**ANALISIS PENGARUH RUANG WARNA TERHADAP AKURASI PENGUKURAN KADAR PIGMEN FOTOSINTESIS DENGAN MENGGUNAKAN CNN TERHADAP PERMASALAHAN *COLOR CONSTANCY***

#### **1)Adn Agung Rochman Arifin , Kestrilia Rega Prilianti2), Mochamad Subianto)**

#### 1,2,3Prodi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi,Universitas Ma Chung

Jl. Villa Puncak Tidar N-01, Malang

E-mail: 1aragungadn1414@gmail.com, 2kestrilia.rega @machung.ac.id,

3mochamad.subianto @machung.ac.id

**Abstraksi**

Estimasi nilai kadar pigmen fotosintesis daun dapat dilakukan menggunakan spektrofotometer dan pengolahan citra digital dari citra daun dengan model komputasi. Pada metode pengolahan citra digital, model yang digunakan bermacam-macam seperti *neural network,* CNN, dan regresi linear. Dalam penelitian ini akan dianalisa pengaruh berbagai macam ruang warna dan setelan *preprocessing* *inpaint* terhadap akurasi model CNN dalam mengukur kadar pigmen fotosintesis daun. Ruang warna yang dujicobakan dengan mempertimbangkan fenomena *color constancy* adalah 4 ruang warna tunggal RGB, HSV, LAB, dan YCbCr, serta 6 ruang warna kombinasi RGB+HSV, RGB+LAB, RGB+YCbCr, HSV+LAB, HSV+YCbCr, dan LAB+YCbCr. Kemudian data dibagi menjadi dua yaitu melalui *preprocessing inpaint* dan tidak. Setelah proses pelatihan model, dilakukan pengamatan terhadap nilai akurasi yaitu MAE latih dan MAE validasi tiap model. Didapatkan 3 jenis data masukan yang direkomendasikan sebagai data masukan yaitu RGB+LAB tanpa *inpaint*, RGB dengan *inpaint*, dan LAB+YCbCr tanpa *inpaint* dengan nilai MAE validasi model 0.08761, 0.09252, dan 0.09288.

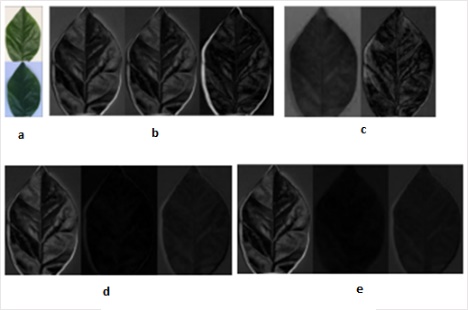
**Kata kunci:** Estimasi Pigmen Fotosintesis*, CNN, Color Constancy, Color Space, Inpaint, P3Net.*

***Abstract***

*Leaf’s photosynthesis pigment value estimation can be done by using spectrophotometer and digital image processing from leaf digital image using computational model. For digital image processing method, there are various models that are used, such as neural network, CNN, and linear regression. In this research, the effect of color spaces and inpaint preprocessing configuration on CNN model’s accuracy in measuring of leaf’s photosynthesis pigment value will be analyzed. The color space that will be experimented with respect to color constancy phenomenon are 4 single color spaces which are RGB, HSV, LAB and YCbCr, and 6 combination color spaces which are RGB+HSV, RGB+LAB, RGB+YCbCr, HSV+LAB, HSV+YCbCr, dan LAB+YCbCr. Then, the data is classified into 2 types which are data that is processed with inpaint and the opposite. After the model training process, observation on accuracy value based on each model’s train MAE and validation MAE is conducted. RGB+LAB non-inpaint, RGB non-inpaint, and LAB+YCbCr non-inpaint are the three recommended types of input data with MAE validation value 0.08761, 0.09252, and 0.09288.*

***Keywords:*** *CNN, Color Constancy, Color Space, Inpaint, P3Net, Photosyntesis Pigment Value Estimation.*

**Pendahuluan**



Gambar 1 Selisih komponen ruang warna RGB (b), HSV (c), LAB(d), dan YCbCr (e) dari citra original dengan pencahayaan berbeda (a)

