

SISTEM DIGITAL DAN CERDAS UNTUK IDENTIFIKASI HAMA DAN PENYAKIT PADA SINGKONG (*Manihot esculenta*)***Digital and Intelligent Systems for Pest and Disease Identification in Cassava (*Manihot esculenta*)***

**Linda Oktavianingsih¹, Muhammadiyah^{*2}, Ervinda Yuliatin¹, Afrisya Hardianto Putri¹,
Fadhilah Rifhayu Izzah¹, Fathimah Azizah Muthaharah¹, Gian Yunita Putri¹,
Rieskamayanti Putricia Utomo¹, Yudi Eko Prasetyo¹**

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok No. 4, Kompleks Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur 25119, Indonesia. Email: lindaoktavianingsih@fmipa.unmul.ac.id, eyuliatin@fmipa.unmul.ac.id, afrisyaputri989@gmail.com, fadhilarifhayu18@gmail.com, fathimahazizahm@gmail.com, ghianyunita@gmail.com, rieskamayanti@gmail.com, yudibiologi7@gmail.com

²Departemen Bioteknologi, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Lebak Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132, Indonesia. Email: muhammadiyah0724@gmail.com

***Penulis korespondensi**

Diterima 29 Mei 2026; Disetujui 26 Agustus 2026

ABSTRAK

Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan tanaman pangan penting di Indonesia, namun produktivitasnya kerap menurun akibat serangan hama dan penyakit. Penelitian ini bertujuan melakukan diagnosis tentatif terhadap hama dan penyakit pada tanaman singkong menggunakan teknologi digital, serta menganalisis tingkat keparahan infeksi berdasarkan citra daun. Sampel daun diambil dari tiga lokasi di Samarinda, Kalimantan Timur, yaitu Batu Besaung, Jalan Perjuangan, dan Area Persawahan Betapus. Identifikasi hama dan penyakit dilakukan menggunakan aplikasi Plantix dan Agri AI, sedangkan tingkat keparahan penyakit dianalisis melalui pengukuran luas area terinfeksi dengan perangkat lunak ImageJ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel A terserang bercak daun cokelat dan antraknosa, sampel B terserang tungau laba-laba dan bercak daun Septoria, sedangkan sampel C terserang tungau laba-laba dan penyakit garis cokelat singkong (*Cassava Brown Streak Disease*, CBSD). Tingkat keparahan penyakit tertinggi ditemukan pada sampel B sebesar 2,01%, sedangkan terendah pada sampel A sebesar 0,33%. Diagnosis yang dihasilkan bersifat tentatif dan memerlukan konfirmasi lebih lanjut melalui analisis laboratorium. Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi digital dan alat berbasis kecerdasan buatan dapat mendukung identifikasi hama dan penyakit singkong secara cepat dan efisien, sehingga berpotensi menjadi panduan awal dalam pengelolaan kesehatan tanaman yang lebih baik.

Kata kunci: Analisis digital, hama singkong, ImageJ, Plantix, tingkat keparahan penyakit

ABSTRACT

*Cassava (*Manihot esculenta*) is an important food crop in Indonesia, yet its productivity is frequently reduced by pest and disease attacks. This study aims to conduct a tentative diagnosis of pests and diseases affecting cassava plants using digital technology, as well as to analyze infection severity based on leaf image analysis. Leaf*

samples were collected from three locations in Samarinda, East Kalimantan, namely Batu Besaung, Jalan Perjuangan, and the Betapus Rice Field Area. Pest and disease identification was carried out using the Plantix and Agri AI applications, while disease severity was analyzed by measuring the infected leaf area using ImageJ software. The results showed that sample A was affected by brown leaf spot and anthracnose, sample B was affected by spider mites and Septoria leaf spot, while sample C was affected by spider mites and Cassava Brown Streak Disease (CBSD). The highest disease severity was found in sample B at 2.01%, while the lowest was found in sample A at 0.33%. The resulting diagnoses are tentative and require further confirmation through laboratory analysis. These findings indicate that digital applications and AI-based tools can support rapid and efficient identification of cassava pests and diseases, offering potential as a preliminary guide for improved plant health management.

