasarkan prediksi pigmen dilakukan terhadap 3 pigmen yaitu klorofil, antosianin dan karotenoid. Pada hasil prediksi ketiga pigmen tersebut kemudian dilakukan pengurangan selisih untuk keempat kategori pencahayaan iluminasi (sangat rendah, rendah, tinggi, dan tinggi) dengan pencahayaan iluminasi sedang. Seperti yang dijelaskan pada subab metode evaluasi, pemilihan pencahayaan iluminasi sedang tersebut didasarkan oleh citra pada pencahayaan tersebut memiliki nilai yang paling optimal ketika dilakukan prediksi pigmen. Bila nilai selisih semakin mengecil, maka dapat dikatakan bahwa hasil perbaikan citra bekerja dengan baik. Hasil dari selisih kemudian dilakukan perhitungan Mean untuk meringkas hasil perbandingan agar dapat lebih mudah dibaca. Tabel 7 adalah hasil perbandingan selisih yang telah diringkas menggunakan fungsi standar deviasi untuk daun *piper betle*.

Tabel 7. Standar Deviasi Selisih Prediksi Pigmen Daun Piper Betle

Model	Klorofil	Antosianin	Karotenoid
Original	0,0158	0,0330	0,0572
KNN_SET 1	0,0377	0,0692	0,0361
KNN_SET 2	0,0836	0,1385	0,1003
ANN	0,0596	0,0534	0,0645

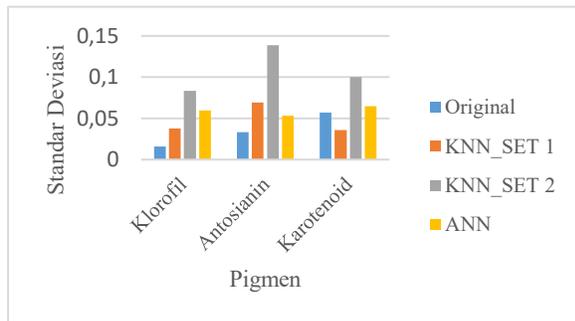
Berdasarkan pada tabel 7 hasil dari ketiga model menunjukkan bahwa hanya model KNN Set 1 memberikan hasil standar deviasi yang lebih baik untuk pigmen karotenoid. Namun untuk pigmen lain, ketiga model masih belum dapat memberikan hasil standar deviasi yang lebih kecil dibandingkan dengan citra *original* (model tanpa perbaikan citra). Nilai yang masih besar tersebut diakibatkan karena nilai selisih pigmen pada pencahayaan iluminasi sangat rendah memiliki nilai yang relatif jauh dari pencahayaan iluminasi lainnya. Pada masing-masing pencahayaan iluminasi model KNN Set 1 masih lebih kecil dibandingkan dengan citra *original*.

Tabel 8. Standar Deviasi Selisih Prediksi Pigmen Daun Duranta Erecta

Model	Klorofil	Antosianin	Karotenoid
Original	0,0165	0,0264	0,0225
KNN_SET 1	0,0096	0,0925	0,0861
KNN_SET 2	0,0357	0,0258	0,0290
ANN	0,0190	0,0481	0,1328

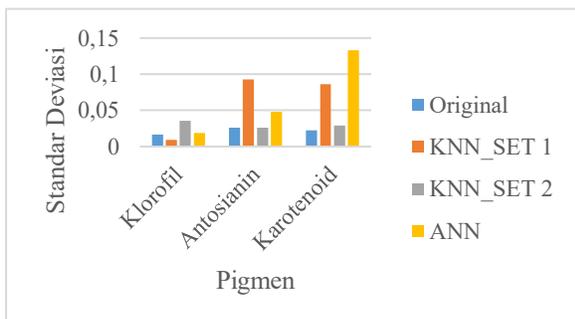
Pada tabel 8 nilai standar deviasi yang dihasilkan oleh model KNN Set 1 menunjukkan nilai yang lebih kecil pada pigmen klorofil sedangkan pada pigmen lain nilai standar deviasinya masih lebih besar dibandingkan dengan citra *original*. Hal tersebut diakibatkan karena nilai selisih prediksi pigmen pada pencahayaan iluminasi sangat rendah dan sangat tinggi memiliki nilai yang terlalu bervariasi dibandingkan dengan pencahayaan iluminasi rendah dan tinggi. Pada pencahayaan tinggi model KNN Set 1 memberikan nilai selisih prediksi pigmen yang lebih kecil dibandingkan dengan citra *original*.