Metabolisme tanaman dilakukan dalam proses kimia yang bernama fotosintesis dengan memunculkan reaksi kimia menggunakan energi cahaya yang mengolah karbon dioksida dan air kemudian menghasilkan glukosa yang digunakan sebagai energi untuk metabolisme tanaman dan zat buangan berupa oksigen (Leegood, Sharkey, & Caemmerer, 2014). Dalam proses fotosintesis tanaman terdapat molekul-molekul pigmen yang bertanggung jawab terhadap penyerapan energi cahaya untuk reaksi kimia yaitu, klorofil dan karotenoid. Energi cahaya ada yang diserap digunakan untuk mendukung proses fotosintesis sedangkan energi cahaya yang dipantulkan menimbulkan efek warna pada tanaman yang terbatas pada panjang gelombang energi cahaya yang dipantulkan. Pigmen klorofil merupakan pigmen hijau yaitu pigmen yang memantulkan spektrum warna hijau. Untuk pigmen karotenoid, spektrum cahaya yang dipantulkan meliputi spektrum warna merah, oranye, dan kuning (Speer, 1997).

Pengukuran kadar pigmen pada tumbuhan pada umumnya dapat dilakukan dengan ekstraksi laboraturium menggunakan analisa spektrofotometrik yang mengukur nilai absorbansi dan reflektansi larutan pigmen daun, atau menggunakan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Kekurangan dari kedua metode pengukuran tersebutadalah waktu yang dibutuhkan relatif cukup lama, memerlukan biaya mahal, dan bersifat desktruktif yaitu daun harus dihancurkan untuk diekstrak pigmennya (Croft & Chen, 2017). Maka dari itu diperlukan suatu metode pengukuran kadar pigmen tanaman yang mudah, cepat, murah, dan akurat.

Metode yang ditawarkan adalah pengukuran pigmen menggunakan citra digital yang diambil menggunakan kamera *smartphone* yang kemudian diproses menggunakan metode *deep learning* yang menghasilkan estimasi kadar pigmen dari daun. Sudah ada penelitian sebelumnya dari Prilianti, dkk (2018) yang membahas tentang pengukuran kadar pigmen (klorofil, karotenoid, antosianin) pada tanaman menggunakan citra digital dan *deep learning*, namun penelitian hanya sebatas 1 jenis ruang warna yaitu RGB (*Red, Green, Blue*). Maka dari itu, penelitian ini merancang sistem pengukuran kadar pigmen tanaman dengan citra digital dan *deep learning* dengan menggunakan kombinasi beberapa ruang warna berbeda yaitu RGB, HSV (*Hue, Saturation, Value*), LAB, dan YCbCr sebagai input.

Implementasi ruang warna yang berbeda mempertimbangkan pengaruh fenomena *color constancy* yaitu objek dibawah iluminasi yang berbeda terhadap akurasi pengukuran. Pertimbangan pemilihan ruang warna didasarkan oleh pengaruh pencahayaan terhadap objek dengan iluminasi berbeda. Selain itu, terdapat warna putih pada citra daun yang merupakan refleksi cahaya permukaan daun.

Perbedaan ruang warna dan keberadaan refleksi cahaya putih pada citra daun menjadi perbandingan yang dianalisa untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil akurasi dari CNN sehingga dapat didapatkan informasi ruang warna yang paling baik terhadap fenomena *color constancy* dan refleksi cahaya putih oleh permukaan daun untuk perancangan sistem pengukuran kadar pigmen menggunakan citra digital dan *deep learning* yang baik.

**Tinjauan Pustaka**

1. **Model Ruang Warna**

Model ruang warna yang digunakan RGB (*Red, Green, Blue*), HSV (*Hue Saturation, Value*), LAB (*Luminence,* A, B), YCbCr. Menurut Ebner (2007), RGB merupakan kombinasi nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru untuk menampilkan sebuah warna. HSV merupakan warna yang komponennya adalah nilai *hue,* nilai *saturation* menunjukan menunjukan intensitas minimum dan maksimum stimulus RGB, dan nilai *value* yang menunjukan menunjukan intensitas maksimum dari komponen warna *red, green,* dan  *blue.* Model ruang warna LAB merupakan model ruang warna yang didefinisikan oleh CIE yang terdiri dari *luminance* (L), dan dua *channel* warna (a dan b). Model ruang warna YCbCr pada dasarnya adalah hasil perkalian matrik berisi nilai konstan dikalikan dengan matriks nilai ruang warna RGB. Y pada YCbCr merupakan nilai *luminance*.

