

Klasifikasi Spesies Anggrek Genus Phalaenopsis Berdasarkan Citra Sepal-Petal Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

1st Adlu Fadilah
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
adlufadilah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Agung Toto Wibowo
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
agungtoto@telkomuniversity.ac.id

3rd Ema Rachmawati
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
emarachmawati@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam studi ini, penulis akan membahas tentang bagaimana kita dapat membedakan Anggrek Phalaenopsis Cornu-cervi dan Phalaenopsis Lamelligera menggunakan citra sepal dan petal dari anggrek tersebut. Penulis menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk membedakan dua Anggrek yang sudah disebutkan sebelumnya, dengan menggunakan arsitektur ResNet50. Tujuan dari studi ini adalah untuk membangun sebuah model *Machine Learning* terbaik untuk mengklasifikasikan Anggrek tersebut, dan menganalisa model yang telah dibuat. Untuk dataset yang digunakan diambil oleh penulis sendiri, yang terdiri dari 192 citra untuk masing-masing bunga, dengan resolusi 500x500. Dari hasil studi yang dilakukan, model berhasil mencapai akurasi, precision, recall, dan f1-score yang cukup baik, dengan menggunakan learning rate bernilai 0.0001.

Kata Kunci: Anggrek, Phalaenopsis, Sepal-petal, Convolutional Neural Network, Citra, Resnet50

Abstract

The purpose of this research are how we can tell the difference between Phalaenopsis Cornu-cervi and Phalaenopsis Lamelligera Orchids using the sepal and the petal of the orchids image. We are going to use Convolutional Neural Network (CNN) to tell the difference between the two, with the ResNet50 architecture. This study has one purpose, which is to build the best Machine Learning model to classify the two and analyze the result of the model. The dataset we used comes from author's own image, which contains 192 images for both orchids, with the resolution of 500x500. This study produce that the different value of learning rate produces different value of accuracy, precision, recall, and f1-score. The best learning rate for this model is 0.0001. Based from this study, the model can achieve acceptable output of accuracy, precision, recall, and f1-score, with 0.0001 as the value of the learning rate.

Keywords: Orchids, Phalaenopsis, Sepal-petal, Convolutional Neural Network, Image, ResNet50

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Anggrek merupakan salah satu tanaman dengan famili terbesar yang bernama Orchidaceae, terdiri dari 800 genus dan tidak kurang dari 30000 spesies [1]. Anggrek juga salah satu tanaman yang nilai jualnya cukup tinggi karena bunga dari anggrek biasanya unik dan indah. Inilah hal yang membuat bunga anggrek berbeda dengan famili bunga yang lain [2]. Bunga anggrek ini terbagi menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian tersebut terdiri dari tiga buah kelopak (sepal), dua buah tajuk bunga (petal), dan satu buah tajuk bunga (petal) yang bernama bibir bunga (labellum), seperti gambar 1. Dari berbagai jenis anggrek yang dibudidayakan di Indonesia, Phalaenopsis merupakan salah satu contoh genus yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Phalaenopsis merupakan genus anggrek yang memiliki 40-60 spesies. Dari sekitar 140 jenis phalaenopsis, 60 di antaranya berada di Indonesia [3]. Anggrek genus Phalaenopsis termasuk anggrek bertipe dingin yang membutuhkan suhu sebesar 13-18°C pada malam hari dan sebesar 18-21°C pada siang hari [4]. Mereka juga butuh penyinaran cahaya matahari yang relatif rendah, dengan lingkungan yang memiliki sirkulasi udara yang baik, lembab, dan teduh [5]. Banyak spesies genus Phalaenopsis yang ciri visualnya hampir sama, sehingga membuat banyak orang sulit membedakan antara spesies satu dengan spesies lainnya. Anggrek dapat dibedakan berdasarkan bentuk, warna, gen, biji, akar, dan juga habitatnya. Untuk mempermudah orang-orang dalam membedakan anggrek yang satu dengan

lainnya, penulis akan mengklasifikasikan anggrek yang akan digunakan berdasarkan spesiesnya, yang dilakukan dengan pengenalan citra.

