

IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK KLASIFIKASI TANAMAN TOGA BERDASARKAN CIRI DAUN BERBASIS ANDROID

SLAMET FIFIN ALAMSYAH

Teknik Informatika, Fakultas Teknik
Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia
e-mail : slamet-fifin-alamsyah@student.umaha.ac.id

ABSTRAK

Masih sedikit yang mampu mengenali tumbuhan obat, seperti anak SD, SMP dan SMA, masih banyak yang tidak mengetahui nama dari tumbuhan obat, oleh karena itu penulis melakukan penelitian untuk membuat aplikasi klasifikasi tanaman toga yang mampu mengenali jenis tanaman toga berdasarkan daun hanya dengan menggunakan perangkat mobile yang mana bisa digunakan dengan mudah untuk mengetahui jenis tanaman toga, hanya dengan mengambil foto daun dari tanaman toga dapat diketahui jenis tanaman toga, sehingga dibutuhkan pendekatan untuk menyelesaikan masalah ini. Pendekatan dalam penyelesaian masalah ini menggunakan *machine learning* (ML), salah satu cabang *artificial intelligence* (AI) yang populer, dimana mesin mampu belajar seperti layaknya pikiran manusia. ML sendiri mempunyai bidang keilmuan baru yaitu *deep learning*, dimana mesin mampu melakukan pembelajaran lebih dalam, pada metode *deep learning* ada metode yang cocok digunakan untuk mengklasifikasikan sebuah citra yaitu metode *Convolutional Neural Network* (CNN), kelebihan dari CNN adalah mampu melakukan proses pembelajaran fitur-fitur dari citra secara mandiri yang disebut dengan *feature learning*, berbeda dengan *feature extraction* yang harus mendapatkan fitur-fitur dari citra terlebih dahulu sebelum melakukan klasifikasi. CNN digunakan untuk membedakan jenis tanaman dengan memberikan label dari daun tanaman toga. Pada penelitian ini menggunakan 10 kelas jenis tanaman toga yaitu teh hijau, tapak dewa, sirsak, semanggi, mengkudu, mahoni, kumis kucing, jambu biji, blimbing wuluh, bayam merah, Pengujian terhadap data pelatihan menghasilkan akurasi 75% dan data pengujian menghasilkan akurasi 80%.

Kata kunci: deep learning, *convolution* neural network, tanaman obat, android

PENDAHULUAN

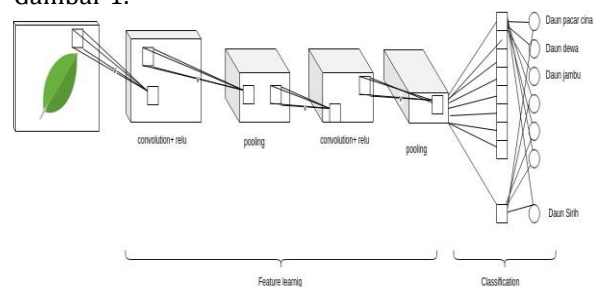
Masih sedikit yang mampu mengenali tumbuhan obat, seperti anak SD, SMP dan SMA masih banyak yang tidak mengetahui nama dari tumbuhan obat, oleh karena itu penulis melakukan penelitian untuk membuat aplikasi klasifikasi tanaman toga yang mampu mengenali jenis tanaman toga berdasarkan daun hanya dengan menggunakan perangkat mobile yang mana anak kecil bisa menggunakannya dengan mudah untuk mengetahui jenis tanaman toga, hanya dengan mengambil foto daun dari tanaman toga dapat diketahui jenis tanaman toga tersebut.

Pengklasifikasian daun dengan mata manusia merupakan hal yang cukup sulit, maka dari itu diperlukan bantuan teknologi komputer menggunakan kecerdasan buatan, permasalahan yang tidak dapat diselesaikan hanya dengan melalui algoritma saja, tetapi harus melalui proses pembelajaran yang berulang-ulang. Salah satu solusi untuk masalah ini adalah dengan menggunakan machine learning sebagai salah satu teknik pembelajaran

Deep learning adalah salah satu bidang dari machine learning, yang mana melakukan pembelajaran lebih dalam dengan banyak lapisan

Feature learning

Feature learning adalah metode dimana proses feature extraction dilakukan secara otomatis dan adaptif oleh model, berbeda dengan teknik lama yaitu *feature engineering* yang digunakan pada machine learning, model *convolutional neural network* (CNN) seperti pada Gambar 1.

