



# Perancangan sistem identifikasi penyakit pada daun kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan algoritma *deep learning convolutional neural networks*

## Design of disease detection system on oil palm leaves (*Elaeis guineensis* Jacq.) using deep learning-based convolutional neural networks algorithm

Gusti A.W. Satia, Erick Firmansyah\*, Arif Umami

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Institute of Agriculture STIPER, Yogyakarta, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History

**Received:** March 3, 2022  
**Accepted:** March 26, 2022  
**Published:** March 31, 2022

#### Keywords:

oil palm leaf disease,  
 machine learning,  
 computer vision,  
 precision agriculture,  
 sustainable agriculture.

#### Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2022, 19 (1) 1-10

#### DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v19i1.9556>

#### ABSTRACT

The effectiveness and efficiency of operations are essential in increasing the production and profitability of oil palm plantations. It can be performed through the application of precision farming principles. One of the main obstacles for oil palm to produce optimally according to their potential is disease attacks on leaves. However, the weakness of the manual observation method is the limited ability of the observer in assessing a disease that attacks leaves. Therefore, it is necessary to have a companion system for smallholders to detect and control diseases with minimal environmental impact properly. Most of the visual-based identification efforts in precision agriculture use the concepts of computer vision and machine learning. This study's problem was the need for machine learning and computer vision-based software to identify diseases to realize sustainable oil palm plantation practices. Disease detection includes a description of the name of the disease in oil palm plantations. In this study, designing a disease recognition based on computer vision and machine learning had used the convolutional neural network (CNN). The application used the Android operating system in real-time. The test results on the model showed that the model had been able to predict with an accuracy rate of 85.5%.

#### ABSTRAK

Efektivitas dan efisiensi operasional perkebunan merupakan faktor yang sangat penting untuk meningkatkan produksi dan profitabilitas perkebunan kelapa sawit. Peningkatan efektivitas dan efisiensi operasional dapat dilakukan melalui penerapan prinsip pertanian presisi. Salah satu penghambat utama bagi tanaman untuk menghasilkan produksi optimal sesuai dengan potensinya adalah serangan penyakit pada daun. Meskipun demikian, kelemahan dari metode pengamatan manual adalah keterbatasan kemampuan *observer* dalam menilai suatu penyakit yang menyerang daun. Oleh karena itu, perlu adanya suatu sistem pendamping bagi pekebun sehingga dapat melaksanakan identifikasi dan pengendalian penyakit yang tepat dengan dampak lingkungan yang minimal. Sebagian besar upaya identifikasi berbasis visual pada pertanian presisi menggunakan konsep visi komputer, dan pembelajaran mesin. Permasalahan yang menjadi objek riset ini adalah kebutuhan adanya perangkat lunak berbasis *machine learning* dan *computer vision* untuk melakukan identifikasi penyakit dalam upaya mewujudkan praktik perkebunan kelapa sawit berkelanjutan. Identifikasi penyakit mencakup deskripsi nama penyakit pada perkebunan kelapa sawit. Metode pembangunan sistem rekognisi atau pengenalan jenis penyakit berbasis dalam penelitian ini adalah visi komputer dan pembelajaran mesin menggunakan *convolutional neural network* (CNN). Aplikasi digunakan dengan menggunakan sistem operasi Android secara *real-time*. Hasil pengujian terhadap model menunjukkan bahwa model telah mampu memprediksi dengan tingkat akurasi 85.5%.

\*Corresponding author  
 E-mail: [erick@instiperjogja.ac.id](mailto:erick@instiperjogja.ac.id)

## PENDAHULUAN

Pembangunan sektor perkebunan kelapa sawit merupakan bagian integral dari pembangunan nasional. Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian Bernomor 833/KPTS/SR. 020/M/12/2019, luas lahan kelapa sawit di Indonesia mencapai 16.38 juta hektar yang tersebar di 25 provinsi. Perkebunan kelapa sawit yang dikelola oleh rakyat mencakup 6.2 juta hektar (Auriga, 2019). Identifikasi tantangan yang dilakukan oleh pemerintah menunjukkan bahwa kapasitas SDM pekebun dalam mengelola perkebunan kelapa sawit adalah salah satu penyebab rendahnya realisasi produksi perkebunan kelapa sawit rakyat dibandingkan potensi produksi lahan maupun dengan perkebunan besar swasta.