Keywords: Digital analysis, cassava pests, ImageJ, Plantix, disease severity

PENDAHULUAN

Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu tanaman pangan penting yang dibudidayakan di wilayah tropis dan menjadi sumber karbohidrat serta nilai ekonomi bagi petani skala kecil di berbagai negara. Namun, produktivitas singkong di banyak wilayah mengalami stagnasi bahkan penurunan akibat serangan hama dan penyakit yang dapat menurunkan hasil dan kualitas umbi (Wosula *et al.*, 2024; Dankwa *et al.*, 2025). Di Indonesia, singkong dimanfaatkan sebagai bahan pangan, bahan baku industri, dan pakan ternak, tetapi cekaman biotik masih menjadi salah satu faktor utama yang membatasi produksi tanaman ini.

Di lapangan, tanaman singkong menghadapi berbagai tantangan biotik. Hama serangga seperti kutu putih singkong (*Phenacoccus manihoti*) dan tungau hijau singkong (*Mononychellus tanajoa*)

menyebabkan kerusakan secara langsung melalui aktivitas makan pada daun dan batang sehingga mengakibatkan penurunan pertumbuhan serta defoliasi tanaman (Swibawa *et al.*, 2020). Hama tersebut dapat menurunkan vigor tanaman dan menghambat perkembangan umbi, terutama pada kondisi serangan yang tinggi. Selain itu, penyakit virus seperti *cassava mosaic disease* (CMD) dan *cassava brown streak disease* (CBSD) merupakan ancaman utama dalam budidaya singkong di berbagai wilayah penghasil singkong. Infeksi virus tersebut dapat menurunkan hasil dan kualitas umbi bergantung pada tingkat serangan, kerentanan varietas, dan kelimpahan vektor penyakit. Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) sebagai vektor utama CMD dan CBSD berkontribusi terhadap peningkatan kejadian penyakit dengan kehilangan hasil yang dapat mencapai sekitar 60% pada

varietas singkong rentan di lapangan (Mkamilo *et al.*, 2024).

Patogen jamur dan bakteri juga menyebabkan kerusakan yang signifikan pada daun dan umbi singkong. Penyakit seperti antraknosa, hawar daun, dan berbagai kompleks bercak daun berkaitan dengan terbentuknya lesi pada daun dan penurunan luas area fotosintesis yang pada akhirnya dapat menurunkan produksi dan kualitas umbi pada kondisi serangan berat (Nascimento *et al.*, 2024). Berbagai cekaman biotik tersebut secara keseluruhan membatasi produktivitas singkong sehingga diperlukan strategi identifikasi dan pengelolaan penyakit yang cepat dan efektif.

Diagnosis penyakit tanaman dapat dilakukan melalui pengamatan gejala visual maupun konfirmasi laboratorium. Pengamatan visual umumnya hanya menghasilkan diagnosis tentatif berdasarkan kemiripan gejala, sedangkan identifikasi patogen secara definitif memerlukan analisis laboratorium, seperti isolasi patogen atau pengujian molekuler. Meskipun memberikan hasil yang lebih akurat, analisis laboratorium memerlukan waktu, biaya, serta tenaga ahli sehingga kurang praktis untuk digunakan sebagai metode diagnosis cepat di lapangan. Oleh karena itu, perkembangan teknologi digital

berbasis analisis citra dan kecerdasan buatan (AI) menjadi alternatif yang menjanjikan untuk mendukung diagnosis awal hama dan penyakit tanaman secara cepat dan efisien (Mohanty *et al.*, 2016; Liu & Wang, 2021).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan potensi teknologi berbasis AI dalam deteksi penyakit singkong. Ramcharan *et al.* (2017) mengembangkan model *deep learning* untuk deteksi penyakit singkong berbasis citra menggunakan *convolutional neural networks* (CNNs).