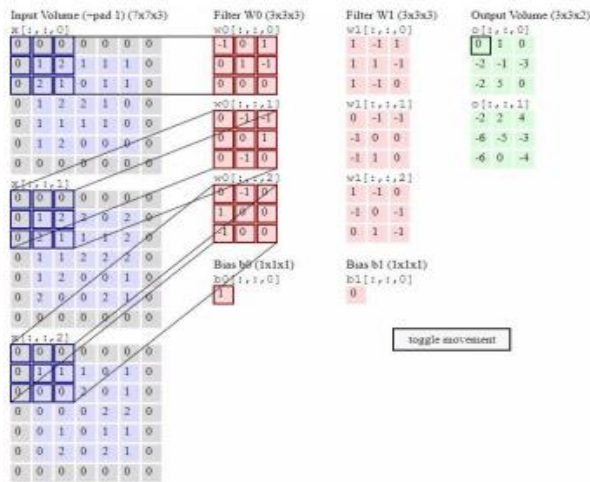


Gambar 1. Arsitektur CNN

Convolution Operation

Deep learning

Operasi konvolusi adalah operasi pada dua fungsi argumen bernilai nyata, contoh konvolusi seperti pada Gambar 2



Gambar 2. konvolusi CNN

operasi konvolusi bisa dilihat pada persamaan 2.

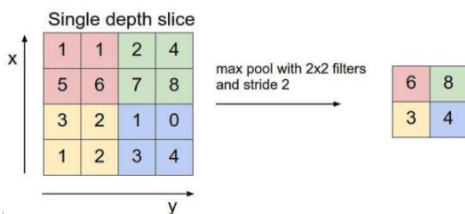
$$s(t) = (x*w)(t) \tag{2}$$

operasi konvolusi yang lebih dari satu dimensi bisa dilihat pada persamaan 3

$$S_{(i,j)} = (K*I)_{(i,j)} = \sum \sum I_{(i-m,j-n)} K_{(m,n)} \tag{3}$$

Pooling Layer

Lapisan *Pooling* digunakan untuk mengurangi ukuran citra. Lapisan *Pooling* yang sering digunakan adalah ukuran 2x2, dan diaplikasikan dengan langkah sebanyak 2, beroperasi pada setiap irisan dari input. Bentuk ini bisa mengurangi *Feature map* dari ukuran asli. *Operasi pooling* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh Operasi Max Pooling

METODOLOGI PENELITIAN

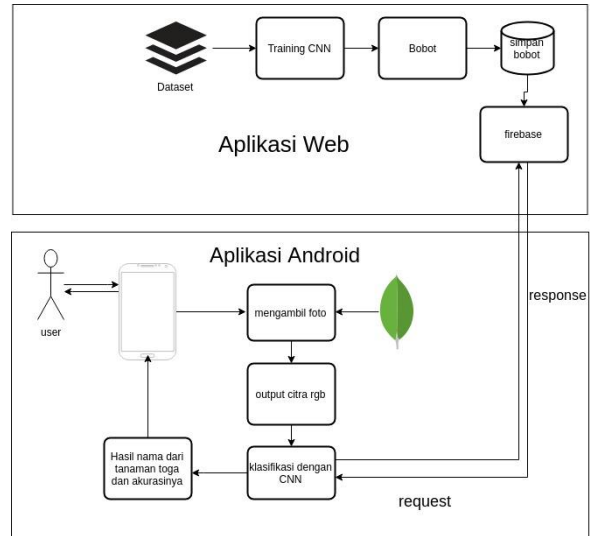
Konsep Proses Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini ada 2 tahapan yaitu perancangan aplikasi web dan aplikasi android, seperti pada Gambar 4,

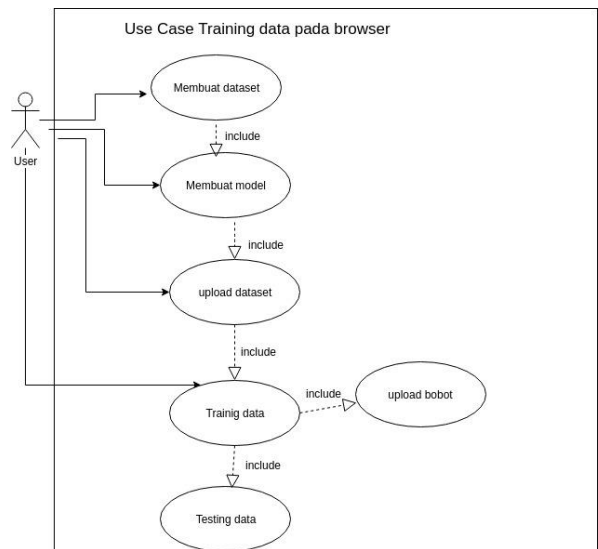
Use case

Terdapat 2 rancangan use case pada penelitian ini, yang terdiri dari :

1. Rancangan *use case* aplikasi web seperti pada Gambar 5, terdapat terdapat 6 *use case* yaitu membuat *dataset*, *upload dataset*, membuat model CNN, pelatihan data, *upload bobot*
2. Rancangan *use case* aplikasi android seperti pada Gambar 6 terdapat 7 *use case* yaitu ambil gambar, kamera, *gallery*, *crop*, klasifikasi, dan hasil.