Perkebunan kelapa sawit merupakan tulang punggung ekonomi bagi 16.2 juta penduduk Indonesia yang bekerja secara langsung maupun tidak langsung di sektor perkebunan kelapa sawit. Pengembangan sektor perkebunan kelapa sawit di Indonesia difokuskan pada upaya pemenuhan persyaratan lingkungan yang menjamin kuantitas dan kualitas produksi kelapa sawit (Ichsan et al., 2021). Peningkatan kapasitas dan kapabilitas pekebun merupakan salah satu tujuan Inpres No. 6 Tahun 2019 tentang rencana aksi nasional perkebunan kelapa sawit berkelanjutan tahun 2019 – 2024.

Efektivitas dan efisiensi operasional perkebunan kelapa sawit merupakan faktor yang sangat penting untuk meningkatkan produksi dan profitabilitas perusahaan kelapa sawit. Peningkatan efektivitas dan efisiensi operasional dapat dilakukan melalui penerapan prinsip pertanian presisi (*precision agriculture*, PA). Pertanian presisi adalah metode pertanian modern yang memanfaatkan teknologi terkini untuk tujuan peningkatan produksi pertanian. Penggunaan teknologi ini membuat produksi tanaman lebih efisien (Saaty & Vargas, 2013). Pertanian presisi juga dikenal dengan istilah Pengelolaan Spesifik Lokasi (*Site-Specific Management*, SSM). Metodologi operasional kebun ini berfokus pada pengelolaan yang berorientasi pada kekhususan suatu lahan serta memastikan bahwa bagian lain yang memiliki kondisi berbeda memperoleh perlakuan yang berbeda pula.

Salah satu penghambat utama bagi tanaman untuk menghasilkan produksi optimal sesuai dengan potensinya adalah keberadaan penyakit pada tanaman kelapa sawit. Penyakit pada tanaman kelapa sawit disebabkan oleh hama dan kekurangan unsur hara. Penyakit pada tanaman kelapa sawit dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan mengurangi hasil pertanian karena menghambat tanaman dalam memperoleh faktor tumbuh (air, cahaya, dan unsur hara) (Maat et al., 2019). Oleh karena itu penyakit tanaman harus diidentifikasi dan diklasifikasikan dengan tepat.

Penyakit pada daun tanaman menyebabkan penurunan produksi besar dan kerugian ekonomi negara. Di sisi lain, pekebun kelapa sawit seringkali memiliki pengetahuan terbatas mengenai jenis penyakit dan metode pengendalian yang tepat. Oleh karena itu, perlu adanya suatu sistem pendamping bagi pekebun sehingga dapat melaksanakan identifikasi dan pengendalian penyakit kelapa sawit yang tepat dengan dampak lingkungan yang minimal. Salah satu langkah penting dalam pengendalian penyakit pada perkebunan kelapa sawit adalah identifikasi jenis penyakit pada daun tanaman kelapa sawit. Dikatakan Harahap et al. (2018) bahwa identifikasi yang tepat adalah setengah jalan untuk pengendalian yang tepat. Selanjutnya hasil identifikasi jenis penyakit tersebut dapat dijadikan dasar penentuan kebijakan penanggulangan hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit yang paling sesuai untuk pengendaliannya. Penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) berpeluang digunakan dalam identifikasi penyakit pada sistem pertanian presisi.