Anggrek yang akan penulis klasifikasikan adalah phalaenopsis cornu-cervi dan phalaenopsis lamelligera. Alasan penulis menggunakan kedua anggrek tersebut karena keduanya adalah spesies yang berbeda, namun memiliki ciri fisik yang hampir sama, dan masyarakat kurang bisa membedakan keduanya. Pengenalan citra yang akan dilakukan dengan mengolah citra tersebut menjadi sebuah yang akan diklasifikasikan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN), salah satu pengembangan dari Multilayer Perceptron (MLP). Pengklasifikasian citra menggunakan dipilih menggunakan CNN karena CNN dapat menyimpan informasi spasial dari citra yang dapat memberikan hasil terbaik [6]. Penulis akan menggunakan ResNet50, yang merupakan salah satu varian dari ResNet, sebagai arsitektur yang digunakan karena ResNet50 ini bisa memberikan hasil yang cukup baik. Selain itu, penulis juga menggunakan k-Fold Cross Validation, untuk me-generate data validasi dari data training yang sudah dikumpulkan. Pembeda yang penulis gunakan untuk membedakan spesies-spesies anggrek yang nantinya akan diklasifikasikan adalah sepal dan petalnya. Sepal dan petal dapat dibedakan berdasarkan warna dan coraknya.

B. Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, topik yang akan diangkat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana kita bisa mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* agar kita bisa membedakan jenis anggrek yang mirip?
- b. Bagaimana hasil dari model *Machine Learning* yang dibangun?

Adapun Batasan dari permasalahan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Anggrek yang digunakan hanya Anggrek Cornu-cervi dan Lamelligera.
- b. Citra harus berukuran 500x500.
- c. Anggrek harus berada di tengah citra.
- d. Anggrek harus menghadap ke depan di citranya.

C. Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* untuk membedakan jenis anggrek yang mirip.
2. Menganalisa hasil dari model *Machine Learning* yang dibangun.

D. Organisasi Tulisan

Struktur dari penulisan dokumen ini adalah: Bagian 2 membahas studi terkait dengan penelitian ini. Bagian 3 membahas tentang metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, hingga mendapatkan model dan hasil akurasi data uji. Bagian 4 membahas tentang hasil dari data uji yang diujikan ke model yang telah dibuat, dan menganalisa hasil dari model yang dibuat. Dan bagian 5 membahas tentang kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini.

II. KAJIAN TEORI

A. Anggrek

Menurut penelitian [7], penulis penelitian tersebut menjelaskan bahwa untuk melakukan klasifikasi anggrek, kita harus mengumpulkan dataset terlebih dahulu. Ada 30 citra dari setiap jenis anggrek yang digunakan untuk database dari proses klasifikasinya. Citra-citra tersebut di *crop* berdasarkan area yang membedakan tiap jenis anggrek, dimana area tersebut terletak di bagian tengah anggrek. Setelah itu, penulis melakukan *training* dan *testing* terhadap data-data tersebut. Performa validasi terbaik dengan satu *hidden layer* terjadi pada epoch 58. Satu epoch dinyatakan selesai apabila seluruh data telah di *training*, dan di test verifikasinya. Dengan satu *hidden layer*, titik validasi ditemukan setelah melakukan *testing* sebanyak 58 kali, dan validasi terbaik terjadi pada epoch 56. Titik validasi dari tiga *hidden layer* menghasilkan titik validasi terbaik lebih cepat daripada yang lain pada epoch ke-37. Oleh karena itu, ketiga struktur *hidden layer* dapat mencapai persentase yang lebih akurat dibandingkan dengan struktur yang hanya memiliki satu atau dua *hidden layer*.

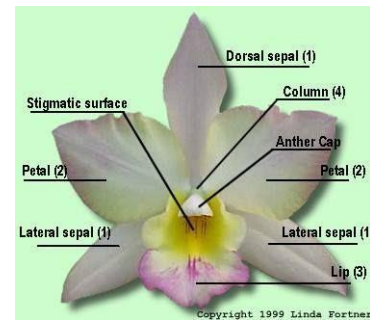
Sementara menurut penelitian [8], penulis penelitian tersebut menjelaskan bahwa tujuan penelitian ini adalah menginvestigasi kemungkinan dalam menggunakan teknik kategorisasi dan klasifikasi objek di bidang industrial dengan data training yang terbatas. Sebagai aplikasi industri dari teknik yang diusulkan, penulis menyelidiki kasus deteksi bunga anggrek dan klasifikasi spesies anggrek di pabrik pengemasan anggrek. Karena variasi warna dan pola yang besar, bunga anggrek cukup sulit dideteksi dengan teknik segmentasi klasik, tetapi menjadi test case yang ideal untuk teknik kategorisasi objek. Karena jumlah data training yang terbatas, penulis membuat sistem yang