1. **Color Constancy**

Menurut Geusebroek dkk. (2013), *color constancy* adalah suatu fenomena pada persepsi penglihatan manusia yang mengoreksi cahaya warna pantulan dari suatu objek dibawah sumber iluminasi yang berbeda-beda.

1. **Metode Inpaint Navier Stokes**

Menurut Bertalmio dkk (2010), metode inpainting adalah proses untuk mengisi data yang hilang pada area yang ditentukan pada citra atau video. Penggunaanya mencakup penghilangan suatu objek dari sebuah citra yang berupa retakan, kotoran, atau elemen sejenis agar citra terlihat diperbaiki dari pengamat. Pada metode *inpainting* Navier-Stokes, proses inpainting melibatkan persamaan *Navier-Stokes* untuk *incompressible fluid* sebagai penentuan arah dari operasi smoothing citra.

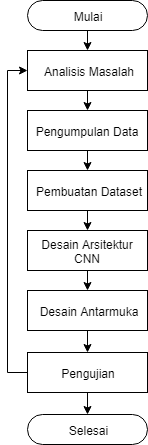
Prinsip dasarnya adalah operasi inpainting bergerak mengikuti tepian area yang diketahui menuju ke area yang tidak diketahui. Algoritma ini meneruskan *isophote* sambil mencocokan vektor-vektor gradien pada batas dari area inpainting. Penentuan arah *isophote* mengimplementasikan konsep dinamika fluida. Arah *Isophote* yang dimaksud pada konteks pemrosesan citra menggunakan metode *inpainting* Navier Stokes adalah arah dari nilai warna dari area yang dibatasi dengan area lain dengan nilai warna yang berbeda. Kemudian dilakukan operasi *filling* untuk mengecilkan varian warna pada area menggunakan *anisotropic diffusion*.

1. **CNN**

Menurut Zivkovic (2018), CNN (*Convolutional Neural Network*) merupakan salah satu model *neural network* yang sering digunakan untuk rekognisi citra . Cara kerja CNN meniru cara manusia untuk mengidentifikasi suatu citra objek, yaitu dengan menemukan fitur-fitur unik yang terdapat dalam objek. Pada CNN, fitur-fitur unik dideteksi, pada awalnya fitur-fitur level bawah seperti lekukan dan tepian, kemudian fitur dengan konsep yang lebih abstrak dibangun. Pada dasarnya CNN menggunakan *neural network* standar namun juga menggunakan lapisan-lapisan lain untuk menyiapkan data dan mendeteksi fitur-fitur tertentu. Komponen CNN adalah lapisan konvolusi yang berfungsi untuk mendapatkan fitur-fitur dari data masukan, lapisan non-linear, lapisan *pooling* untuk mengurangi ukuran spasial data, lapisan *flattening* untuk mengubah dimensi data menjadi 1 dimensi, dan lapisan *fully connected* sebagai *neural network* yang berisi node-node yang berisi parameter yang terus diubah hingga dapat memberikan keluaran dengan akurasi tertentu.

**Metode Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan 6 tahapan. Tahapan pertama adalah analisa masalah yang menjadi dasar dari penelitian. Tahap kedua merupakan pengumpulan data yaitu pengumpulan data citra daun beserta kadar pigmen dari daun pada citra. Tahapan ketiga adalah pembuatan dataset, yaitu pengolahan data yang didapat pada tahapan kedua sehingga menjadi berbagai jenis data sebagai dataset pelatihan model. Tahapan ketiga adalah perancangan arsitektur model CNN yang digunakan dalam penelitian. Tahapan kelima adalah pembuatan antarmuka untuk memudahkan proses observasi dari hasil percobaan pada penelitian. Tahap keenam adalah tahap pengujian yaitu observasi dari hasil percobaan yang dilakukan dan meraih kesimpulan dari hasil pelatihan dan *user feedback* untuk antarmuka aplikasi penelitian.



Gambar 2 Alur penelitian

1. **Analisis Masalah**

Metode pengukuran pigmen fotosintesis pada tanaman terbagi menjadi dua jenis yaitu destruktif menggunakan spektrofotometer UV-Vi dan non-destruktif menggunakan spektrofotometer optik. Untuk metode non-destruktif, cara lain dapat dicapai dengan menggunakan analisa citra digital menggunakan program komputer yang dapat menjadi metode yang lebih murah dan cepat jika dibandingkan dengan metode lain.