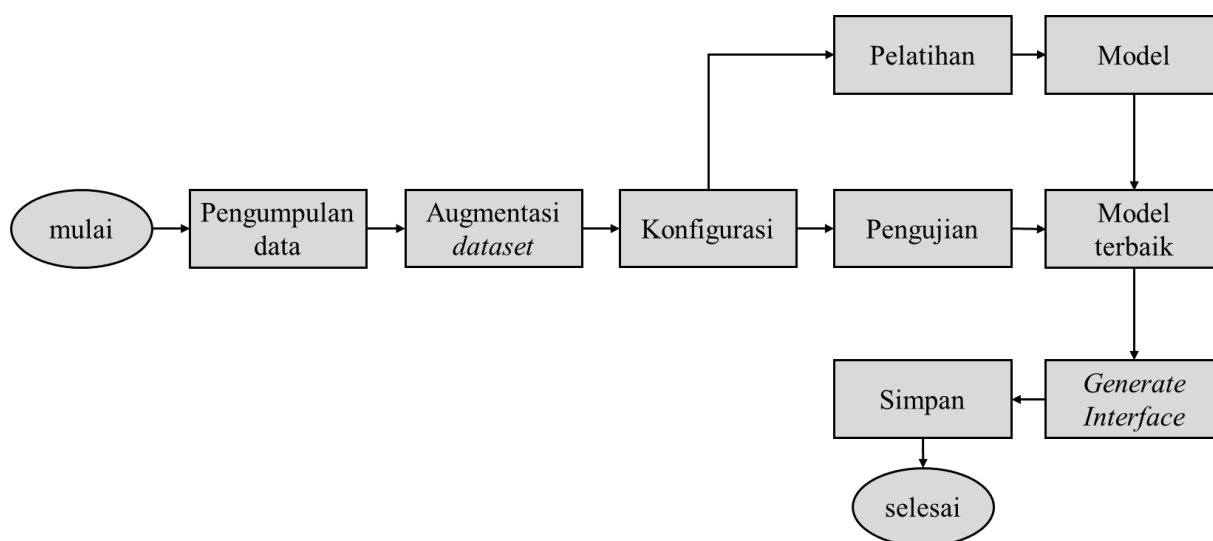
Kecerdasan buatan adalah bidang ilmu komputer yang mencoba membuat komputer mampu meniru perilaku cerdas seperti manusia, seperti menalar, beradaptasi, dan mengoreksi diri. Suatu sistem disebut kecerdasan buatan jika sistem tersebut mampu berkomunikasi dengan pengguna, memiliki pengetahuan dan menyimpannya di suatu tempat, melakukan penalaran berdasarkan pengetahuan yang tersimpan tersebut, dan mampu untuk belajar dari lingkungannya (Firmansyah dan Putra, 2019). Sebagian besar upaya identifikasi berbasis visual pada pertanian presisi menggunakan konsep visi komputer, dan pembelajaran mesin. Kecerdasan buatan, khususnya pembelajaran mesin dan visi komputer adalah bidang penelitian yang berkembang pesat saat ini. Salah satu dari bentuk penerapan kecerdasan buatan adalah

pengenalan objek, dengan memanfaatkan visi komputer. Perlu adanya upaya pengembangan sistem yang mampu melakukan prediksi mengenai jenis gulma serta saran pengendaliannya secara cepat dan akurat.

Pembelajaran mesin dan visi komputer sebagai salah satu elemen pertanian presisi berbasis kecerdasan buatan perlu dikembangkan untuk menjadi salah satu metode dalam upaya peningkatan ketepatan identifikasi penyakit. Sebelumnya telah dilakukan penelitian menggunakan *convolutional neural network* (CNN) dalam mengidentifikasi penyakit pada daun singkong (Sambasivam & Opiyo, 2021), tetapi belum ada penggunaan metode ini dalam mendeteksi penyakit pada daun kelapa sawit. Pengendalian hama dan penyakit merupakan salah satu tindakan pengelolaan kebun kelapa sawit yang sangat menentukan produksi dan keberlanjutan usahatani. Ketidaktepatan identifikasi sebagai basis utama dalam pengendalian hama dan penyakit selain dapat menurunkan produksi juga berpotensi terjadinya penyebaran penyakit. Di sisi yang lain, sebagian pengelola perkebunan belum memiliki kemampuan dalam melakukan identifikasi. Diperlukan adanya alat bantu yang handal, terjangkau, akurat, dan dapat digunakan secara *real-time* dalam mengidentifikasi penyakit pada tanaman kelapa sawit sesuai kaidah budidaya yang baik bagi perkebunan kelapa sawit.