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem AI mampu membedakan daun singkong sehat dan terserang penyakit dengan tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan citra lapangan, sehingga metode *deep learning* dinilai lebih efisien dibandingkan pengamatan visual konvensional. Penelitian lanjutan oleh Ramcharan *et al.* (2019) mengembangkan model *deep learning* berbasis perangkat seluler untuk diagnosis penyakit singkong. Penelitian tersebut mengintegrasikan teknologi AI ke dalam aplikasi berbasis telepon pintar sehingga identifikasi penyakit dapat dilakukan secara langsung di lapangan dan mendukung pemantauan penyakit secara real time.

Selain itu, Nakatumba-Nabende *et al.* (2020) mengembangkan dataset citra penampang akar singkong yang mengalami nekrosis untuk mendukung sistem *machine learning* dan analisis penyakit otomatis. Penelitian tersebut menekankan pentingnya dataset citra digital dalam meningkatkan kemampuan sistem AI untuk mengenali gejala penyakit singkong secara objektif dan kuantitatif melalui teknik pengolahan citra. Sementara itu, Wosula *et al.* (2024) melaporkan bahwa kejadian dan distribusi hama serta penyakit singkong berbeda-beda pada setiap wilayah budidaya dan varietas singkong, sehingga pemantauan dan identifikasi yang cepat menjadi sangat penting dalam pengelolaan penyakit tanaman.

Penelitian mengenai penerapan teknologi AI untuk deteksi penyakit tanaman terus berkembang dalam beberapa tahun terakhir. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan model klasifikasi penyakit, dataset citra, atau survei epidemiologi. Di Indonesia, pemanfaatan aplikasi berbasis AI yang dikombinasikan dengan analisis citra digital untuk mendukung diagnosis tentatif hama dan penyakit singkong di lapangan masih jarang dilaporkan. Selain itu, informasi mengenai tingkat keparahan

penyakit yang diperoleh melalui analisis citra digital pada kondisi budidaya lokal juga masih terbatas. Perkembangan aplikasi berbasis AI pada perangkat seluler, seperti Plantix dan Agri AI, memungkinkan pengguna memperoleh diagnosis tentatif berdasarkan gejala visual yang ditangkap melalui kamera telepon pintar sehingga mendukung pemantauan kesehatan tanaman secara cepat di lapangan (Wang *et al.*, 2020; Hampf *et al.*, 2021). Perangkat lunak ImageJ telah banyak digunakan untuk analisis citra digital guna mengukur luas lesi atau area daun yang terserang secara kuantitatif, sehingga penilaian tingkat keparahan penyakit dapat dilakukan secara lebih objektif (Elliott *et al.*, 2022). Integrasi aplikasi AI untuk menghasilkan diagnosis tentatif berdasarkan gejala visual dengan analisis citra menggunakan ImageJ untuk mengukur tingkat keparahan penyakit diharapkan dapat menyediakan pendekatan yang cepat, praktis, dan lebih objektif dalam evaluasi kesehatan tanaman singkong di lapangan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan diagnosis tentatif terhadap hama dan penyakit utama pada tanaman singkong (*Manihot esculenta*) di lokasi pengamatan menggunakan aplikasi berbasis kecerdasan

buatan (AI), serta menganalisis tingkat keparahan penyakit melalui analisis citra digital. Diagnosis yang dihasilkan merupakan diagnosis awal berdasarkan gejala visual dan memerlukan konfirmasi lebih lanjut melalui analisis laboratorium untuk memastikan identitas patogen secara definitif. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi diagnosis tentatif berbasis aplikasi AI dengan analisis kuantitatif tingkat keparahan penyakit menggunakan ImageJ untuk evaluasi kesehatan tanaman singkong secara cepat pada kondisi lapangan di Indonesia. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa integrasi aplikasi berbasis AI dan analisis citra digital menggunakan ImageJ mampu mendukung diagnosis tentatif hama dan penyakit pada tanaman singkong berdasarkan gejala visual, serta menghasilkan penilaian tingkat keparahan penyakit secara cepat dan objektif pada kondisi lapangan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 23 November 2025 di tiga lokasi yang ditanami tanaman singkong (*Manihot esculenta*), yaitu Batu Besaung, Jalan Perjuangan, dan Area Persawahan Betapus, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia. Penelitian dilakukan

menggunakan metode survei lapangan untuk mengamati gejala hama dan penyakit pada tanaman singkong.

