Peningkatan Literasi Kelompok Petani Kopi dalam Identifikasi Penyakit Daun Kopi melalui Penerapan Teknologi *Deep Learning*

Della Oktaviany[1*], Rian Rahmanda Putra[2], Husnawati[3], Beta Suryani[4], William Mikha Nahupaido Simanjuntak[5]

[1-5]Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

E-Mail: [1]della.oktaviany@polsri.ac.id

Abstrak

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan daerah Pagaralam, namun produktivitasnya dapat menurun akibat serangan penyakit pada daun yang tidak teridentifikasi sejak awal. Permasalahan yang sering dihadapi petani adalah keterbatasan pengetahuan dalam membedakan gejala penyakit daun kopi, seperti perubahan warna, bercak, kerusakan jaringan daun, maupun tanda visual lain yang menunjukkan adanya gangguan pada tanaman. Oleh karena itu, kegiatan ini bertujuan untuk memberikan edukasi dan pendampingan kepada petani agar mampu mengenali penyakit daun kopi secara lebih cepat, tepat, dan sistematis. Metode pelaksanaan kegiatan meliputi observasi kebutuhan petani, penyampaian materi mengenai jenis-jenis penyakit pada daun kopi, pengenalan ciri visual daun kopi yang sehat dan terserang penyakit, serta sosialisasi pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan berbasis CNN. Selain itu, dilakukan demonstrasi sederhana mengenai cara kerja sistem deteksi penyakit daun kopi menggunakan citra atau gambar daun. Petani diberikan pemahaman bahwa teknologi CNN dapat membantu proses klasifikasi citra daun kopi berdasarkan pola, warna, tekstur, dan bentuk gejala penyakit. Hasil dari kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan literasi petani terhadap pentingnya deteksi dini penyakit tanaman kopi serta memperkenalkan teknologi digital sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan di bidang pertanian. Dengan adanya edukasi ini, petani kopi Pagaralam diharapkan lebih tanggap dalam melakukan pengamatan kondisi tanaman, mampu melakukan tindakan penanganan lebih awal, serta terbuka terhadap pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan untuk mendukung peningkatan produktivitas dan kualitas hasil kopi.

Kata kunci:
CNN; Daun Kopi; *Deep Learning*; Pembelajaran; Teknologi.

Abstract

Coffee is a key commodity for the Pagaralam region, productivity can decline due to leaf diseases that go undetected in their early stages. Farmers often struggle to distinguish between various symptoms of coffee leaf disease—such as discoloration, spotting, tissue damage, and other visual indicators of plant distress. Consequently, this activity aimed to educate and assist farmers in identifying coffee leaf diseases more quickly, accurately, and systematically. The implementation process involved assessing farmers' needs, presenting information on types of coffee leaf diseases, introducing the visual characteristics of healthy versus diseased leaves, and raising awareness about the use of CNN-based artificial intelligence technology. Additionally, a simple demonstration was conducted to show how the coffee leaf disease detection system operates using leaf imagery. Farmers learned how CNN technology facilitates the classification of coffee leaf images based on patterns, colors, textures, and the shapes of disease symptoms. The activity aimed to improve farmers' understanding of the importance of early disease detection and to introduce digital technology as a decision-support tool in agriculture. Through this education, Pagaralam coffee farmers are expected to become more responsive in monitoring plant conditions, capable of taking early remedial action, and open to utilizing artificial intelligence technology to boost productivity and enhance coffee quality.

Keywords:
CNN; Coffee Leaves; Deep Learning; Learning; Technology.

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi penting bagi masyarakat di wilayah Pagaralam (1). Kondisi geografis Pagaralam yang berada di kawasan dataran tinggi mendukung pertumbuhan tanaman kopi, sehingga sebagian masyarakat menjadikan usaha tani kopi sebagai sumber penghasilan utama (2). Salah satu kelompok masyarakat yang bergerak dalam

kegiatan budidaya kopi adalah Kelompok Petani Kopi Dusun Laman. Kelompok ini memiliki peran penting dalam aktivitas produksi kopi, mulai dari pemeliharaan tanaman, pengamatan kondisi kebun, pengendalian hama dan penyakit, pemanenan, hingga pengolahan hasil secara sederhana.