hampir tidak memiliki deteksi positif palsu, melainkan menjamin bahwa setiap anggrek yang dideteksi akan menghasilkan deteksi yang akurat. Bunga yang terdeteksi diteruskan ke sistem klasifikasi SVM biner liner yang dilatih mengenai karakteristik visual anggrek. Untuk meningkatkan akurasi, penulis menggabungkan hasil bunga tunggal, menggunakan voting mayoritas. Dengan menggunakan pendekatan ini, penulis membuktikan bahwa kategorisasi dan klasifikasi objek industri dengan akurasi tinggi bisa dicapai walau data trainingnya hanya sedikit.

Selanjutnya, menurut penelitian [9], penulis penelitian tersebut menjelaskan bahwa berdasarkan pembelajaran algoritma yang telah dilakukan, banyak aplikasi yang berkembang pesat baru-baru ini, salah satunya adalah Convolutional Neural Network (CNN). Algoritma CNN ini dapat digunakan secara luas dengan tujuan kategorisasi dan identifikasi citra. Sampai saat ini, masih belum ada Neural Network yang berbasis teknik computing. Dalam penelitian ini, CNN yang berbasis computing berhasil menciptakan sistem yang tingkat akurasinya tinggi. Sistem ini nantinya akan dibandingkan dengan sistem yang sudah ada menggunakan FPGA menggunakan teknik computing mengoptimalkan waktu dan tenaga yang digunakan oleh sistem, dengan akurasi yang lebih tinggi dari implementasi CNN sebelumnya.

B. Phalaenopsis

Phalaenopsis adalah genus dari 70 spesies bunga di dalam famili anggrek. Anggrek dalam genus ini memiliki ciri akar panjang, batang berdaun, pendek, tahan lama, dan kasar. Anggrek genus ini juga memiliki bunga yang tersusun dalam batang berbunga yang berada di ujung. Anggrek genus ini berasal dari Taiwan, Papua, India, China, Australia, dan Asia Tenggara. Tempat mayoritas Phalaenopsis ada di Indonesia dan Filipina. Daun anggrek genus ini tersusun dalam dua baris, kasar dan relatif besar, terkadang berair, dan lonjong hingga elips. Anggrek genus ini ada yang besar, ada yang kecil, tahan lama, pipih, dan kadang disusun sendiri atau menggantung. Sepal dan petalnya berjarak cukup jauh dari satu dan lainnya. Sepal lateral umumnya lebih besar dibanding sepal dorsal dan petal lebih lebar dari sepal [10]. Gambar 1 menunjukkan bagian-bagian dari bunga anggrek.



Gambar 1. Bagian-bagian bunga Anggrek

a. Phalaenopsis Cornu-cervi

Di Indonesia, anggrek ini terdapat di pulau Sumatra, Kalimantan, dan Jawa. Untuk luar negeri, cornu-cervi terdapat di India, Malaysia, Thailand, Laos, dan Myanmar. Anggrek ini termasuk anggrek yang kecil, dengan diameter bunga sebesar 4 cm, dan panjang tangkai bunga antara 10 sampai dengan 45 cm, dengan bunga yang berbentuk bintang dan berwarna kuning [11]. Gambar 2a menunjukkan Phalaenopsis Cornu-cervi.

b. Phalaenopsis Lamelligera

Phalaenopsis Lamelligera merupakan spesies anggrek yang berasal dari pulau Kalimantan. Bunga dari anggrek ini berbentuk bintang, yang terdiri dari 1 sepal dorsal, 2 sepallateral, 2 petal, dan bibir/labellum. Sepal dan petal berwarna kuning dengan motif berbentuk garis atau bercak berwarna coklat kemerahan. Saat ini anggrek Phalaenopsis lamelligera sudah semakin sulit ditemukan di habitat aslinya karena hutan yang menjadi tempat tumbuhnya sudah banyak yang berganti fungsi menjadi lahan perkebunan maupun hutan industri [12]. Gambar 2b menunjukkan Phalaenopsis Lamelligera.