Pengambilan Sampel

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dengan menggunakan teknik *purposive sampling* dari tiga lokasi pengambilan sampel. Kriteria sampel yang dikoleksi meliputi daun singkong yang menunjukkan gejala visual serangan hama atau penyakit, memiliki gejala yang jelas dan mudah diamati, serta tidak mengalami kerusakan mekanis yang dapat memengaruhi proses diagnosis dan analisis citra. Setiap lokasi ditentukan satu tanaman singkong yang memenuhi kriteria, lalu diamati seluruh daun yang terinfeksi. Setiap daun yang menunjukkan infeksi yang serupa kemudian dipilih satu daun yang merepresentasikan penyakit dari seluruh daun yang serupa. Dengan demikian, total sampel daun yang mewakili jenis penyakit dari setiap lokasi yaitu tiga daun tanaman singkong.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi daun singkong (*Manihot esculenta*) yang diperoleh dari tiga lokasi pengamatan dan kertas putih sebagai latar belakang pengambilan

gambar. Alat yang digunakan meliputi penggaris untuk mengukur ukuran daun, gunting untuk pengambilan sampel, kamera telepon pintar untuk dokumentasi citra, serta perangkat lunak berupa aplikasi Plantix versi 5.4.2 (PEAT GmbH, Berlin, Jerman), aplikasi Agri AI versi 1.11.0 (Plantix Vision Foundation), dan perangkat lunak ImageJ versi 1.54 (National Institutes of Health, USA).

Prosedur Identifikasi Hama dan Penyakit

Identifikasi hama dan penyakit dilakukan menggunakan aplikasi Plantix dan Agri AI dengan pendekatan identifikasi berbasis citra mengacu pada metode Rosadi *et al.* (2022) yang dimodifikasi untuk tanaman singkong. Setiap daun yang menunjukkan gejala difoto menggunakan kamera telepon pintar pada kondisi pencahayaan alami dengan latar belakang polos untuk memperoleh kualitas citra yang baik.

Selanjutnya, citra daun diunggah ke aplikasi Plantix dan Agri AI untuk memperoleh hasil diagnosis otomatis. Hasil identifikasi dari kedua aplikasi kemudian dicatat dan dibandingkan untuk menentukan jenis hama atau penyakit yang terdeteksi.

Analisis Tingkat Keparahan Penyakit Menggunakan ImageJ

Analisis tingkat keparahan penyakit dilakukan menggunakan perangkat lunak ImageJ dengan metode analisis citra digital mengacu pada Rosadi *et al.* (2022) yang dimodifikasi untuk sampel daun singkong. Citra daun terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan penggaris yang disertakan pada setiap foto untuk menentukan skala pengukuran pada ImageJ. Luas total daun diukur menggunakan *polygon selection tool*, kemudian area yang terinfeksi dipilih secara manual berdasarkan gejala perubahan warna atau lesi pada daun. Persentase tingkat keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Tingkat keparahan penyakit (\%)} = \frac{\text{Luas total daun}}{\text{Luas area terinfeksi}} \times 100$$

Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan persentase tingkat keparahan penyakit antar sampel.

Diagram Alur Penelitian

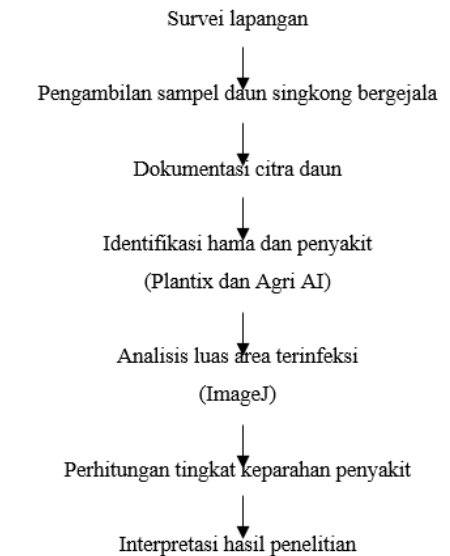
Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang tersusun secara sistematis, meliputi survei lapangan, pengambilan sampel daun singkong yang menunjukkan gejala serangan hama atau penyakit, dokumentasi citra daun, identifikasi hama dan penyakit menggunakan aplikasi Plantix dan Agri AI, analisis luas area terinfeksi menggunakan