Pengukuran kadar pigmen menggunakan citra digital melibatkan data warna dari citra sehingga pemilihan ruang warna memiliki dampak pada proses pengolahan data yang disebabkan oleh perbedaan nilai dari tiap-tiap ruang warna. Selain itu, perbedaan pola nilai warna pada citra dapat terjadi karena fenomena *color constancy* dan fenomena refleksi cahaya putih dari permukaan daun. Hipotesis yang akan diuji adalah jenis ruang warna selain RGB dapat memberikan pola yang konsisten terhadap fenomena *color constancy*.

Maka dari itu dilakukan analisa dampak dari ruang warna berbeda terhadap akurasi model CNN untuk mengestimasi kandungan pigmen di dalam daun. Selain itu dilakukan *preprocessing* untuk data citra daun yang memiliki refleksi cahaya putih pada permukaan.

1. **Tahapan Pengumpulan Data**

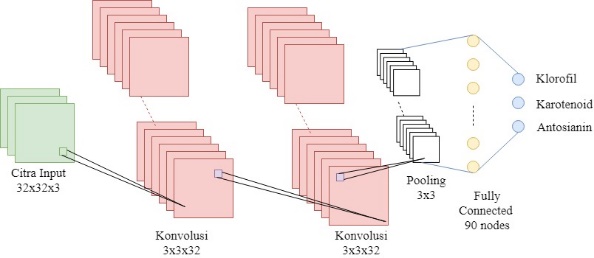
Data yang dikumpulkan adalah 212 data citra daun beserta kandungan pigmen fotosintesis dari tiap-tiap objek daun pada citra yang dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Prilianti (2018). Tanaman yang digunakan dalam pengumpulan data citra daun adalah *piper betle, jasminum, syzigium oleina,* dan *graphtophyllum pictum*. Metode yang digunakan untuk perolehan data dibagi menjadi 2 langkah. Langkah pertama adalah akuisisi data citra daun menggunakan kamera digital *smartphone*. Langkah kedua adalah pengukuran kadar pigmen fotosintesis yang melalui tahap persiapan sebelum dimasukan pada spektrofotometer UV-vis.

1. **Pembuatan Dataset**

Pembuatan Dataset dilakukan pada data nilai kadar pigmen fotosintesis daun dan data citra daun. Pada data nilai kadar pigmen fotosintesis, proses yang dilakukan adalah operasi normalisasi untuk memperkecil *magnitude* data. Pada data citra dilakukan 3 tahapan *preprocessing.* Tahap pertama yaitu penghilangan refleksi cahaya putih pada permukaan menggunakan *inpaint*. Tahap kedua yakni, pembuatan kombinasi *channel-channel* ruang warna RGB, HSV, LAB, dan YCbCr yang pada prosesnya dilakukan dengan menguraikan *channel-channel* atau matriks ruang warna kemudian dimanipulasi menjadi kombinasi ruang warna. Tahap ketiga yakni proses augmentasi data yaitu suatu proses yang menambah jumlah dataset dengan memberikan berbagai macam manipulasi data citra sebelumnya seperti memperkecil, dan membalik orientasi gambar. Dalam proses pembuatan dataset citra, proses manipulasi citra dilakukan dengan menggunakan *library* Python OpenCv.

1. **Desain Arsitektur CNN**

Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian adalah arsitektur CNN P3Net dari penelitian Prilianti (2018). Arsitektur CNN P3Net terdiri dari 2 lapisan konvolusi dengan 32 filter kernel berukuran 3x3 dan *activation function* ReLu, lapisan *pooling*, lapisan *flattening*, lapisan *dense* dengan 90 *node* serta *activation function* sigmoid, dan lapisan *dense output* dengan 3 *node* serta fungsi aktivasi LeakyReLu. Gambar 3 menunjukan rancangan arsitektur CNN model P3Net. Pada model CNN yang digunakan dalam penelitian, *loss function* yang digunakan adalah *mean squared error* dan *optimation function* yang digunakan adalah Nesterov Adam. Pada proses perancangan arsitektur CNN, *library* Pythonyang digunakan adalah Keras.