Gambar 4. Blok Diagram Konsep Sistem



Gambar 5. Use Case Aplikasi Web

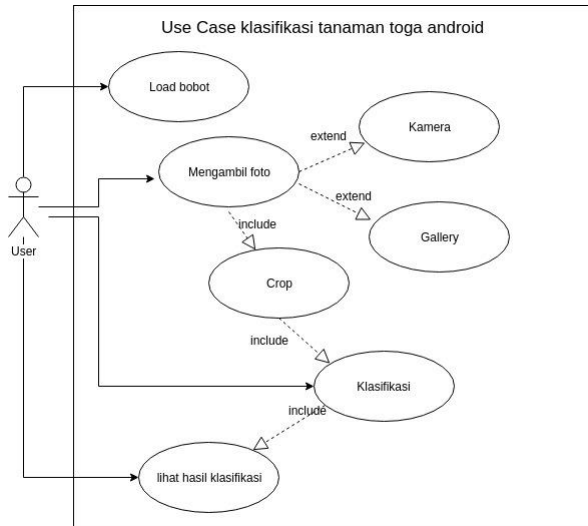
Diagram aktivitas

Diagram aktivitas berfungsi untuk menggambarkan alur implementasi deep learning untuk klasifikasi tanaman toga Berdasarkan ciri daun berbasis android

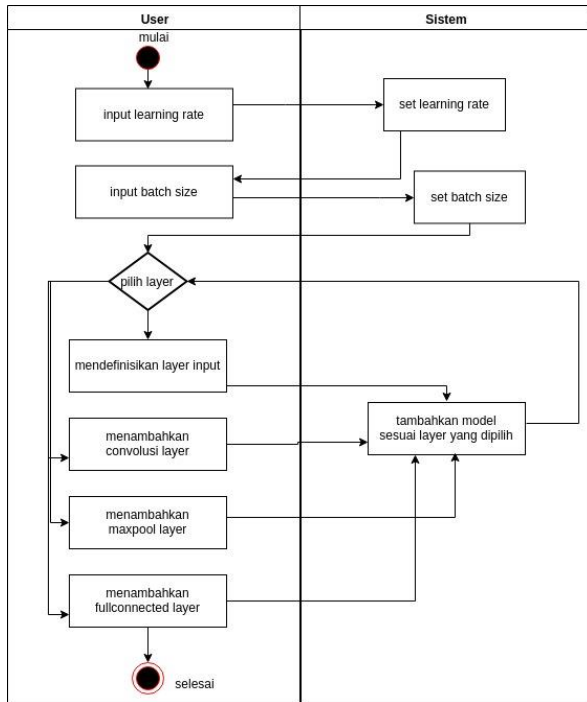
Diagram aktiitas Model convolutional neural network

Model CNN menggunakan parameter-parameter untuk proses pelatihan dan pengujian, terdapat beberapa parameter yaitu learning rate, batch size dan beberapa layer seperti *input layer*,

convolutional layer, maxpool layer, dan fullconnected layer.



Gambar 6. Use Case Aplikasi Android

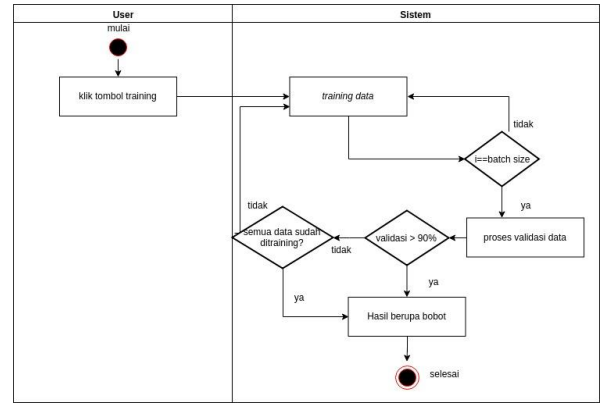


Gambar 7. Activity Diagram Model CNN

Tahap awal adalah pengguna memasukkan *learning rate* dan *batch size* berupa angka, kemudian mendefinisikan *input layer* untuk ditambahkan ke model CNN dan memilih lagi *layer* berikutnya seperti *convolusi layer*, *maxpool layer* dan *fullconnected layer*, seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Activity Diagram Pelatihan Data

Merupakan activity diagram untuk melatih data-data yang telah didapat.

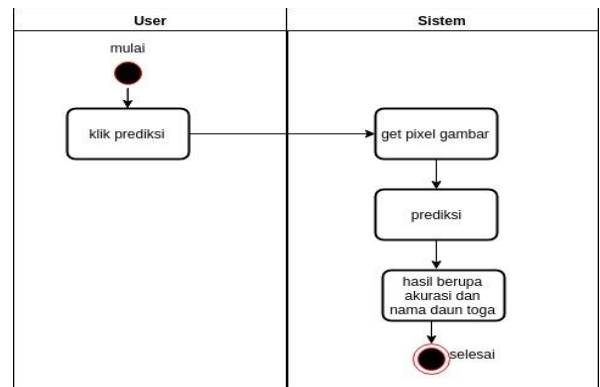


Gambar 8. Activity Diagram Upload Dataset

Setelah dataset sudah diunggah, pengguna bisa melakukan pelatihan dengan klik tombol pelatihan, untuk activity diagram pelatihan data bisa dilihat pada Gambar 8. Setelah pengguna klik pelatihan maka sistem akan melakukan proses pelatihan sebanyak *batch size* yang sudah dimasukkan sebelumnya, pada penelitian ini menggunakan *batch size* 20, jadi setiap 20 data gambar akan dilakukan validasi kemudian dilanjutkan pelatihan sampai gambar sudah dilatih semua, jika gambar sudah dilatih semua maka akan menghasilkan bobot yang berupa file json, file bobot inilah yang akan digunakan untuk tahap pengujian data atau pengenalan tanaman toga.