perangkat lunak ImageJ, perhitungan tingkat keparahan penyakit, serta interpretasi hasil penelitian. Diagram alir tahapan penelitian yang dilakukan disajikan pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi gejala serangan hama dan penyakit pada daun singkong

menggunakan aplikasi digital Plantix dan Agri AI ditampilkan pada Tabel 1, sedangkan hasil pengukuran kuantitatif luas daun dan tingkat keparahan penyakit menggunakan ImageJ disajikan pada Tabel 2. Kondisi visual daun singkong dari tiga lokasi berbeda disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Tabel 1. Hasil identifikasi gejala serangan hama dan penyakit pada daun singkong menggunakan aplikasi Plantix dan Agri AI di lokasi penelitian

No.	Sampel	Lokasi	Gejala Penyakit yang Teridentifikasi	
			Plantix	Agri AI
1	Daun Singkong A	Jalan Batu Besaung, Sempaja Utara, Samarinda, Kalimantan Timur	Bercak daun coklat	Penyakit antraknosa
2	Daun Singkong B	Jalan Betapus, Sempaja Utara, Samarinda, Kalimantan Timur	bercak daun Septoria	Kerusakan akibat tungau laba-laba
3	Daun Singkong C	Jalan Perjuangan 4, Sempaja Utara, Samarinda, Kalimantan Timur	Serangan tungau laba-laba	<i>Cassava brown streak disease (CBSD)</i>

Berdasarkan hasil analisis menggunakan aplikasi Agri AI dan Plantix (Tabel 1), sampel A menghasilkan diagnosis tentatif yang berbeda. Agri AI memberikan dugaan penyakit berupa bercak daun cokelat (*brown leaf spot*), sedangkan Plantix menduga sampel tersebut mengalami antraknosa (*anthracnose*). Secara visual, sampel A (Gambar 2A) menunjukkan gejala berupa lesi berwarna cokelat hingga gelap dengan bagian tengah nekrotik, tepi lesi yang jelas, serta beberapa jaringan daun yang tampak kering, sedikit robek, dan mengalami kerusakan lokal.

Bercak daun cokelat merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman singkong yang ditandai dengan munculnya bercak nekrotik berwarna cokelat hingga cokelat tua pada permukaan daun. Seiring perkembangan penyakit, bercak dapat membesar, berbentuk bulat hingga tidak beraturan, dan pada infeksi yang berat dapat saling menyatu sehingga mengurangi luas jaringan fotosintetik yang masih aktif. Penyakit ini umumnya dikaitkan dengan infeksi jamur seperti *Cercospora* spp. atau *Cercosporidium henningsii*, meskipun gejala serupa juga dapat disebabkan oleh patogen lain sehingga identifikasi berdasarkan gejala visual saja belum

cukup untuk memastikan penyebab penyakit secara definitif (Nascimento *et al.*, 2024).

Berbeda dengan dugaan bercak daun cokelat yang dihasilkan Agri AI, Plantix memberikan diagnosis tentatif berupa antraknosa. Penyakit antraknosa pada singkong umumnya disebabkan oleh patogen jamur dari genus *Colletotrichum*, khususnya kompleks spesies *Colletotrichum* yang menginfeksi jaringan tanaman dan menyebabkan lesi nekrotik (Machado *et al.*, 2024). Infeksi *Colletotrichum* umumnya diawali dengan munculnya bercak kecil berwarna cokelat gelap pada jaringan daun, yang kemudian berkembang menjadi lesi nekrotik tidak beraturan dengan batas yang relatif jelas. Seiring perkembangan infeksi, lesi dapat membesar dan menyebabkan jaringan daun mengering serta menjadi rapuh. Pada tingkat keparahan yang tinggi, lesi dapat saling menyatu membentuk area nekrotik yang lebih luas (Zhou & Li, 2017).