a



b

GAMBAR 2. Phalaenopsis Cornu-cervi (2a) dan Phalaenopsis Lamelligera (2b)

c. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah sebuah metode dalam *deep learning* yang sering dipakai menganalisa citra [13]. Nama dari *Convolutional Neural Network* berasal dari operasi matematika yang disebut konvolusi. *Convolutional Network* adalah jenis jaringan saraf khusus yang menggunakan konvolusi sebagai pengganti perkalian matriks di salah satu lapisannya [14]. Selain untuk menganalisa sebuah citra, CNN juga bisa digunakan untuk menganalisa sebuah video, sistem rekomen [15], dan juga *natural language processing* (NLP) [16]. Dalam menganalisa hal yang sudah disebutkan sebelumnya, CNN menggunakan kesamaan dan pengenalan objek untuk membedakan objek satu dengan objek lainnya. Selain itu, CNN juga bisa memberikan kita akurasi yang cukup tinggi karena proses konvolusi dalam CNN dapat membuat sistem mendeteksi fitur-fitur kunci yang ada dalam suatu citra. Namun, karena itu pula CNN membutuhkan *hardware* yang cukup untuk melakukan semua prosesnya, karena pelatihan model dalam CNN ini relatif lama.

d. Adam

Adam adalah sebuah algoritma *optimizer* yang diklaim simpel dan efisien secara komputasi untuk sebuah model *machine learning* dengan dataset yang besar. Adam dibuat dengan menggabungkan dua algoritma *optimizer* yang sudah ada, AdaGrad dan RMSProp. Algoritma Adam ini tidak sulit untuk di implementasikan dan hanya perlu memori yang relatif rendah. Secara keseluruhan, Adam merupakan algoritma yang kuat dan cocok untuk berbagai macam masalah dalam *machine learning* [17].

e. ResNet

ResNet (*Residual Network*) merupakan sebuah arsitektur dalam *Convolutional Neural Network*. Sesuai namanya, arsitektur ini menggunakan *residual* untuk memecahkan masalah terkait pengoptimalan / degradasi menggunakan jaringan yang lebih dalam dengan membuang beberapa lapisan tertentu. ResNet juga berhasil membuat kinerja model menjadi lebih baik. Selain itu, ResNet juga mampu mengurangi jumlah parameter kompleksitas komputasi, yang merupakan faktor penting dalam pembuatan model [18].

a) ResNet50

ResNet50 merupakan salah satu varian dari ResNet yang menggunakan 50 layer di arsitekturnya, karena itulah arsitektur ini dimana ResNet50. Arsitektur ini memiliki 48-layer konvolusi, 1-layer MaxPool, dan 1-layer Average Pool. ResNet50 ini termasuk salah satu arsitektur yang sering digunakan jika dibandingkan dengan varian ResNet lainnya. Dengan menggunakan set citra validasi dari

ImageNet, ResNet50 hanya mencapai nilai 20.74% top-1 error dan 5.25% top-5 error [18].

f. k-Fold Cross Validation

k-Fold Cross Validation merupakan sebuah algoritma yang dipakai untuk model *machine learning* dengan data sample yang terbatas. Algoritma ini memiliki satu parameter k yang bernilai integer, yang digunakan untuk memisahkan data sebanyak k kali sebagai data validasi. Sebagai contoh, apabila kita memiliki 100 data training dengan k = 5, maka data validasi pada pengulangan pertama akan berjumlah 20 data citra pertama. Di pengulangan kedua, 20 citra selanjutnya (citra ke 21-40) akan menjadi data validasi di pengulangan tersebut, dan begitu pula seterusnya sampai k terakhir.

III. METODE

A. Perancangan Sistem

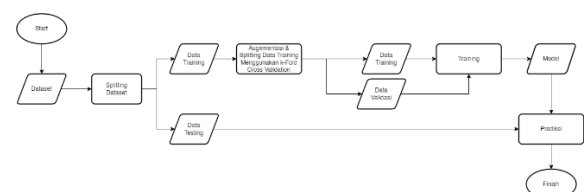
a. Deskripsi Umum Sistem

Bagian ini menggambarkan bagaimana tahapan dalam model yang dibangun. Penelitian ini membahas tentang model *Machine Learning* yang dibangun untuk mengklasifikasi dua angrek yang mirip menggunakan *Convolutional Neural Network*. Sementara arsitektur yang digunakan adalah ResNet50.