Activity Diagram Klasifikasi Daun Toga

Activity ini menjelaskan tahap-tahap untuk klasifikasi daun dimulai dari pengguna mengklik tombol prediksi kemudian sistem akan mendapatkan pixel dari gambar tersebut untuk dilakukan prediksi dan mendapatkan hasil berupa akurasi dan nama dari jenis tanaman toga seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Activity Diagram Klasifikasi

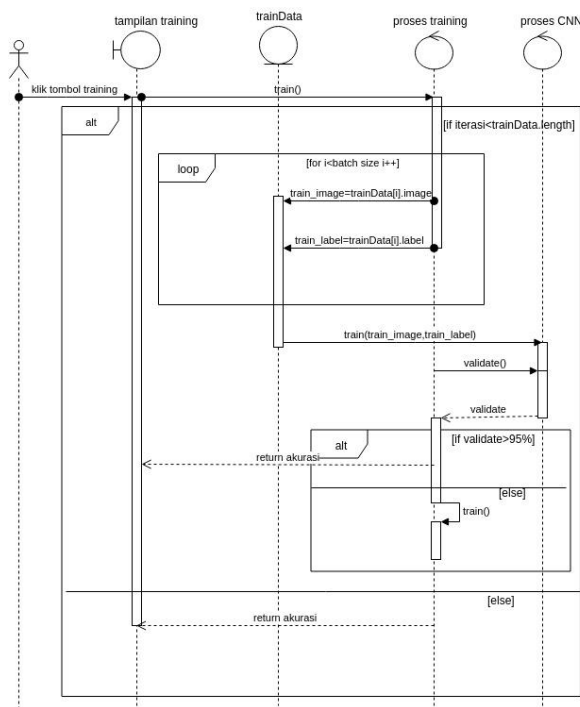
Rancangan Sequence Diagram

Sequence diagram adalah tahap selanjutnya dari activity diagram, jika dalam activity hanya berupa aktivitas dan proses-proses yang dilalui maka sequence diagram lebih menjelaskan kearah untuk pembuatan kode dalam setiap aktivitas

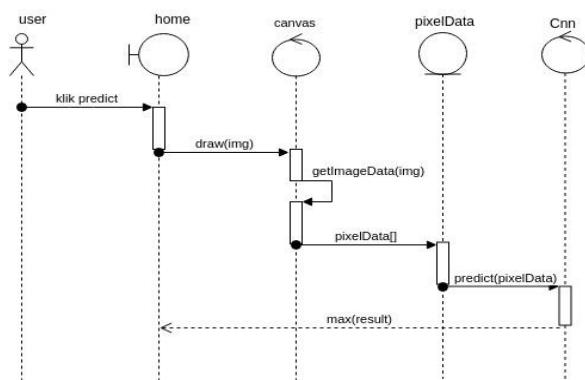
dengan mendefinisikan antara tampilan, struktur data dan proses. Pada rancangan sequence peneliti hanya akan menjelaskan dua sequence diagram yang paling penting dalam penelitian ini yaitu sequence diagram pelatihan data dan sequence diagram pengujian data.

Sequence Diagram Pelatihan Data

Pada Gambar 10 adalah Sequence diagram yang akan menjelaskan proses pelatihan data dimulai dari pengguna mengklik tombol pelatihan pada tampilan, kemudian akan dilakukan proses pelatihan, didalam proses pelatihan dilakukan pengkondisian yaitu jika iterasi kurang dari jumlah data pelatihan maka akan dilakukan pelatihan, jika iterasi lebih dari jumlah data maka akan mengembalikan nilai berupa akurasi.



Gambar 10. Sequence Diagram Pelatihan



Gambar 11. Sequence Diagram Pengujian

Sequence Diagram Pengujian Data

Pada Gambar 11 adalah Sequence diagram proses pengujian yang dimulai ketika pengguna