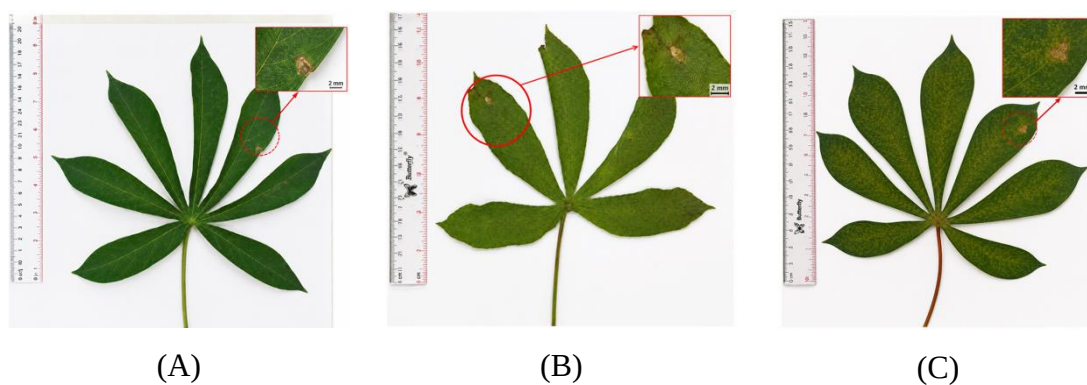
Deteksi penyakit tanaman berbasis citra daun telah berkembang pesat dengan memanfaatkan metode *deep learning*. Pendekatan ini menggunakan jaringan saraf dalam, terutama *convolutional neural network* (CNN), untuk mengekstraksi fitur visual secara otomatis dari citra daun seperti perubahan warna,

bentuk lesi, dan tekstur permukaan. Model-model tersebut mampu melakukan klasifikasi penyakit tanpa perlu rekayasa fitur manual, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem deteksi dibandingkan metode pengolahan citra tradisional (Bibi *et al.*, 2021). Pendekatan *spectral imaging* juga meningkatkan kemampuan deteksi dini infeksi jamur sebelum terjadi kerusakan jaringan yang berat (Mahlein, 2016). Selain itu, model deep learning meningkatkan akurasi klasifikasi dengan mengekstraksi fitur visual kompleks dari daun yang terinfeksi penyakit (Mohanty *et al.*, 2016; Ferentinos, 2018).

Kesesuaian antara pengamatan visual dan deteksi berbasis AI pada Sampel A mendukung bahwa gejala yang diamati konsisten dengan infeksi jamur, khususnya antraknosa. Pada Sampel B,

Agri AI mengidentifikasi kerusakan akibat tungau laba-laba, sedangkan Plantix mendiagnosis bercak daun cokelat akibat infeksi jamur (Tabel 1). Gejala yang diamati berupa lesi cokelat dengan batas yang jelas dan bagian tengah nekrotik (Gambar 2B).

Perbedaan hasil identifikasi tersebut menunjukkan bahwa beberapa gejala dapat saling tumpang tindih. Infeksi jamur tahap awal dan kerusakan akibat aktivitas makan tungau sama-sama dapat menghasilkan bercak kecil berwarna berbeda pada daun. Penilaian visual tingkat keparahan penyakit dapat bervariasi akibat kemiripan gejala dan interpretasi subjektif pengamat (Bock *et al.*, 2021). Selain itu, alat diagnosis digital dapat menghasilkan diagnosis yang berbeda bergantung pada dataset pelatihan dan kualitas citra yang digunakan.



Gambar 2. Sampel daun singkong yang digunakan dalam penelitian dari tiga lokasi pengamatan: (A) Batu Besaung, (B) Jalan Perjuangan, dan (C) Area Persawahan Betapus.