## METODE PENELITIAN

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membangun sistem rekognisi atau pengenalan jenis penyakit pada daun tanaman kelapa sawit dan dilanjutkan dengan saran pengendalian maka akan dibangun program yang dapat mengidentifikasi jenis penyakit pada daun tanaman kelapa sawit menggunakan teknik visi komputer dan pembelajaran mesin berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN). Program dibangun dengan menggunakan framework pembelajaran mesin Tensorflow sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

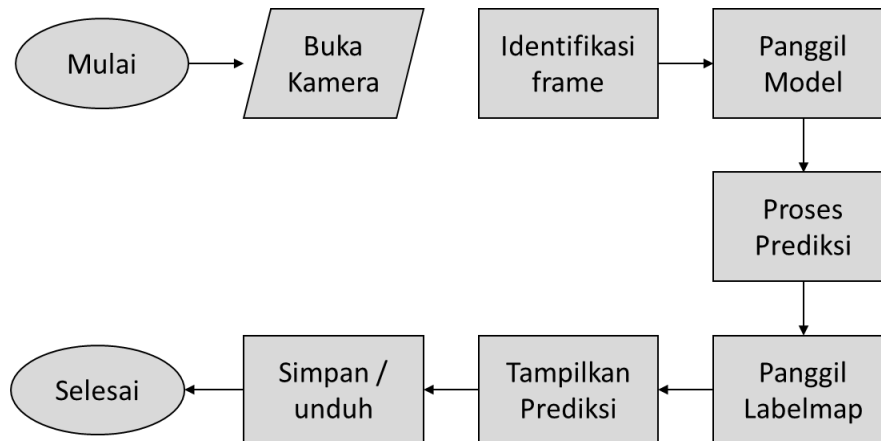
### Pengambilan dataset

Akuisisi dataset diperoleh dari berbagai sumber gambar yang merupakan bagian dari *data gathering* yang dilakukan dalam rangka mengumpulkan informasi untuk kebutuhan *training* dan validasi model visi komputer dalam mengenali jenis penyakit. Untuk melakukan *training* pada model *machine learning* digunakan 1340 gambar yang terdiri dari 7 kategori penyakit daun kelapa sawit. Masing – masing kategori terdiri dari 115-225 gambar.

### Pembangunan machine learning

Pembangunan *machine learning* menggunakan komponen-komponen pendukung coding *Google Colab* untuk menjalankan proses *machine learning*. Proses prediksi gambar berdasarkan data gambar yang diunggah secara *real-time*. Prediksi gambar ini menggunakan metode *transfer learning*, dimana model prediksi hasil data latih digunakan untuk proses prediksi.

Proses dari jalannya prediksi *real-time* dimulai dengan membuka sistem dan dilanjutkan dengan memanggil kamera perangkat yang digunakan untuk mendeteksi gulma. Selanjutnya sistem akan membaca gambar yang tertangkap di kamera secara *real-time* untuk kemudian akan diproses ke dalam model yang dibangun. Selanjutnya sistem akan membaca gambar yang telah dimasukkan tersebut untuk kemudian akan dilakukan proses pengenalan berdasarkan model hasil pelatihan dan disimpan dalam bentuk file *protobuf*. Hasil pada model selanjutnya diberi label sesuai peta label (*labelmap*) yang telah disediakan yang berisi informasi skema prediksi. Bagan alir prediksi gambar *real-time* ditunjukkan pada Gambar 2. Luaran seluruh proses diatas diunduh dalam format PDF dan disimpan pada *drive* perangkat.



Gambar 2. Bagan alir prediksi gambar *real-time*

## HASIL DAN PEMBAHASAN




Pengembangan sistem pengenalan penyakit daun kelapa sawit diawali dengan studi pustaka terhadap jenis – jenis penyakit yang menyerang daun kelapa sawit. Untuk penelitian ini peneliti mengambil 7 jenis penyakit yang menyerang daun kelapa sawit, khususnya di Indonesia. Klasifikasi 7 tipe penyakit pada daun kelapa sawit diantaranya yakni antraknosa, chimera, culvaria, defisiensi kalium, defisiensi magnesium, karat daun, dan serangan ulat. Data tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan kelas masing-masing penyakit yang mencakup 7 kategori. Contoh gambar masing – masing tipe penyakit ditunjukkan pada Tabel 1.