Hasil yang diharapkan dari sistem yang dibangun adalah sistem dapat membedakan antara angrek cornu-cervi dan lamelligera jika kita menginputkan citra dari kedua bunga tersebut.

b. Gambaran Sistem

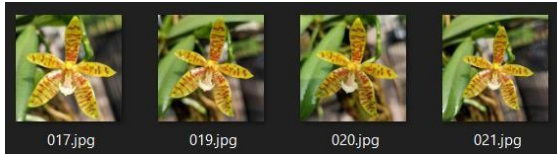
Gambar 3 adalah cara kerja sistem. Pertama, data dipisah menjadi 2 bagian, yaitu data training, dan data test. Lalu, diterapkan augmentasi untuk membuat dataset menjadi lebih variatif, dan splitting data training menggunakan k-Fold Cross Validation. Setelah proses augmentasi selesai, data training dan validasi di training hingga menghasilkan sebuah model, yang akan digunakan terhadap data testing untuk mengklasifikasi angrek.



GAMBAR 3. Gambaran cara kerja sistem.

B. Dataset

Dataset terdiri dari 384 citra, yang dimana masing-masing anggrek memiliki 192 citra. Karakteristik dari dataset ini adalah citra yang telah di *crop* dengan resolusi 500x500. Anggrek harus berada di tengah, dan menghadap ke depan. Contoh dari dataset yang digunakan bisa dilihat di gambar 4 dan gambar 5.



GAMBAR 4. Dataset untuk Anggrek Cornu-cervi



GAMBAR 5. Dataset untuk Anggrek Lamelligera

Dataset dibagi menjadi 2 bagian, yaitu data training dan data testing. Data training masing-masing kelas berjumlah 154 citra, dan data testing masing-masing kelas berjumlah 38 citra.

C. Augmentasi Dataset

Setelah data dibagi menjadi tiga bagian, data di augmentasi dengan tujuan untuk mengubah *input* menjadi format yang dapat dikenali oleh model. Augmentasi yang diterapkan dibagi menjadi empat jenis augmentasi, yaitu *rotation range*, *zoom range*, *horizontal flip*, dan *vertical flip*.

D. Skenario Pengujian

Skenario pengujian untuk penelitian ini dibagi kedalam beberapa langkah. Pertama, membagi citra kedalam tiga bagian, training, validasi, dan testing. Kedua, penulis mengaplikasikan augmentasi seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya ke data training dan validasi. Ketiga, model melakukan training dengan menggunakan layer yang diterapkan dalam penelitian ini. Tabel 1 menunjukkan layer yang digunakan di penelitian ini.

TABEL 1. Arsitektur Model yang dibangun

Layer	Jumlah Unit	Activision
ResNet50	-	-
Flatten	-	-
Dense	512	ReLU
Dense	2	Softmax

Selanjutnya, model melakukan testing terhadap citra yang sudah ditetapkan sebagai data testing, dan sistem akan melakukan prediksi terhadap data testing. Selain itu, di tahap testing ini, model juga akan mengeluarkan *output* berupa nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score*. Lalu, di tahap prediksi, sistem akan mengeluarkan *output* berupa angka dengan range 0-1, dan memberitahu bunga apa yang dipilih sebagai testing.

E. k-Fold Cross Validation

Seperti yang sudah dijelaskan di bagian 2.6, k-Fold Cross Validation ini digunakan untuk generate data validasi dari data training. k yang dipakai di penelitian ini sebanyak 5, dengan jumlah data training sebanyak 308 citra.

F. Precision

Precision adalah kemampuan model untuk tidak memberikan hasil positif di sampel yang negatif. Di model ini, tiap kelas memiliki nilai precisionnya masing-masing. Rumus untuk menghitung precision dapat dilihat di rumus berikut.

$$\frac{tp}{(tp + fp)}$$

tp adalah *true positive*, sementara fp adalah *false positive*.

G. Recall

Recall adalah kemampuan model untuk menemukan semua sampel yang positif. Di model ini, tiap kelas memiliki nilai recallnya masing-masing. Rumus untuk menghitung recall dapat dilihat di rumus berikut.

$$\frac{tp}{(tp + fn)}$$

tp adalah *true positive*, sementara fn adalah *false negative*.