Gejala yang diamati pada sampel perlu dibandingkan dengan penyakit lain yang memiliki kemiripan karakteristik untuk memperkuat interpretasi hasil diagnosis tentatif. Salah satu penyakit yang memiliki gejala serupa adalah *Cassava brown streak disease* (CBSD), yang disebabkan oleh *Cassava brown streak virus* (CBSV) dan *Ugandan cassava brown streak virus* (UCBSV). Infeksi CBSD umumnya ditandai dengan klorosis pada tulang daun sekunder, *vein clearing*, serta nekrosis pada umbi akar yang merupakan gejala khas penyakit ini (Tomlinson *et al.*, 2018). Penyakit tersebut bersifat sistemik dan penyebarannya di lapangan sangat dipengaruhi oleh keberadaan kutu kebul *Bemisia tabaci* sebagai vektor yang mentransmisikan virus secara semi-persisten melalui aktivitas makan pada jaringan tanaman (Maruthi *et al.*, 2017). Selain itu, CBSD telah dilaporkan menyebar di berbagai wilayah produksi singkong di Afrika Timur dan Tengah dengan tingkat keparahan yang tinggi serta menyebabkan penurunan hasil akibat kerusakan jaringan akar (Robson *et al.*, 2024). Meskipun beberapa gejala pada sampel memiliki kemiripan dengan CBSD, diagnosis yang diperoleh dalam penelitian ini tetap bersifat tentatif karena hanya didasarkan

pada gejala visual dan belum dikonfirmasi melalui pengujian laboratorium.

Sebaliknya, penyakit bercak daun akibat jamur cenderung bersifat lokal dan ditandai dengan bagian tengah nekrotik yang memiliki batas yang jelas (Chiang *et al.*, 2021; Nascimento *et al.*, 2024). Gejala yang diamati pada Sampel B terbatas pada area tertentu daun tanpa adanya klorosis sistemik maupun distorsi tulang daun, sehingga lebih sesuai dengan karakteristik infeksi jamur dibandingkan infeksi virus. Hasil analisis kuantitatif menggunakan ImageJ juga menunjukkan adanya area daun yang terinfeksi secara lokal dan dapat diukur. Oleh sebab itu, Sampel B diduga mengalami penyakit bercak daun akibat infeksi jamur berdasarkan kemiripan gejala visual dan hasil analisis citra digital.

Pada Sampel C, Agri AI mengidentifikasi serangan CBSD, sedangkan Plantix mendiagnosis tungau laba-laba (*Tetranychus* sp.) (Tabel 1). Kedua diagnosis tersebut secara biologis konsisten karena *cassava green mite* termasuk ke dalam famili Tetranychidae.

Gejala yang diamati pada tanaman singkong meliputi perubahan warna daun berupa bercak kuning kehijauan, tampilan *bronzing* (seperti perunggu), bercak klorotik, daun menggulung, serta adanya

jaringan daun yang mengalami kekeringan (Gambar 2C). Salah satu penyakit penting yang dapat menunjukkan gejala tersebut adalah CBSD yang disebabkan oleh CBSV dan UCBSV. CBSD mengganggu fungsi fisiologis tanaman, termasuk penurunan kapasitas fotosintesis akibat kerusakan jaringan daun, serta menjadi ancaman serius pada produksi singkong karena bersifat sistemik dan dapat menyebar dengan cepat sehingga berdampak pada penurunan hasil (Tomlinson *et al.*, 2018; Robson *et al.*, 2024). Selain penyakit garis cokelat singkong (CBSD) tersebut, gejala serupa pada daun singkong juga dapat disebabkan oleh serangan hama pengisap seperti *cassava green mite* (*Mononychellus tanajoa*).