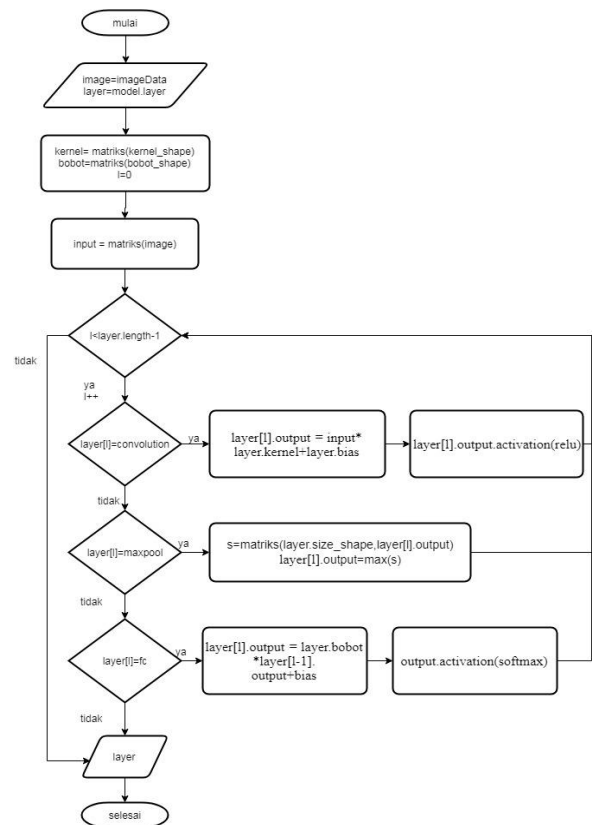
klik prediksi pada tampilan, kemudian gambar akan dimasukkan ke canvas dan diambil pixel data, pixel data digunakan sebagai input untuk melakukan prediksi, hasil prediksi berupa nilai tertinggi dari 10 klasifikasi, kemudian index dari nilai tertinggi tersebut digunakan untuk mendapatkan nama tanaman toga.

Algoritma Convolution Neural Network

Pada bagian ini akan dijelaskan tiga algoritma dalam convolutional neural network yaitu algoritma feed forward, algoritma back propagation dan update bobot menggunakan algoritma gradient descent. Ketiga algoritma tersebut yang digunakan untuk pelatihan, sedangkan untuk pengujian hanya menggunakan algoritma feed forward tanpa back propagation dan update bobot.

Algoritma Feed Forward

Algoritma feed forward merupakan tahap pertama dalam proses pelatihan. Proses ini akan menghasilkan beberapa lapisan untuk mengklasifikasi data citra yang mana menggunakan bobot dan bias yang telah diperbarui dari proses back propagation



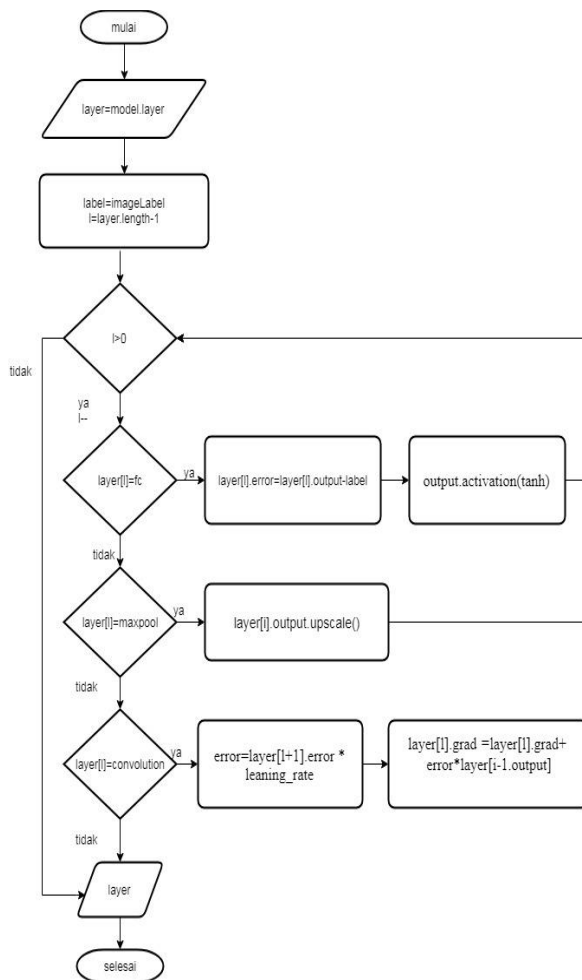
Gambar 12. Algoritma Feed Forward

Pada awal tahap ini bobot yang digunakan merupakan nilai acak. Setelah satu proses pelatihan selesai bobot dan bias akan diperbarui dan digunakan untuk proses pelatihan yang baru. Tahap feed forward juga akan digunakan pada

proses pengujian. Hasil dari *feed forward* berupa bobot yang akan digunakan untuk mengevaluasi proses *neural network*. Proses *feed forward* terdiri dari 4 layer yaitu *input layer*, *convolutional layer 1*, *maxPooling layer 1*, *convolutional layer 2*, *maxPooling layer 2*, *fully connected layer*.