H. F1-score

F1-score adalah rata-rata dari *precision* dan *recall*. model ini, tiap kelas memiliki nilai f1-scorenya masing-masing. Rumus untuk menghitung f1-score dapat dilihat di rumus berikut.

$$\frac{2 * (precision * recall)}{(precision + recall)}$$

I. Hyperparameter

Adapun Hyperparameter yang digunakan di model yang dibangun adalah:

a.Learning rate: 0.001

b.width, height: 224, 224

c.rotation_range: 90

d.zoom_range: 0.5

e.poch: 10

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan training, model berhasil mengeluarkan *output* terhadap training dan validasi. Penulis menggunakan nilai *learning rate* 0.1, 0.01, 0.001, dan 0.0001. Sementara untuk model terbaik, jatuh kepada model fold ke-1 menggunakan nilai *learning rate* 0.0001 dengan akurasi training sebesar 99%, dan akurasi validasi sebesar 100%. Model tersebut digunakan terhadap data testing yang berjumlah 76 citra, 38 citra untuk cornu-cervi dan 38 citra untuk lamelligera. Tabel 2, tabel 3, tabel 4, dan tabel 5 menunjukkan hasil dari akurasi training, validasi, precision, recall, f1-score, dan akurasi testing terhadap masing masing *learning rate*.

TABEL 2. Perbandingan nilai model fold ke-n dengan 0.1 sebagai nilai *learning ratenya*

Mo del Fol d ke-	Akur asi Train ing	Akur asi Vali dasi	Preci sion 0 – 1	Rec all 0 – 1	F1 - sco re 0 – 1	Aku rasi Testi ng
1	88%	96%	97% - 97%	97% - 97%	97% - 97%	97%
2	95%	100%	100% - 97%	97% - 100%	99% - 99%	99%
3	79%	80%	100% - 63%	42% - 100%	59% - 78%	71%
4	48%	62%	92% - 72%	63% - 95%	75% - 82%	79%
5	91%	96%	100% - 86%	84% - 100%	91% - 93%	92%

TABEL 3. Perbandingan nilai model fold ke-n dengan 0.01 sebagai nilai *learning ratenya*

Mo del	Akur asi Train ing	Akur asi Vali dasi	Preci sion 0 – 1	Rec all 0 – 1	F1 - sco re	Aku rasi Testi ng

Fol d ke-					0 – 1	
1	97%	98%	100% - 97%	97% - 100%	99% - 99%	99%
2	84%	88%	76% - 96%	97% - 68%	85% - 80%	83%
3	96%	100%	100% - 90%	89% - 100%	94% - 95%	95%
4	94%	98%	100% - 97%	97% - 100%	99% - 99%	99%
5	97%	98%	100% - 97%	97% - 100%	99% - 99%	99%

TABEL 4. Perbandingan nilai model fold ke-n dengan 0.001 sebagai nilai *learning ratenya*

Mo del Fol d ke-	Akur asi Train ing	Akur asi Vali dasi	Preci sion 0 – 1	Rec all 0 – 1	F1 - sco re 0 – 1	Aku rasi Testi ng
1	95%	98%	100% - 95%	95% - 100%	97% - 97%	97%
2	98%	100%	97% - 97%	97% - 97%	97% - 97%	97%
3	97%	98%	95% - 97%	97% - 95%	96% - 96%	96%
4	98%	100%	100% - 97%	97% - 100%	99% - 99%	99%
5	97%	100%	100% - 97%	97% - 97%	99% - 99%	99%

				100 %	99 %	
--	--	--	--	-------	------	--

TABEL 5. Perbandingan nilai model fold ke-n dengan 0.0001 sebagai nilai learning ratenya

Mo del Fold ke-	Akur asi Training	Akur asi Vali dasi	Preci sion 0 – 1	Rec all 0 – 1	F1 - sco re 0 – 1	Aku rasi Testi ng
1	99%	100 %	100% - 97%	97 % - 100 %	99 % - 99 %	99%
2	98%	100 %	100% - 97%	97 % - 100 %	99 % - 99 %	99%
3	99%	100 %	97% - 97%	97 % - 97 %	97 % - 97 %	97%
4	97%	98%	97% - 95%	95 % - 97 %	96 % - 96 %	96%
5	97%	100 %	95% - 97%	97 % - 95 %	96 % - 96 %	96%

Dari tabel 2, tabel 3, tabel 4, dan tabel 5, bisa kita lihat model fold ke-1 dengan learning rate 0.0001 memiliki nilai terbaik di akurasi training dan akurasi validasi, yaitu 99% dan 100%. Walaupun nilai precision, recall, f1-score, dan akurasi testingnya hampir sama dengan beberapa model lainnya, hanya model inilah yang berhasil mencapai nilai 99% di akurasi training dan testing. Sementara ini, untuk model terburuk jatuh kepada model fold ke-4 dengan learning rate 0.1 dengan nilai akurasi training dan akurasi validasi sebesar 48% dan 62%. Nilai precision, recall, f1-score, dan akurasi testingnya pun termasuk yang paling rendah jika dibandingkan dengan model lainnya.