Langkah berikutnya adalah kegiatan pengumpulan data gambar. Adapun metode pengumpulan citra gambar pada penelitian ini adalah dengan metode *web scraping*. Gambar diperoleh dengan cara mengestrak data dari halaman-halaman situs di internet dengan ekstensi JPEG (JPG) – *Joint Photographic Experts Group*, PNG – *Portable Network Graphics*, GIF – *Graphics Interchange Format*, TIFF – *Tagged Image File*, PSD – *Photoshop Document*, PDF – *Portable Document Format*, EPS – *Encapsulated Postscript*, AI – *Adobe Illustrator Document*, INDD – *Adobe Indesign Document*, atau RAW – *Raw Image Formats*.




Tabel 1. Visualisasi jenis penyakit daun kelapa sawit


No.	Jenis penyakit	Gambar
1	Antraknosa	



No.	Jenis penyakit	Gambar
		
2	Chimera	
3	Culvaria	



No.	Jenis penyakit	Gambar
4	Defisiensi kalium	
5	Defisiensi magnesium	
6	Karat daun	

No.	Jenis penyakit	Gambar	
7	Serangan ulat		

Penyakit daun kelapa sawit tersebut kemudian diklasifikasikan menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). Proses utama dalam pembuatan model ini diawali dengan proses *training data*. Pada proses ini bertujuan untuk pembentukan model yang akan digunakan untuk pengujian pada data testing atau validasi. Parameter untuk mengukur tingkat keberhasilan model ini adalah nilai akurasi sedangkan parameter untuk mengukur tingkat ketidakberhasilan model ini adalah nilai *loss*. Nilai akurasi dan *loss* ini dapat ditentukan dengan melakukan pengujian terhadap data testing atau validasi. Proses *training* menggunakan packages *Tensorflow* dan *Keras*. *Tensorflow* dan *Keras* merupakan salah satu modul yang disediakan oleh Google untuk mempermudah dalam riset mengenai *neural network*.

#### *Pelabelan*

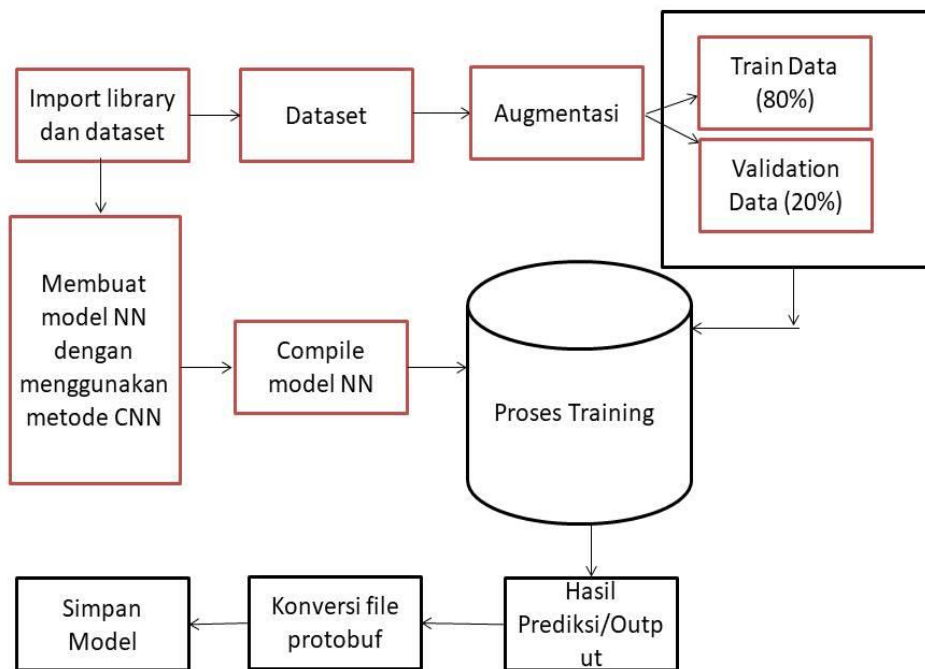
Setelah *dataset* terkumpul selanjutnya dilakukan pelabelan dengan cara membuat sebuah folder yang berisi gambar penyakit tanaman daun kelapa sawit. Selanjutnya seluruh citra gambar penyakit daun yang terdiri dari 7 jenis diberi label keterangan mengenai nama penyakit. Pelabelan dilakukan oleh pakar dan praktisi di bidang pengelolaan penyakit kelapa sawit berbasis kunci determinasi penyakit kelapa sawit