Algoritma Back Propagation

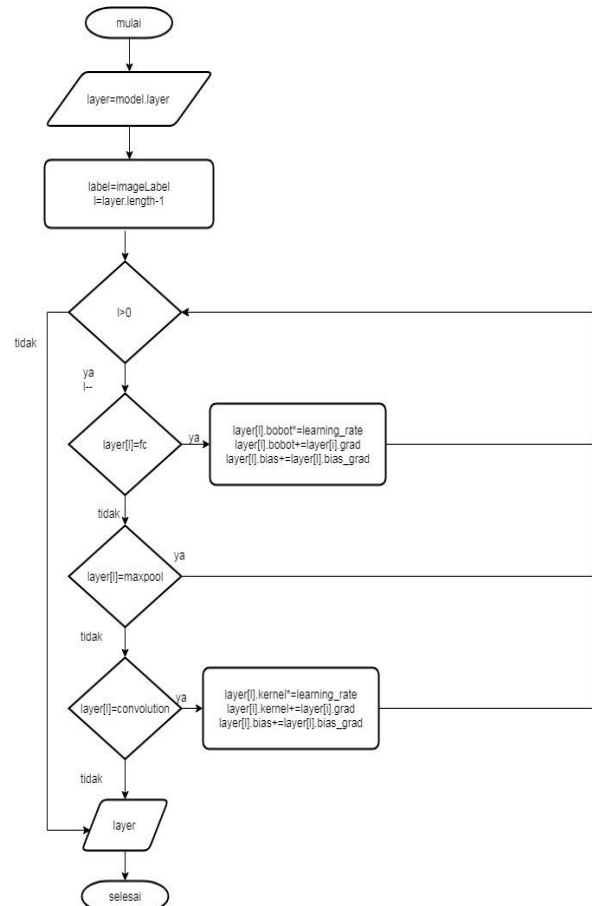
Proses *back propagation* merupakan tahap kedua dari proses pelatihan. Pada tahap ini hasil proses dari *feed forward* di-trace kesalahannya dari lapisan output sampai lapisan pertama. Untuk menandai bahwa data tersebut telah di-trace diperoleh bobot dan bias yang baru.



Gambar 13. Algoritma Back Propagation

Gradient descent

Pada proses penerapan *gradient* untuk jaringan konvolusi merupakan proses untuk memperoleh nilai bobot dan bias yang baru. Hasil dari proses ini akan digunakan untuk proses latihan berikutnya. Proses perhitungan *gradient* termasuk bagian dari proses *back propagation* karena perhitungan cukup panjang maka fungsi ini dipisah dan lebih mudah untuk mengakses dari proses *feed forward*. *Flowchart* proses *gradient* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Gradient descent

IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan perancangan pada bagian sebelumnya maka terdapat gui untuk aplikasi web dan gui untuk aplikasi android, berikut ini penjelasan bagaimana sistem ini bekerja dan disertai dengan *print screen* setiap tampilan.

Implementasi Graphical Pengguna Interface (Gui) Web

Pada Gambar 15 adalah tampilan aplikasi memasukkan parameter model pembelajaran, pengguna dapat memasukkan *learning rate*, *batch*, dan juga parameter-parameter pada *layer input*, *layer convolution*, *layer maxpool*, *layer fully connected* sesuai keinginan pengguna, yang bertujuan sebagai model pembelajaran pada *cnn*.

Setelah proses memasukkan parameter model maka tahap berikutnya adalah pengguna memasukkan *dataset* yang sudah dipersiapkan, untuk tampilan memasukkan *dataset* seperti pada Gambar 16.

Gambar 15. *Input* Parameter Model Pembelajaran

Gambar 16. *Input Dataset*

Terdapat 10 *form input text* untuk memasukkan nama daun toga dan 10 tombol untuk memilih gambar, setiap *input* dan tombol itu berpasangan. Pengguna bisa memasukkan nama tanaman toga pada *input* nama tanaman toga, kemudian klik pilih gambar, maka akan tampil *folder* dari direktori pengguna, pengguna bisa memilih gambar yang sudah dipersiapkan sebelumnya, gambar yang dipilih bisa banyak, jika pengguna menginputkan nama tanaman toga maka pada tombol pengguna harus memilih gambar dari tanaman toga yang dimasukkan.

Jika model dan *dataset* sudah dimasukkan pada aplikasi maka tahap selanjutnya adalah proses pelatihan, untuk memulai proses pelatihan, pengguna bisa mengklik tombol “train”, maka sistem akan melakukan proses pelatihan dan menampilkan data yang sudah dilatih, informasi dari proses pelatihan yang sedang. terdapat 5 informasi yaitu :

1. *Training num* adalah jumlah iterasi dari tiap data yang dilatih

2. *Forward duration* adalah durasi dari proses *feed forward* setiap iterasi
3. *Backward duration* adalah durasi dari proses *back propagation* setiap iterasi
4. *Loss* adalah *loss* dari proses pelatihan setiap iterasi
5. *Accuracy* adalah akurasi dari proses pelatihan setiap iterasi

Gambar 17. Tampilan Informasi Akurasi

Implementasi Graphical Pengguna Interface (Gui) Android

Tampilan awal dari aplikasi android seperti pada Gambar 18, pengguna dapat memilih menu-menu yang terdapat di bagian bawah.



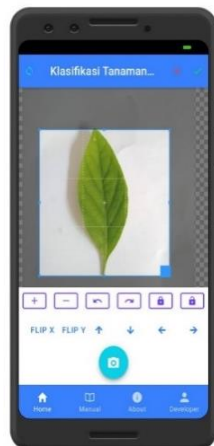
Gambar 18. Tampilan utama aplikasi android

Pada Gambar 19 adalah tampilan ambil gambar, terdapat 2 pilihan yaitu ambil gambar dari kamera dan ambil gambar dari *gallery*, pilih salahsatu untuk mengambil gambar.