Berdasarkan kondisi eksisting, kegiatan budidaya kopi yang dilakukan oleh petani masih banyak mengandalkan pengalaman empiris dan pengamatan visual secara manual. Petani umumnya mengenali gangguan pada tanaman kopi berdasarkan perubahan yang terlihat pada daun, batang, maupun buah. Namun, dalam praktiknya, kemampuan petani dalam mengidentifikasi jenis penyakit pada daun kopi masih terbatas. Gejala penyakit pada daun kopi sering kali memiliki kemiripan, misalnya perubahan warna daun, munculnya bercak, daun menguning, jaringan daun mengering, atau terdapat kerusakan pada permukaan daun (3)(4). Kemiripan gejala tersebut dapat menyebabkan kesalahan identifikasi penyakit dan keterlambatan dalam menentukan langkah penanganan (3).

Permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah rendahnya literasi dan keterampilan dalam mengenali penyakit daun kopi secara dini, tepat, dan sistematis. Kondisi ini dapat berdampak pada penurunan kesehatan tanaman, berkurangnya produktivitas, serta menurunnya kualitas hasil kopi (5). Pada sisi hulu, permasalahan muncul dalam proses pemantauan tanaman, identifikasi gejala penyakit, dan pengambilan keputusan awal terhadap tindakan pengendalian. Sementara pada sisi hilir, keterlambatan penanganan penyakit dapat memengaruhi jumlah dan mutu hasil panen, yang pada akhirnya berdampak terhadap pendapatan petani (6)(5).

Selain itu, pemanfaatan teknologi digital dalam kegiatan pertanian oleh mitra masih tergolong terbatas. Petani belum banyak memperoleh pendampingan mengenai penggunaan teknologi kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI), khususnya teknologi deep learning untuk membantu identifikasi penyakit tanaman berbasis citra. Padahal, perkembangan teknologi saat ini memungkinkan pemanfaatan gambar daun kopi untuk dianalisis menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) (3)(7). Teknologi ini mampu mengenali pola, warna, tekstur, dan bentuk visual pada citra daun sehingga dapat membantu proses klasifikasi kondisi daun secara lebih cepat dan objektif (4)(8).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang untuk menjawab kebutuhan tersebut melalui edukasi, sosialisasi, dan pendampingan kepada Kelompok Petani Kopi Dusun Laman. Kegiatan ini tidak hanya berorientasi pada transfer pengetahuan, tetapi juga pada peningkatan literasi teknologi petani agar lebih siap menghadapi perkembangan pertanian berbasis digital (9). Dengan adanya kegiatan ini, mitra diharapkan mampu memahami pentingnya deteksi dini penyakit daun kopi, mengenali ciri-ciri visual penyakit, serta memahami potensi penerapan teknologi deep learning sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan pertanian (10).

Dalam pelaksanaan kegiatan, profil mitra dapat didukung dengan data dan dokumentasi lapangan, seperti jumlah anggota kelompok petani, luas lahan kopi yang dikelola, jenis kopi yang dibudidayakan, pola pemeliharaan tanaman, kendala utama dalam pengendalian penyakit, serta dokumentasi kondisi daun kopi sehat dan daun kopi yang mengalami gejala penyakit. Data tersebut penting untuk memberikan gambaran yang lebih informatif mengenai kondisi mitra dan memperkuat dasar pelaksanaan program pengabdian..