Dari percobaan dengan learning yang berbeda, bisa dilihat bahwa learning rate dengan nilai 0.0001 dapat memberikan hasil yang terbaik untuk akurasi training, validasi, dan testing jika dibandingkan dengan learning rate nilai yang lain.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah arsitektur ResNet50 berhasil membedakan anggrek phalaenopsis cornu-cervi dan phalaenopsis lamelligera dengan baik. Dengan menggunakan k-Fold Cross Validation, nilai akurasi tertinggi dapat diraih dengan nilai 99% pada model ke-1, dengan akurasi training sebesar 99%, akurasi validasi 100%, precision sebesar 100% untuk cornu-cervi dan 97% untuk lamelligera, recall sebesar 97% untuk cornu-cervi dan 100% untuk lamelligera, f1-score sebesar 99% untuk cornu-cervi dan 99% untuk lamelligera.

Sementara itu, saran yang bisa penulis berikan untuk penelitian serupa yang mungkin akan dilakukan adalah, menambah dataset yang diperlukan untuk bunga terkait, dan juga menggunakan arsitektur yang lain yang mungkin bisa menghasilkan nilai yang lebih baik dari nilai akurasi arsitektur ResNet50.

REFERENSI

- [1] Dr. Ir. Livy Winata Gunawan, *Budidaya Anggrek*. Penebar Swadaya, 2005.
- [2] E. Sandra, *Membuat Anggrek Rajin Berbunga*. PT AgroMedia Pustaka, 2006.
- [3] Iswanto, Ir Hadi. *Merawat & Membungakan Anggrek Phalaenopsis*. AgroMedia, 2005.
- [4] D. Widiastoety, *Pembibitan dan Budidaya Anggrek*. Balai Penelitian Tanaman Hias, 1997.
- [5] N. Solvia, *Budidaya Anggrek*. Balai Penelitian Tanaman Hias, 2010.
- [6] Putra, I. W. S. E. *Klasifikasi citra menggunakan convolutional neural network (CNN) pada caltech 101*. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [7] M. M. Sani, S. B. Kutty, H. A. Omar and I. N. M. Isa, "Classification of orchid species using Neural Network," 2013 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, Mindeb, 2013, pp. 586-589, doi: 10.1109/ICCSCE.2013.6720033.
- [8] S. Puttemans and T. Goedemé, "Visual detection and species classification of orchid flowers," 2015 14th IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA), Tokyo, 2015, pp. 505-509, doi: 10.1109/MVA.2015.7153241.
- [9] P. Samudre, P. Shende and V. Jaiswal, "Optimizing Performance of Convolutional Neural Network Using Computing Technique," 2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in

Technology (I2CT), Bombay, India, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/I2CT45611.2019.9033876.

[10] Xinqi Chen & Jeffrey J. Wood (2009). Phalaenopsis

[11] Direktorat Perbenihan Hortikultura. 2012. Anggrek Species Indonesia. Jakarta: Kementrian Pertanian Republik Indonesia

[12] KK Ludy, dan H Fitri. 2021. Anggrek Phalaenopsis lamelligera Sumberdata Genetik Kalimantan.

[13] Valueva, M.V.; Nagornov, N.N.; Lyakhov, P.A.; Valuev, G.V.; Chervyakov, N.I. (2020). "Application of the residue number system to reduce hardware costs of the convolutional neural network implementation". *Mathematics and Computers in Simulation*. Elsevier BV. **177**: 232–243.

[14] Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville (2016). *Deep Learning*. MIT Press. p. 326.

[15] Zhang, Wei (1988). "Shift-invariant pattern recognition neural network and its optical architecture". *Proceedings of Annual Conference of the Japan Society of Applied Physics*.

[16] Zhang, Wei (1990). "Parallel distributed processing model with local space-invariant interconnections and its optical architecture". *Applied Optics*. 29 (32): 4790–7.

[17] Diederik P. Kingma, Jimmy Ba (2015). Adam: A Method for Stochastic Optimization

[18] Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun (2015). Deep Residual Learning for Image Recognition