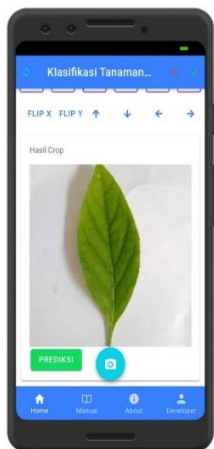


Gambar 19. Tampilan ambil gambar

Pada Gambar 20 adalah tampilan *cropping*, tampilan tersebut muncul jika pengguna sudah mengambil gambar dari kamera atau dari *gallery*.

Gambar 20. Tampilan *cropping* gambar

Pada Gambar 21 adalah tampilan hasil *cropping* dan proses untuk mengenali jenis tanaman toga, pengguna bisa klik tombol prediksi untuk mendapatkan hasil berupa nama dari jenis daun yang ada pada gambar tersebut dan juga tingkat akurasi.



Gambar 21. Tampilan prediksi gambar

Uji Coba Pelatihan Data Pada Aplikasi Web

Uji coba pembuatan model CNN, pembuatan model menggunakan *learning rate* 0.01, *batch size* 20 dan mempunyai beberapa *layer* diantaranya adalah

1. *Input layer* dengan *input* berupa *pixel* gambar, *width* 64 adalah lebar *pixel* dengan ukuran 64, *height* 64 adalah tinggi *pixel* dengan ukuran 64 dan *depth* 3 adalah warna *red, green, blue* (r,g,b).
2. Model konvolusi pertama dengan ukuran kernel 3 adalah lebar dan tinggi kernel berukuran 3x3, sedangkan *filter* 10 adalah banyaknya kernel ada 10 kernel.
3. Model *maxPooling* pertama menggunakan *size* 2 adalah ukuran dari kernel 2x2, sedangkan *stride* 2 adalah pergeseran proses konvolusi sebanyak 2 *pixel* ke sumbu x dan 2 *pixel* ke sumbu y.
4. Model konvolusi kedua dengan ukuran kernel 3 adalah lebar dan tinggi kernel berukuran 3x3,

sedangkan *filter* 10 adalah banyaknya kernel ada 10 kernel.

5. Model *maxPooling* 2 menggunakan *size* 2 adalah ukuran dari kernel 2x2, sedangkan *stride* 2 adalah pergeseran proses konvolusi sebanyak 2 *pixel* ke sumbu x dan 2 *pixel* ke sumbu y.
6. Model *fullconnected* dengan *output* 10 adalah klasifikasi sebanyak 10 jenis tanaman toga.

Uji Coba Klasifikasi Daun Toga pada Aplikasi Android

Pada uji coba menggunakan aplikasi android akan dilakukan pengujian terhadap kebenaran dan kesesuaian dari metode *convolutional neural network* pada sistem yang telah dibuat. Uji coba kebenaran bertujuan untuk menunjukkan bahwa program telah dapat berjalan sebagaimana seharusnya.

Klasifikasi Menggunakan Data Pelatihan

Tabel 1. Klasifikasi Menggunakan Data pelatihan

Nama Daun Toga	Jumlah Data	Sukses	Gagal	Akurasi
Teh Hijau	30 gambar	28	2	93,3 %
Tapak Dewa	30 gambar	16	14	46,6 %
Sirsak	30 gambar	25	5	83,3 %
Mengkudu	30 gambar	27	3	90 %
Mahoni	30 gambar	17	13	56,6 %
Semanggi	30 gambar	20	10	67 %
Kumis Kucing	30 gambar	25	5	83,3 %
Jambu Biji	30 gambar	24	6	80 %
Belimbing Wuluh	30 gambar	17	13	56,6 %
Bayam Merah	30 gambar	30	0	100 %
Total	300 gambar	229	71	76 %

Hasil uji coba bisa dilihat pada Tabel 1 dengan data berhasil diklasifikasi sebanyak 229 dan data gagal diklasifikasi sebanyak 71 maka didapatkan akurasi sebesar $229/300 \times 100 = 76\%$, terdapat beberapa daun yang sulit untuk diklasifikasi yaitu daun tapak dewa, daun mahoni dan daun blimbing wuluh, daun tapak dewa sering diklasifikasikan ke daun jambu, untuk daun mahoni banyak diklasifikasikan ke daun mengkudu sedangkan daun blimbing wuluh sering diklasifikasikan ke daun jambu.