2. METODE PELAKSANAAN

2.1. Prosedur Penelitian

a. Studi literatur
   Tahap awal dilakukan dengan mengkaji jurnal, prosiding, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penyakit daun kopi, pengolahan citra digital, CNN, transfer learning, hyperparameter tuning, TensorFlow Lite, serta pengembangan aplikasi mobile. Hasil kajian digunakan untuk menentukan jenis penyakit, arsitektur model, metode pengolahan data, skenario eksperimen, dan teknik evaluasi.

b. Pengumpulan dan integrasi data
Data penelitian berupa citra daun kopi yang diperoleh dari sumber data terbuka pada Kaggle dan Roboflow. Dataset terdiri atas tujuh kelas, yaitu bercak daun, embun jelaga, tungau laba-laba merah, karat daun, penggorok daun, hawar daun, dan daun sehat. Data dipilih berdasarkan kejelasan objek, kesesuaian label, serta keterlihatan ciri warna, tekstur, dan pola kerusakan daun.

c. Exploratory Data Analysis
EDA dilakukan untuk mengidentifikasi jumlah citra, distribusi setiap kelas, ukuran gambar, kualitas citra, duplikasi, file rusak, citra buram, dan variasi visual. Analisis ini juga digunakan untuk mengetahui ketidakseimbangan kelas dan menentukan tindakan pengolahan data yang diperlukan.

d. Data preprocessing
Tahap ini mencakup data cleansing, penyeimbangan kelas, resizing, normalisasi, data splitting, dan augmentasi. Citra hasil augmentasi dari dataset sumber dihapus untuk mencegah data leakage. Kelas diseimbangkan melalui undersampling, kemudian seluruh citra diubah menjadi ukuran 224 × 224 piksel. Normalisasi dilakukan menggunakan fungsi preprocess_input sesuai arsitektur model. Dataset dibagi menjadi data pelatihan, validasi, dan pengujian. Augmentasi diterapkan pada data pelatihan melalui rotasi, pergeseran, zoom, shear, horizontal flip, dan penyesuaian kecerahan.

e. Pengembangan model
Model dikembangkan menggunakan pendekatan transfer learning dengan bobot awal ImageNet. Tiga arsitektur yang dibandingkan adalah MobileNetV2, ResNet50, dan Xception. Pada setiap arsitektur ditambahkan lapisan klasifikasi yang terdiri atas Global Average Pooling, dropout, dan output layer dengan aktivasi softmax untuk menghasilkan probabilitas tujuh kelas.

f. Pelatihan dan skenario eksperimen
Pelatihan dilakukan menggunakan optimizer Adam dan fungsi kerugian categorical cross-entropy. Parameter yang diuji meliputi status lapisan frozen dan unfrozen, learning rate 0,001 dan 0,0001, batch size 16 dan 32, serta dropout rate 0,2 dan 0,5. Dengan demikian, terdapat 16 kombinasi pada setiap arsitektur atau 48 skenario eksperimen. Mekanisme early stopping dan ReduceLROnPlateau digunakan untuk menjaga stabilitas pelatihan dan mengurangi risiko overfitting.

g. Evaluasi model
Model terbaik dari setiap arsitektur diuji menggunakan data pengujian yang tidak digunakan pada tahap pelatihan dan validasi. Evaluasi dilakukan menggunakan confusion matrix, accuracy, precision, recall, dan F1-score. Kurva training accuracy, validation accuracy, training loss, dan validation loss dianalisis untuk mengidentifikasi stabilitas pembelajaran dan potensi overfitting. Pengujian tambahan dilakukan menggunakan citra eksternal untuk menilai kemampuan generalisasi model.

h. Deployment model
Model dengan performa terbaik dikonversi dari format .keras menjadi .tflite menggunakan TensorFlow Lite. Jika diperlukan, optimasi dilakukan melalui quantization agar ukuran model lebih kecil dan proses inferensi lebih cepat pada perangkat mobile.

i. Implementasi aplikasi mobile
Aplikasi dikembangkan menggunakan Flutter. Model TensorFlow Lite diintegrasikan agar aplikasi dapat menerima citra dari kamera atau galeri, menjalankan klasifikasi secara lokal, dan menampilkan nama penyakit, confidence score, deskripsi penyakit, penyebab, serta rekomendasi penanganan. Aplikasi juga dilengkapi panduan penggunaan dan riwayat analisis.

j. Pengujian aplikasi
Pengujian fungsional dilakukan menggunakan Black Box Testing terhadap fitur navigasi, kamera, galeri, klasifikasi, penyimpanan hasil, pencarian, filter, dan penghapusan riwayat. Pengujian kinerja dilakukan untuk mengukur waktu inferensi, kestabilan aplikasi, dan kesesuaian hasil antara model pada komputer dan model pada perangkat Android.