#### *Proses Machine Learning*

Proses *machine learning* dalam penelitian ini menggunakan platform *google drive* dengan *google colab*. Data folder yang dibuat pada proses pelabelan dipindahkan ke dalam *google drive*. Langkah pertama untuk memulai proses *machine learning* ialah memanggil *library* atau pustaka perangkat lunak yaitu *Tensorflow*, *Keras*, *Image Data Generator* dan *Drive*. Lalu *Dataset* yang telah dikumpulkan sebelumnya telah di simpan di *google drive* yang akan dijadikan proses *training*. Selanjutnya proses kodifikasi *machine learning* dilakukan pada *dashboard google colab* di *website google* (<https://google.com/>). Setelah kode berhasil dijalankan selanjutnya dilakukan pembangunan variabel dataset yang berisi data folder yang telah dibuat pada proses pelabelan dan telah disimpan pada *google drive*.

Setelah model *Convolutional Neural Network* (CNN) terbentuk selanjutnya *compile* model dengan memasukkan *optimizer* untuk mesin pembelajaran serta fungsi akurasi dan *loss* untuk menghitung nilai akurasi dan *loss* pembelajaran mesin. Selanjutnya model yang telah dibuat siap digunakan untuk proses pembelajaran mesin. Proses *machine learning* ditunjukkan pada Gambar 3.





Gambar 3. Bagan alir proses *machine learning*

Selanjutnya dilakukan proses augmentasi data gambar yang di dalamnya terdapat proses *labeling* secara otomatis dengan menyesuaikan nama subfolder/direktori. Augmentasi adalah teknik memanipulasi sebuah data tanpa kehilangan inti atau esensi dari data tersebut. Dataset yang telah diperoleh selanjutnya masuk ke dalam proses Augmentasi dimana proses pelabelan (*data labeling*) yang secara otomatis diproses pada saat augmentasi dan masing-masing gambar pada dataset akan diberi label sesuai dengan nama folder tempat dataset gambar tersebut berada. Tujuan dari *data labeling* dan proses augmentasi ini adalah memberikan makna dan informasi sehingga setiap satuan gambar memiliki konteks yang dapat dikenali oleh komputer. Selanjutnya data yang telah diberi label dapat digunakan oleh pembelajaran mesin sebagai model belajar.