Gambar 3 Arsitektur model CNN P3Net

1. **Desain Antarmuka**

Desain antarmuka dilakukan untuk mempermudah proses pelatihan model CNN beserta observasi hasil latihnya. Antarmuka yang dirancang adalah sebuah aplikasi web dengan *backend* Python dan *frontend* menggunakan CSS. Secara *backend* aplikasi web dibangun menggunakan *framework* Flask. Pada mekanisme penyimpanan data, penggunaan *flat file*  untuk menyimpan data pengguna serta, alamat direktori model yang dilatih pengguna beserta hasil akurasi model. Komponen antarmuka yang dirancang terdiri dari halaman “Latih Model” untuk melakukan proses pelatihan model CNN, halaman “Estimasi” untuk proses estimasi kadar pigmen fotosintesis citra daun yang diberikan oleh pengguna, serta halaman “*Record”* yang menyajikan data akurasi model dari proses latih sebelumnya serta visualisasi perbandingan akurasi berdasarkan ruang warna yang digunakan.

1. **Pengujian**

Pengamatan dari hasil percobaan dilakukan melalui pengajuan performa model-model CNN yang dibedakan dengan jenis data latih. Perbedaan data latih merupakan perbedaan kombinasi *channel* ruang warna dari citra daun. Pengamatan hasil akurasi dihitung berdasarkan nilai MAE dari hasil estimasi model CNN terhadap data validasi. Dari hasil pengujian, dapat ditemukan kombinasi ruang warna terbaik untuk mengatasi fenomena *color constancy* dan bagaimana dampak *preprocessing* refleksi cahaya putih pada permukaan daun terhadap akurasi model CNN P3Net.

Pengujian antarmuka dilakukan dengan pengamatan terhadap data *user feedback* yang memperhatikan aspek-aspek kualitas sebuah aplikasi web. Aspek-aspek yang dicakup adalah tema warna aplikasi web, tampilan dan pengaturan komponen pada web, kejelasan informasi pada aplikasi web, alur penggunaan aplikasi web, kemudahan proses *input*, fungsionalitas aplikasi web, kemudahan penggunaan fitur aplikasi web.

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian didapat dengan pengamatan hasil akurasi model CNN yang pembahasannya diurutkan berdasarkan jenis data ruang warna sebagai masukannya untuk mengetahui ruang warna yang direkomendasikan sebagai masukan.

1. **Ruang Warna Tunggal Non-Inpaint**

Dari data yang didapat ditunjukan bahwa dua ruang warna dengan nilai MAE validasi model terkecil adalah RGB dan LAB dengan nilai MAE validasi yaitu 0.10115 dan 0.10221. Maka dari itu ruang warna tunggal tanpa proses *inpaint* yang direkomendasikan untuk data masukan dalam penggunaan CNN sebagai metode estimasi kadar pigmen adalah ruang warna RGB dan LAB yang merupakan ruang warna dengan hasil nilai MAE validasi model terkecil.

1. **Ruang Warna Kombinasi Non-Inpaint**

Dari data yang didapat ditunjukan bahwa dua ruang warna model dengan nilai MAE validasi terkecil adalah RGB+LAB dan RGB+YCbCr. Maka dari itu ruang warna yang direkomendasikan untuk data masukan dalam penggunaan CNN sebagai metode estimasi kadar pigmen adalah ruang warna RGB+LAB dan RGB+YCbCr. Nilai MAE validasi dari ruang warna RGB+LAB adalah 0.09820, sedangkan untuk ruang warna RGB+YCbCr adalah 0.10089.

1. **Ruang Warna Non-Inpaint**

Dari eksperimen yang dilakukan, tiga ruang warna model dengan nilai MAE validasi model terkecil adalah ruang warna RGB+LAB, RGB+YCbCr, dan RGB dengan nilai 0.09820, 0.10089, dan 0.10115. Maka dari itu, tiga ruang warna tanpa proses *inpaint* yang direkomendasikan menjadi data masukan CNN sebagai metode estimasi kadar pigmen daun adalah RGB+LAB, RGB+YCbCr, dan RGB.

1. **Ruang Warna Tunggal Dengan Inpaint**

Dari hasil eksperimen latih model CNN menggunakan ruang warna kombinasi dengan proses *inpaint*, dua ruang warna model dengan nilai validasi MAE terkecil adalah ruang warna RGB+YCbCr dan LAB+YCbCr dengan nilai rata-rata MAE validasi 0.09486 dan 0.10239. Maka dari itu, ruang warna yang direkomendasikan untuk data masukan ruang warna kombinasi dengan *inpaint* pada model CNN adalah ruang warna RGB+YCbCr dan LAB+YCbCr.