2.2. Pembagian Tugas Tim Peneliti

Ketua peneliti bertanggung jawab atas perencanaan, metodologi, koordinasi, supervisi eksperimen, validasi hasil, dan penyusunan laporan. Della Oktaviany bertanggung jawab atas pengembangan aplikasi mobile, UI/UX, integrasi TensorFlow Lite, dan pengujian fungsional. Husnawati bertanggung jawab atas pengolahan dataset, pengembangan model CNN, pelatihan, optimasi, dan evaluasi performa. Beta Suryani mendukung preprocessing, pelaksanaan eksperimen, pengembangan aplikasi, integrasi model, dan pengujian sistem. William Mikha Nahupaido Simanjuntak bertugas mendukung pengumpulan citra lapangan, pengujian eksternal, serta dokumentasi penelitian.

2.3. Peran Mitra

Penelitian ini tidak melibatkan mitra eksternal formal yang memberikan kontribusi in-cash maupun in-kind. Apabila pada tahap pengujian lapangan terdapat bantuan petani atau pengelola perkebunan, kontribusinya terbatas pada penyediaan akses lokasi, sampel daun, dan informasi kondisi tanaman. Validasi diagnosis tetap disarankan melibatkan pakar pertanian pada penelitian lanjutan.

3. HASIL DAN KETERCAPAIAN

Kegiatan ini menghasilkan capaian utama yang saling melengkapi, yaitu pengembangan model klasifikasi penyakit daun kopi berbasis Convolutional Neural Network (CNN) dan penerapannya kepada mitra, yaitu Kelompok Petani Kopi Dusun Laman, Kecamatan Dempo Selatan, Kota Pagaralam. Pada aspek pengembangan model, tahapan pengumpulan data, exploratory data analysis, pembersihan data, penyeimbangan kelas, resizing, normalisasi, pembagian dataset, dan augmentasi telah dilaksanakan terhadap dataset yang mencakup tujuh kelas kondisi daun kopi, yaitu bercak daun, embun jelaga, tungau laba-laba merah, karat daun, penggorok daun, hawar daun, dan daun sehat.
Pengujian dengan skema 10-fold cross validation terhadap model terbaik menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 81,28% (Tabel 1), dengan akurasi tertinggi pada fold pertama sebesar 83,00%. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola visual gejala penyakit pada citra daun kopi secara konsisten pada berbagai pembagian data. Model kemudian dikonversi ke format TensorFlow Lite (.tflite) agar dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi mobile berbasis Flutter.

3.1 Koordinasi, Observasi, dan Sosialisasi

Tahap awal dilaksanakan melalui koordinasi dengan pengurus dan anggota Kelompok Petani Kopi Dusun Laman untuk menyepakati tujuan, tahapan, jadwal, dan lokasi kegiatan. Hasil observasi menunjukkan bahwa petani pada umumnya masih mengandalkan pengalaman dan pengamatan visual secara manual, telah mampu mengenali gangguan tanaman secara umum, tetapi masih mengalami kesulitan membedakan gejala penyakit yang memiliki karakteristik visual hampir sama, serta belum melakukan dokumentasi citra dan pencatatan kondisi tanaman secara teratur. Sosialisasi selanjutnya dilaksanakan dengan menyampaikan materi karakteristik daun kopi sehat, gejala umum penyakit daun, serta hubungan antara keterlambatan identifikasi penyakit dengan penurunan produktivitas dan kualitas hasil kopi, yang diperkuat melalui diskusi interaktif dengan peserta.