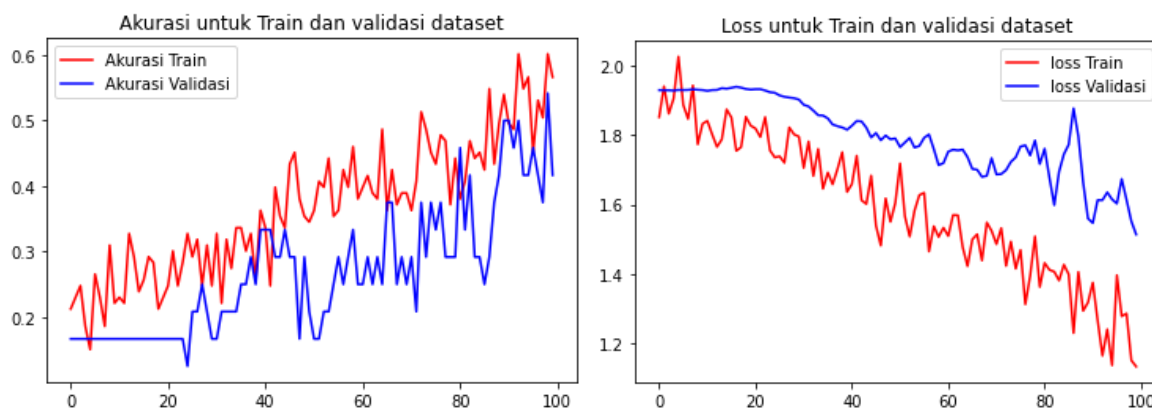
Kemudian setelah augmentasi data dilakukan pembagian dataset tersebut menjadi 2 *set data* yaitu *data train* 80% dari dataset untuk digunakan sebagai pelatihan *machine learning* dan 20% sisanya digunakan untuk *data validation* yang digunakan untuk mengukur seberapa kuat model berfungsi pada gambar yang belum pernah dilihat sebelumnya. Dataset yang telah dibagi menjadi *data train* dan *data validation* selanjutnya dibuat *model machine learning* dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN merupakan salah satu metode pada *Neural Network* yang banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan *object detection* dan *image classification*. Dalam penelitian menggunakan konfigurasi arsitektur CNN berupa *Feature Extraction Layer*. Dilakukan *encoding* terhadap sebuah gambar menjadi *features* yang berupa angka-angka yang merepresentasikan *image* tersebut. *Feature extraction* layer terdiri dari dua bagian yaitu *Convolutional Layer* dan *Pooling Layer*. Adapun *framework* yang digunakan untuk klasifikasi gambar dalam penelitian ini adalah Keras.

Langkah selanjutnya dari proses *machine learning* adalah *proses training*. Dalam proses ini model mengalami proses pembelajaran. Proses ini melibatkan inisialisasi beberapa nilai acak untuk memprediksi *output* dari data yang dimasukkan menggunakan nilai acak yang berisi persentase dari perhitungan bobot prediksi berupa *loss* dan *accuracy*. Dalam penelitian ini, digunakan *hyperparameter* berkinerja cukup tinggi namun cukup ringan untuk bekerja dalam platform seluler yaitu model MobileNets dan EfficientNets.

Jumlah data ditingkatkan secara bertahap sedemikian rupa sehingga model setidaknya dapat mencapai akurasi 80% untuk mengklasifikasikan gambar penyakit daun. Penambahan data ke dalam set akan dihentikan setelah akurasi sekitar



90% untuk menghindari model *overfitting* karena akurasi pengujian dapat menurun. Jika model yang dilatih telah mencapai akurasi yang diinginkan, maka akan disimpan untuk langkah prediksi. Hasil analisis terhadap akurasi dan *loss* data *training* dengan validasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil analisis akurasi dan *loss* data latih dan validasi

#### Validasi dan verifikasi model

Platform *Tensorflow* menyediakan layanan *generate* aplikasi berbasis android berdasarkan template yang telah tersedia. Dalam penelitian ini antarmuka dengan ekstensi APK akan diunduh dan diinstal pada perangkat keras *handphone* dengan sistem operasi *android*. Setelah tahap *generate* aplikasi selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah *testing* atau pengujian untuk mengetahui akurasi deteksi model dibandingkan penilaian metode konvensional. Dalam pelaksanaan pengujian digunakan 30 contoh daun yang telah diketahui jenis penyakit yang menyerang. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang dibangun memiliki tingkat akurasi rata – rata sebesar 78,2%. Deteksi terhadap Hama UPDKS memberikan akurasi terendah (70%), sementara karat daun memberikan akurasi rata – rata paling tinggi (96%). Model memiliki tingkat akurasi lebih dari 90% untuk 42,9% dari total jenis penyakit yang diuji.