1. **Ruang Warna Kombinasi Dengan Inpaint**

Dari hasil eksperimen dapat diketahui bahwa tiga ruang warna dengan nilai akurasi MAE ruang warna dengan proses *inpaint* yang terkecil adalah RGB+YCbCr, RGB, dan LAB+YCbCr dengan nilai akurasi MAE yaitu 0.09486, 0.09696, dan 0.10239. Maka dari itu, ruang warna dengan proses *inpaint* yang direkomendasikan adalah RGB+YCbCr, RGB, dan LAB+YCbCr.

1. **Hasil Terbaik Dari Keseluruhan Ruang Warna**

Hasil eksperimen menunjukan bahwa 3 jenis data masukan model CNN estimasi kadar pigmen dengan nilai rata-rata MAE validasi terkecil adalah ruang warna RGB+YCbCr dengan *inpaint* dengan nilai rata-rata MAE validasi 0.09486, RGB dengan *inpaint* dengan nilai rata-rata MAE validasi 0.09696, dan RGB+LAB tanpa *inpaint* dengan nilai rata-rata MAE validasi 0.09820. Dari hasil yang didapat, ruang warna yang direkomendasikan yaitu RGB+YCbCr dengan *inpaint*, RGB dengan *inpaint*, dan RGB+LAB tanpa *inpaint*.

Dari hasil yang didapat, ruang warna dengan karakteristik yang mempertimbangkan elemen pencahayaan termasuk pada ruang warna yang menghasilkan nilai akurasi yang paling baik. Hal ini dapat dijelaskan dengan hipotesa sebelumnya mengenai hubungan antara bagaimana jenis ruang warna mendapatkan nilai warna dari suatu objek, yaitu pemisahan elemen pencahayaan dengan elemen lainnya seperti “L” (*luminance*) pada LAB atau “Y” pada YCbCR. Pada model ruang warna seperti LAB atau YCbCr, elemen warna selain pencahayaan selalu konsisten dibawah pencahayaan yang berbeda, sehingga dapat mengurangi pengaruh dari fenomena *color constancy*.

Mengenai efek *inpainting* terhadap akurasi model CNN, dengan melihat data nilai MAE latih dan validasi yang ditunjukan dengan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa *preprocessing inpaint* terhadap data citra latih tidak memberikan penurunan yang besar terhadap nilai akurasi. Kesimpulan tersebut didapat dari selisih dari nilai MAE latih maupun validasi antar model dengan data citra yang melalui proses *inpainting* dan tidak melalui proses *inpainting* yang tidak besar. Namun terdapat kesimpulan lain yang berhubungan dengan *preprocessing inpaint*, yaitu nilai akurasi model dengan ruang warna RGB yang melalui proses *inpaint* termasuk dalam kelompok tiga ruang warna dengan nilai MAE validasi terkecil. Dua ruang warna dari kelompok tiga ruang warna dengan nilai MAE validasi terkecil adalah ruang warna RGB+YCbCr dan RGB+LAB yang bersifat mempertimbangkan elemen pencahayaan yang dapat meminimalisir efek dari fenomena *color constancy*, sedangkan RGB tidak mempertimbangkan elemen pencahayaan. Namun dari hasil penelitian, pengaplikasian proses *inpainting* terhadap data citra latih RGB mampu memberikan hasil akurasi yang menyaingi ruang warna yang mempertimbangkan elemen pencahayaan.

Hasil dari penilaian antarmuka aplikasi web, aspek tampilan yang diwakili dengan penilaian tema warna pada *web* dan tampilan dan pengaturan komponen pada *website* mendapatkan penilaian yang baik dari *user* tanpa ada penilaian negatif. Sedangkan untuk aspek fungsionalitas terdapat beberapa hal yang dinilai masih kurang oleh *user* diantaranya adalah kejelasan informasi yang ada pada *website* dengan 2 *user* memberikan penilaian “cukup” dan 1 *user* memberikan penilaian “tidak jelas”, kemudian penilaian terhadap alur penggunaan aplikasi *web* dengan 1 *user* memberikan penilaian “mudah”, 1 *user* memberikan penilaian “cukup” dan 1 *user* memberikan penilaian “sulit”, dan penilaian terhadap kemudahan proses *input* dengan 1 *user* memberikan penilaian “mudah”, 1 *user* memberikan penilaian “cukup” dan 1 *user* memberikan penilaian “sulit”. Sedangkan beberapa hal lain yang mewakili aspek fungsionalitas tanpa penilaian negatif dari *user* adalah fungsionalitas aplikasi *web* dengan 2 *user* memberikan penilaian “baik” dan 1 *user* memberikan penilaian “cukup”, kemudian kemudahan penggunaan fitur aplikasi *web* dengan 1 *user* memberikan penilaian “mudah” dan 2 *user* memberikan penilaian “cukup”. Saran yang diberikan oleh 3 *user* terkait antarmuka aplikasi *web* estimasi kadar pigmen fotosintesis menyinggung aspek tampilan dan fungsionalitas.