3.2 Pelatihan Identifikasi Visual dan Dokumentasi Citra

Peserta diberikan contoh daun sehat dan daun bergejala penyakit, kemudian diminta mengamati warna, bentuk bercak, tekstur, dan pola kerusakan daun. Tim pelaksana selanjutnya memberikan pelatihan pengambilan gambar menggunakan kamera telepon seluler dengan memperhatikan jarak, pencahayaan, fokus, dan latar belakang objek. Hasil praktik menunjukkan bahwa sebagian besar peserta dapat menghasilkan foto daun yang lebih jelas setelah memperoleh arahan, dan foto tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan demonstrasi sistem deteksi penyakit berbasis citra. Pelatihan ini membantu petani agar tidak hanya mengandalkan ingatan, tetapi mulai mampu menyimpan bukti visual kondisi tanaman untuk keperluan identifikasi dan monitoring.

3.3 Demonstrasi Teknologi Deep Learning Berbasis CNN

Tim memperkenalkan teknologi deep learning berbasis CNN dengan bahasa sederhana, yaitu bahwa sistem dapat mempelajari pola visual pada citra seperti warna, tekstur, bercak, dan bentuk kerusakan daun. Demonstrasi menggunakan aplikasi mobile bernama LeafScan yang dikembangkan tim pengusul, dengan alur pengambilan gambar daun, pemilihan citra, pemasukan citra ke dalam sistem, proses analisis, dan penampilan hasil klasifikasi berupa nama penyakit beserta rekomendasi penanganan awal, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Tim menegaskan bahwa hasil sistem merupakan alat bantu identifikasi awal dan bukan satu-satunya dasar dalam menentukan tindakan pengendalian penyakit. Peserta memperoleh kesempatan mencoba memasukkan gambar daun yang telah diambil pada sesi pelatihan dengan pendampingan dosen dan mahasiswa.



Gambar 1. Aplikasi LeafScan; (a) Landing Page, (b) Halaman Utama, (c) Hasil Analisis Daun Kopi

3.4 Pendampingan dan Evaluasi

Pendampingan dilakukan melalui praktik pencatatan kondisi tanaman menggunakan lembar monitoring sederhana yang memuat tanggal pengamatan, lokasi tanaman, gejala yang ditemukan, dokumentasi gambar, dan tindakan awal. Evaluasi pelaksanaan dilakukan melalui pre-test, post-test, observasi praktik, pemeriksaan kualitas citra, penilaian lembar monitoring, dan diskusi kelompok. Secara umum, kegiatan telah memberikan hasil berupa peningkatan pemahaman mengenai deteksi dini penyakit, peningkatan keterampilan dokumentasi citra, pengenalan teknologi kecerdasan buatan, dan peningkatan kemampuan pencatatan kondisi tanaman. Penyelesaian permasalahan mitra belum seluruhnya bersifat final karena sistem masih memerlukan pengembangan dan pengujian menggunakan lebih banyak citra lokal, namun kegiatan ini telah membangun dasar pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan mitra.