Klasifikasi Menggunakan Kamera

Pengujian pada bagian ini menggunakan kamera *smartphone* dengan data gambar daun sebanyak 100, dengan 10 gambar daun setiap jenis tanaman toga, total sukses diklasifikasi sebesar 80 dan gagal diklasifikasikan sebesar 20 maka hasil

akurasi yang didapat adalah 80% seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Menggunakan Kamera

Nama Daun Toga	Jumlah Data	Sukses	Gagal	Akurasi
Teh Hijau	10 gambar	10	0	100 %
Tapak Dewa	10 gambar	9	1	90 %
Semanggi	10 gambar	7	3	70 %
Mengkudu	10 gambar	8	2	80 %
Mahoni	10 gambar	7	3	70 %
Sirsak	10 gambar	7	3	70 %
Kumis Kucing	10 gambar	8	2	80 %
Jambu Biji	10 gambar	8	2	80 %
Belimbing Wuluh	10 gambar	6	4	60 %
Bayam Merah	10 gambar	10	0	100 %
Total	100 gambar	80	20	80 %

Daun yang sulit untuk diklasifikasi adalah daun mahoni karena sangat mirip dengan daun mengkudu, dan juga daun blimbing wuluh sangat mirip dengan daun jambu sehingga aplikasi sulit mengklasifikasikannya, sedangkan daun teh hijau dan daun bayam merah dapat diklasifikasikan semua dengan benar. Hasil uji coba menggunakan kamera bisa dilihat pada Tabel 2.

PENUTUP

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, diperoleh bahwa model CNN pada penelitian ini menggunakan *input shape* berukuran 64x64, nilai *learning rate* 0.01, ukuran *kernel* 3x3, jumlah *epoch* 300, data training 240 x 5 = 1200, data validasi 60 x 5 = 300 dan data testing sebanyak 100 citra daun toga. Implementasi metode CNN untuk klasifikasi tanaman toga dilakukan menggunakan beberapa layer yaitu *convolution layer 1, maxPooling 1, convolution layer 2, maxPooling 2, fully connected layer*.

Ada dua daun yang sulit diklasifikasikan dengan benar yaitu daun mahoni dan daun blimbing wuluh. Daun mahoni sering diklasifikasikan sebagai daun mengkudu karena ciri daunnya sangat mirip begitu juga dengan daun blimbing wuluh sering diklasifikasikan sebagai daun jambu biji karena ciri daunnya sangat mirip. Terdapat daun yang selalu diklasifikasikan dengan benar dengan akurasi 100% yaitu bayam merah, karena daunnya berwarna merah berbeda dengan daun lainnya yang berwarna hijau sehingga mudah untuk dikenali.

Hasil dari tingkat akurasi validasi yang didapatkan dari model yang terbentuk sebesar 86 % data validasi dan data *testing* didapatkan akurasi

sebesar 80% dalam melakukan klasifikasi tanaman toga.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah jumlah kelas klasifikasi dari tanaman toga. Diharapkan data yang digunakan pada penelitian selanjutnya lebih banyak supaya model bisa mengklasifikasikan setiap jenis tanaman toga dengan lebih baik. Berdasarkan hasil uji coba, memerlukan waktu yang cukup lama untuk memperoleh hasil klasifikasi, oleh karena itu dapat dilakukan pengoptimalan struktur dengan menambahkan algoritma optimasi *swarm* dan juga spesifikasi *hardware* yang lebih besar seperti RAM dan CPU untuk mempercepat proses training agar klasifikasi cepat diperoleh. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan percobaan untuk mendeteksi tanaman toga secara real time.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. N. Arrofiqoh and H. Harintaka, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Tanaman Pada Citra Resolusi Tinggi," *GEOMATIKA*, vol. 24, no. 2, pp. 61–68, 2018.
- [2] Z. Zhang, "Derivation of Backpropagation in Convolutional Neural Network (CNN)," *Univ. Tennessee, Knoxville, TN*, 2016.
- [3] A. Santoso, I. Arif, and M. Hatta, "Pembelajaran Supervised SVM Untuk Identifikasi Obyek Pisau Pada Mesin X-Ray Bandara Juanda," *Nusant. J. Comput. its Appl.*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [4] N. Fajri, "Prediksi Suhu dengan Menggunakan Algoritma-Algorithm yang Terdapat pada Artificial Neural Network." Thesis, Bandung, Indonesia, Institut Teknologi Bandung, 2011.
- [5] K. P. Danukusumo, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Citra Candi Berbasis GPU," Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2017.
- [6] A. Hermawan, "Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi," *Yogyakarta Andi*, 2006.
- [7] I. W. S. E. Putra, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [8] M. Mohri, A. Rostamizadeh, and A. Talwalkar, *Foundations of Machine Learning*. Cambridge: MIT Press, 2012.
- [9] F. S. Ni'mah and T. Sutojo, "Identifikasi Tumbuhan Obat Herbal Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Algoritma Gray Level Co-occurrence Matrix dan K-Nearest Neighbor," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 51–56, 2018.
- [10] T. Nurhikmat, "Implementasi Deep Learning

untuk Image Classification Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) pada Citra Wayang Golek," Universitas Islam Indonesia, 2018.

- [11] Rismiyati, "Implementasi Convolutional Neural Network untuk Sortasi Mutu Salak Ekspor Berbasis Citra Digital," Universitas Gadjah Mada, 2016.
- [12] E. Yusniar and A. Kustiyo, "Identifikasi daun Shorea menggunakan KNN dengan ekstraksi fitur 2DPCA," *J. Ilmu Komput. dan Agri-Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 18-26, 2014.