Tabel 1 Urutan nilai akurasi terbaik semua model ruang warna dan preprocessing inpaint

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Ruang warna | *Inpaint* | Mean MAE latih | Mean MAE validasi |
| 1 | RGB+YCbCr | yes | 0.05051 | 0.09486 |
| 2 | RGB | yes | 0.05173 | 0.09696 |
| 3 | RGB+LAB | no | 0.05020 | 0.09820 |
| 4 | RGB+YCbCr | no | 0.05033 | 0.10089 |
| 5 | RGB | no | 0.05031 | 0.10115 |
| 6 | LAB+YCbCr | no | 0.06322 | 0.10171 |
| 7 | LAB | no | 0.05738 | 0.10221 |
| 8 | LAB+YCbCr | yes | 0.06761 | 0.10239 |
| 9 | LAB | yes | 0.06606 | 0.10333 |
| 10 | YCbCr | no | 0.06376 | 0.10603 |
| 11 | YCbCr | yes | 0.06489 | 0.11199 |

**Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan yang didapat adalah jenis ruang warna dan setelan *preprocessing* berbeda menunjukan perbedaan nilai akurasi latih serta validasi model CNN. Rekomendasi data masukan tanpa proses *inpaint* dari ruang warna tunggal atau kombinasi yang direkomendasikan adalah ruang warna RGB+LAB, RGB+YCbCr, dan RGB. Rekomendasi data masukan ruang warna tunggal tanpa proses *inpaint* adalah RGB dan LAB. Sedangkan rekomendasi untuk data masukan ruang warna kombinasi tanpa proses *inpaint* adalah RGB+LAB dan RGB+YCbCr. Rekomendasi untuk keseluruhan ruang warna baik ruang warna tunggal atau kombinasi adalah RGB+YCbCr, RGB, dan LAB+YCbCr. Ruang warna tunggal yang direkomendasikan untuk data masukan dengan proses *inpaint* adalah RGB dan LAB. Sedangkan ruang warna kombinasi yang direkomendasikan untuk data masukan dengan proses *inpaint* adalah RGB+YCbCr dan LAB+YCbCr.

Hasil perbandingan seluruh ruang warna dan setelan *preprocessing inpaint* menunjukan bahwaruang warna yang direkomendasikan adalah RGB+YCbCr dengan *inpaint*, RGB dengan *inpaint*, dan RGB+LAB tanpa *inpaint*.

Hasil percobaan yang didapat membuktikan bahwa jenis ruang warna dengan mempertimbangkan fenomena *color constancy* dapat mempengaruhi akurasi dari model CNN P3Net serta memberikan nilai akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan jenis ruang warna yang tidak mempertimbangkan fenomena *color constancy.*

Untuk antarmuka aplikasi *web,* penilaian terhadap aspek tampilan dinilai cukup dan tidak mendapatkan penilaian buruk. Sedangkan dari segi fungsionalitas ada beberapa penilaian yang dibawah cukup yaitu dari kejelasan informasi, alur penggunaan aplikasi *web*, dan kemudahan proses *input*. Untuk aspek fungsionalitas yang terdiri dari fungsionalitas aplikasi *web,* dan kemudahan penggunaan fitur aplikasi *web* mendapatkan penilaian cukup dan di atas cukup.

Terdapat dua saran yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Saran pertama adalah pengembangan metode *preprocessing* *inpaint* yang digunakan agar dapat lebih optimal dalam memperbaiki warna mengkilat dari citra daun. Saran kedua yakni, jarak antar nilai MAE latih dan MAE validasi diperkecil sehingga tidak terjadi *overfitting*.

**Daftar Pustaka**