Gambar 2. Kegiatan pendampingan Kelompok Petani Kopi



Gambar 3. Foto bersama Kelompok Petani Kopi

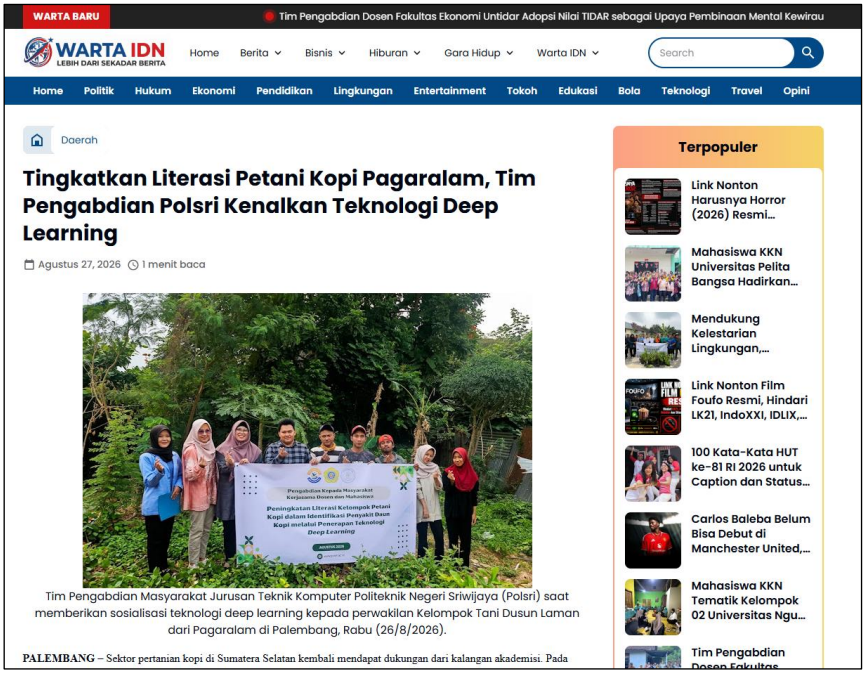
3.5 Publikasi Kegiatan

Sebagai bentuk pertanggungjawaban dan penyebarluasan hasil kegiatan, pelaksanaan pengabdian ini didokumentasikan secara menyeluruh dalam bentuk foto dan video kegiatan. Dokumentasi tersebut mencakup proses koordinasi dengan mitra, sosialisasi, pelatihan identifikasi visual dan dokumentasi citra daun, demonstrasi aplikasi LeafScan, hingga pendampingan pengisian lembar monitoring. Video dokumentasi kegiatan telah diunggah dan dipublikasikan secara terbuka melalui kanal YouTube resmi Politeknik Negeri Sriwijaya, sehingga dapat diakses oleh masyarakat umum, khususnya kelompok tani kopi lain yang memiliki permasalahan serupa, sebagai bahan pembelajaran mengenai penerapan teknologi deep learning dalam mendukung kegiatan pertanian.



Gambar 4. Publikasi kegiatan melalui *channel* YouTube Politeknik Negeri Sriwijaya

Selain publikasi dalam bentuk video, hasil kegiatan juga direncanakan untuk dipublikasikan melalui artikel media massa dan artikel ilmiah. Draft artikel media massa disusun untuk menjangkau khalayak yang lebih luas dengan bahasa yang lebih populer, sedangkan artikel ilmiah ini disusun untuk mendokumentasikan proses dan hasil kegiatan secara akademik sekaligus menjadi bahan evaluasi dan rujukan bagi pelaksanaan program pengabdian serupa di masa mendatang. Publikasi kegiatan pada beberapa kanal tersebut diharapkan dapat memperluas dampak kegiatan, meningkatkan visibilitas kerja sama antara Politeknik Negeri Sriwijaya dengan Kelompok Petani Kopi Dusun Laman, serta mendorong replikasi program pendampingan berbasis teknologi kecerdasan buatan pada kelompok tani kopi lainnya di wilayah Pagaralam.



Gambar 5. Publikasi kegiatan melalui media massa *online*

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah memberikan peningkatan pengetahuan dan keterampilan kepada Kelompok Petani Kopi Dusun Laman dalam mengidentifikasi penyakit daun kopi. Peserta memperoleh pemahaman mengenai perbedaan daun sehat dan daun bergejala penyakit berdasarkan warna, bercak, tekstur, serta bentuk kerusakan, memperoleh keterampilan mendokumentasikan citra daun menggunakan kamera telepon seluler, serta memperoleh wawasan baru mengenai pemanfaatan teknologi *deep learning* berbasis CNN sebagai alat bantu identifikasi awal penyakit tanaman melalui aplikasi LeafScan. Pendampingan penggunaan format monitoring membantu petani memahami pentingnya pencatatan kondisi tanaman secara teratur, sehingga kegiatan ini telah memberikan solusi awal terhadap keterbatasan identifikasi penyakit, rendahnya dokumentasi kondisi tanaman, dan terbatasnya literasi teknologi mitra. Seluruh luaran kegiatan, yaitu dokumentasi foto dan video pelaksanaan yang telah dipublikasikan pada kanal YouTube Politeknik Negeri Sriwijaya serta artikel ilmiah ini, telah diselesaikan.