Tabel 2. Hasil Pengujian Model Deteksi Penyakit Daun Sawit

Jenis Penyakit	Sampel Uji	Deteksi Benar	Deteksi Salah	Akurasi (%)
Antraknosa	35	24	11	80.0
Chimera	40	31	9	92.5
Curvularia	23	14	9	87.0
Karat Daun	50	43	7	96.0
Defisiensi Kalium	40	32	8	95.0
Defisiensi Magnesium	50	44	6	78.0
Hama UPDKS	30	26	4	70.0
Rerata				85.5

Infeksi penyakit dapat mengganggu pertumbuhan kelapa sawit dan oleh karena itu kesehatan pohon kelapa sawit sangat penting. Semua fase pertumbuhan tanaman kelapa sawit dapat terinfeksi penyakit (Nurfita dan Ariyanto, 2018). Infeksi penyakit pada daun kelapa sawit biasanya memiliki gejala yang spesifik dan cara paling dasar untuk mendeteksi pohon kelapa sawit yang terinfeksi adalah dengan inspeksi visual yang diketahui membutuhkan tenaga kerja yang intensif dan memakan waktu lebih lama (Laia et al., 2015). Selain itu, penggunaan tenaga kerja untuk mengklasifikasikan penyakit juga dapat menyebabkan *human error*. Deteksi akurat penyakit kelapa sawit sangat penting agar tindakan pencegahan yang akurat dapat diambil (Heri et al., 2010). Dengan pengolahan citra, pola gejala infeksi penyakit pada daun dapat diketahui sehingga penyakit kelapa sawit dapat dideteksi dan diklasifikasikan secara akurat dalam waktu singkat (Alham et al., 2013).

## KESIMPULAN

Pembangunan sistem identifikasi penyakit daun kelapa sawit dengan pembelajaran mesin dan visi computer dapat dibangun dengan berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dimulai dari pengumpulan data, augmentasi *dataset*, *training* dan pengujian, dan diakhiri dengan *generate* aplikasi berbasis android. Hasil pengujian terhadap model menunjukkan bahwa model telah mampu memprediksi dengan tingkat akurasi 85.5%. Perlu adanya peningkatan *dataset* untuk meningkatkan akurasi prediksi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Yayasan Kehati melalui program Strengthening Palm Oil Sustainability in Indonesia (SPOS-Indonesia) bekerjasama dengan Fakultas Pertanian Institut Pertanian STIPER.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alham, A. F., Qorib M., Ardhi P.P., Kalamullah H., Aprinaldi, Setiyawan J., & Aniati A.M. (2013). Detection of palm oil leaf disease with image processing and neural network classification on mobile device. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 5(3).
- Auriga. (2019). Penguasaan lahan oleh perkebunan sawit dalam kawasan hutan dan strategi penyelesaiannya. *Policy Paper*. Auriga. Jakarta
- Firmansyah, E. & Putra, D. P. (2019). Smartferti, android-base expert system for oil palm fertilization. *Jurnal Agroekoteknologi*, 11(1), 9–22.
- Ichsan, M., Saputra, W., & Permatasari, A. (2021). *Oil palm smallholders on the edge: Why business partnerships need to be redefined*. Information Brief SPOS Indonesia. Jakarta.
- Harahap, L.A., Fajri, R.I., Syahputra, M.F., Rahmat, R.F., & Nababan, E.B. (2018). Identifikasi penyakit daun tanaman kelapa sawit dengan teknologi image processing menggunakan aplikasi support vector machine. *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources*, 1(1), 53–59. <https://doi.org/10.32734/anr.v1i1.96>
- Heri, S., Totok G., Heru J.R., Witjaksana, D. & Budiman M. (2010). Mapping and identifying basal stem rot disease in oil palms in North Sumatra with QuickBird imager. *Precision Agriculture*, 12, 233–248.
- Laila, N., Shafiquzzaman S., Kalsom, Y.U., & M. M. A. Mondal. (2015). Issues of *Ganoderma* spp. and basal stem rot disease management in oil palm. *American Journal of Agricultural Science*, 2(3), 103–107.
- Nurfita, R.D., & Ariyanto, G. (2018). Implementasi deep learning berbasis tensorflow untuk pengenalan sidik jari. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(01), 22–27. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6236>
- Saaty, T.L., & Vargas L.G. (2013). *Decision making with the analytic network process: Economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. Springer Science & Business Media. US
- Sambasivam, G., & Opiyo, G. D. (2021). A predictive machine learning application in agriculture: Cassava disease detection and classification with imbalanced dataset using convolutional neural networks. *Egyptian Informatics Journal*, 22(1), 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2020.02.007>