Nilai yang telah dihasilkan pada tabel 7 dan tabel 8 kemudian direpresentasikan kedalam sebuah grafik histogram. Grafik histogram tersebut dapat dilihat pada gambar 10 untuk daun *piper betle*.



Gambar 11. Standar Deviasi Selisih Prediksi Pigmen Daun Duranta Erecta

Berdasarkan dari gambar 10, hasil selisih pada pigmen karotenoid menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan citra *original*. Sedangkan pada pigmen klorofil dan antosianin nilai selisihnya lebih besar untuk ketiga model. Gambar 11 adalah grafik histogram selisih standar deviasi prediksi pigmen untuk daun *duranta erecta*.



Gambar 10. Grafik Histogram Standar Deviasi Selisih Prediksi Pigmen Daun Piper Betle

Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai standar deviasi untuk prediksi pigmen memberikan hasil yang kurang baik untuk model KNN Set 1 dan ANN pada pigmen klorofil dan karotenoid. Namun pada pigmen klorofil model KNN Set 1 memberikan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan citra *original*. Selain itu pigmen antosianin pada KNN Set 2 memberikan hasil yang lebih kecil pula dibandingkan dengan citra *original*.

4. Kesimpulan dan Saran

Implementasi perbaikan citra tanaman dengan menggunakan algoritma KNN dan ANN menunjukkan bahwa hasil perbaikan citra memberikan pengaruh pada hasil prediksi pigmen tanaman. Secara keseluruhan model KNN Set 1 memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan model lainnya. Hasil tersebut dapat dilihat pada pengukuran evaluasi kinerja terhadap prediksi pigmen (diukur dengan MAE) dan terhadap perbaikan citra (diukur dengan SSIM), standar deviasi model KNN Set 1 memberikan nilai yang selalu relatif kecil dibandingkan dengan model lainnya. Namun meski begitu, pada daun *duranta erecta* metode perbaikan citra masih belum berjalan dengan cukup baik. Nilai MAE dan SSIM yang dihasilkan masih relatif besar. Hal tersebut disebabkan dataset yang digunakan memiliki citra yang terlalu bervariasi dan tidak terfokus pada citra daun sehingga mengakibatkan hasil perbaikan citra tidak efektif untuk mengatasi variasi iluminasi pada citra tanaman. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah model dapat di *training* dengan menggunakan dataset yang hanya berisikan citra daun tanaman saja. Alasannya agar model perbaikan citra dapat terfokus pada pencahayaan iluminasi di citra daun tanaman saja. Selain itu perubahan nilai parameter pada kedua algoritma juga dapat dirubah-dirubah sehingga dapat menghasilkan perbaikan citra yang lebih baik. Nilai akhir standar deviasi pada prediksi pigmen pada model KNN berada pada kisaran 0,001 hingga 0,026 sedangkan dengan ANN berada pada kisaran 0,005 hingga 0,557. Nilai SSIM menunjukkan standar deviasi pada berkisar 0,0360 sampai dengan 0,1001 untuk algoritma KNN sedangkan pada algoritma ANN memiliki nilai 0,0418 sampai dengan 0,0536. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan *image processing* dengan memanfaatkan algoritma KNN dan ANN khususnya pada bidang agrikultur.

Daftar Pustaka

- [1] Młodzińska, E., Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, Survey of Plant Pigments: Molecular and Environmental, pp.7-16, 2009.
- [2] Thrane, J.-E., Spectrophotometric Analysis of Pigments: A Critical Assessment of a High-Throughput Method for Analysis of Algal Pigment Mixtures by Spectral Deconvolution. PloS one, 10(9), p.e0137645, 2015.

- [3] Prilianti, K., Anam, S., Brotosudarmo, T. & Suryanto, A., Real-time Assessment of Plant Photosynthetic Pigment Contents with An Artificial Intelligence Approach, 2020.
- [4] Justine, A., Pengembangan Fuzzy Convolutional Neural Network untuk Pengenalan Warna pada Sistem Prediksi Pigmen Tanaman, Malang: Universitas Ma Chung, 2021.
- [5] Afifi, M., Price, B., Cohen, S., Brown, Michael S., When Color Constancy Goes Wrong: Correcting Improperly White-Balanced Images, pp.1-10, 2019.
- [6] Afifi, M., Brown, Michael S., Deep White-Balance Editing, Computer Vision Foundation, pp.1397-1406, 2020.
- [7] Pipara, A., Oza, U., Mandal, S., Underwater Image Color Correction Using Ensemble Colorization Network, pp. 2011-2020, 2021.