Kelompok petani disarankan melakukan pengamatan dan dokumentasi kondisi daun secara berkala serta menggunakan format monitoring yang telah diberikan, dan mempertahankan komunikasi dengan tim pelaksana apabila menemukan gejala yang sulit dikenali. Tim pelaksana disarankan melanjutkan pengumpulan citra lokal, meningkatkan akurasi model, dan menyederhanakan antarmuka aplikasi LeafScan, dengan melibatkan pihak yang memiliki kompetensi di bidang tanaman kopi agar hasil identifikasi teknologi dapat divalidasi secara tepat. Politeknik Negeri Sriwijaya dan pemangku kepentingan terkait diharapkan mendukung keberlanjutan program melalui pendampingan, penelitian terapan, dan perluasan penerapan teknologi kepada kelompok petani kopi lainnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Sriwijaya atas dukungan pendanaan kegiatan ini melalui skema Pengabdian kepada Masyarakat - Kerjasama Dosen dan Mahasiswa, sesuai DIPA Polsri Nomor Kontrak 6800/PL6.2.1/PG/2026 tanggal 30 Juni 2026 dan SK Direktur Polsri Nomor 6633/PL6.4.2/SK/2026 tanggal 25 Juni 2026. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kelompok Tani Dusun Laman,

khususnya Bapak Tugino selaku ketua kelompok tani, serta seluruh anggota yang telah berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik, *Statistik Tanaman Perkebunan Tahunan Indonesia 2024*. Jakarta, Indonesia: BPS, 2025.
[2] S. Soemarno, S. Prijono, R. Suntari, L. S. Nopriani, dan N. F. Ifadah, "Penerapan teknologi LRBB di kebun kopi rakyat," *JASTEN*, vol. 5, no. 2, 2024.
[3] Nurhidayah, A. K. Parawansa, dan Suherah, "Intensitas serangan penyakit karat daun pada tanaman kopi," *Jurnal AgrotekMAS*, vol. 6, no. 1, 2025.
[4] L. Lu *et al.*, "Comprehensive review of fungi on coffee," *Pathogens*, vol. 11, no. 4, 2022.
[5] A. I. Saputra, I. Weni, dan U. Khaira, "Implementasi CNN untuk deteksi penyakit tanaman kopi berbasis Android," *Decode*, vol. 4, no. 1, 2023.
[6] C. R. Kotta, D. Paseru, dan M. Sumampouw, "Implementasi CNN untuk mendeteksi penyakit pada citra daun," *Jurnal Pekommas*, vol. 7, no. 2, 2022.
[7] W. O. Asriyani *et al.*, "Expert system for coffee leaf disease classification with convolutional neural networks," *Telematika*, vol. 22, no. 3, 2025.
[8] Y. Aufar dan T. P. Kaloka, "Robusta coffee leaf diseases detection based on MobileNetV2 model," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 6, 2022.
[9] A. Fatchurrachman dan D. Udjulawa, "Identifikasi penyakit tanaman kopi menggunakan ResNet-50," *Jurnal Algoritme*, vol. 3, no. 2, 2023.
[10] N. Ashari dan D. Avianto, "Klasifikasi penyakit daun kopi robusta menggunakan AlexNet dan Xception," *BITS*, vol. 6, no. 3, 2024.
[11] M. F. Yanu, B. Yuwono, dan D. P. Boedi, *Dasar Pengolahan Citra Digital*, ed. 2. Yogyakarta, Indonesia: LPPM UPN Veteran Yogyakarta, 2022.
[12] N. T. S. Saptadi *et al.*, *Deep Learning: Teori, Algoritma, dan Aplikasi*. Yogyakarta, Indonesia: PT Sada Kurnia Pustaka, 2025.
[13] L. Alzubaidi *et al.*, "Review of deep learning: Concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions," *Journal of Big Data*, vol. 8, no. 53, 2021. doi: 10.1186/s40537-021-00444-8.
[14] R. A. Setyadi, "Analisis kinerja hyperparameter convolutional neural network pada kasus klasifikasi penyakit daun cabai," Skripsi, Universitas Medan Area, 2024.
[15] A. Ikhwanda, R. Magdalena, dan S. Saidah, "Klasifikasi penyakit daun pada tanaman kopi menggunakan convolutional neural network dengan arsitektur MobileNet," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 12, no. 3, 2025.