Serangan tungau yang berat dapat menurunkan perkembangan daun serta mengurangi hasil tanaman secara signifikan akibat gangguan pada jaringan fotosintetik. Infestasi *cassava green mite* diketahui menyebabkan kerusakan pada daun muda melalui aktivitas pengisapan cairan sel, yang mengakibatkan penurunan klorofil, munculnya bercak klorotik, serta penurunan kapasitas fotosintesis tanaman (Ezenwaka *et al.*, 2018). Metode digital *phenotyping* telah digunakan untuk

mendeteksi pola kerusakan akibat hama. Analisis fenotipe berbasis citra mampu membedakan berbagai jenis cekaman biotik melalui analisis distribusi warna dan pola spasial (Mutka dan Bart, 2015). Model *deep learning* yang dilatih menggunakan citra daun singkong juga menunjukkan tingkat akurasi tinggi dalam mengklasifikasikan kerusakan akibat tungau dan gejala virus (Ramcharan *et al.*, 2017).

Penelitian terbaru turut mengonfirmasi bahwa *convolutional neural networks* mampu membedakan gejala hama dan penyakit secara efektif (Thai *et al.*, 2023).

Analisis Kuantitatif Menggunakan ImageJ

Hasil analisis kuantitatif menggunakan ImageJ disajikan pada Tabel 3. Sampel B menunjukkan persentase tingkat keparahan penyakit tertinggi, yaitu sebesar 2,01%, sedangkan Sampel A dan Sampel C memiliki nilai yang lebih rendah. Persentase tersebut dihitung berdasarkan perbandingan antara luas area daun yang terinfeksi dan luas total daun, sehingga mencerminkan proporsi kerusakan pada masing-masing sampel.

Tabel 2. Analisis tingkat keparahan penyakit pada daun singkong

No.	Sampel	LA (cm ²)	LAT (cm ²)	LAS (cm ²)	TKP (%)
1	Daun Singkong A	205,502	0,683	204,819	0,33%
2	Daun Singkong B	106,389	2,148	104,241	2,01%
3	Daun Singkong C	243,770	1,825	241,945	0,74%

Keterangan: LA = Luas area, LAP = Luas area terinfeksi, LATP = Luas area tidak terinfeksi, TKP = Tingkat keparahan penyakit

Pengukuran tingkat keparahan penyakit menggunakan ImageJ memberikan data kuantitatif yang objektif terhadap luas area daun yang terinfeksi. Dibandingkan metode penilaian visual tradisional, analisis citra digital dapat mengurangi bias pengamat dan meningkatkan konsistensi hasil pengukuran. Fotografi digital dan analisis citra memungkinkan estimasi tingkat keparahan penyakit secara objektif melalui metode segmentasi berbasis piksel (Barbedo, 2018).

Penilaian penyakit yang akurat sangat penting karena patogen tanaman menyebabkan kehilangan hasil pertanian yang signifikan secara global. Penyakit dan hama tanaman berkontribusi besar terhadap penurunan produktivitas pertanian di seluruh dunia (Savary *et al.*, 2019). Pada sistem produksi singkong, serangan hama dan penyakit masih menjadi kendala utama dalam budidaya tanaman (Swibawa *et al.*, 2020; Wosula *et*

al., 2024; Dankwa *et al.*, 2025). Deteksi dini dan diagnosis yang tepat sangat penting untuk mendukung pengelolaan tanaman dan ketahanan pangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan aplikasi Plantix, Agri AI, dan perangkat lunak ImageJ, sampel daun singkong A, B, dan C menunjukkan adanya dugaan serangan hama dan penyakit yang berbeda, meliputi bercak daun cokelat, antraknosa, dan serangan tungau. Hasil diagnosis tentatif menggunakan Plantix dan Agri AI umumnya menunjukkan kesesuaian, meskipun pada Sampel B terdapat perbedaan interpretasi yang diduga disebabkan oleh kemiripan gejala visual pada tahap awal infeksi. Analisis menggunakan ImageJ menunjukkan bahwa Sampel B memiliki tingkat keparahan penyakit tertinggi, sedangkan Sampel C memiliki luas daun terbesar.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa analisis citra digital dapat memberikan informasi kuantitatif mengenai tingkat keparahan penyakit sebagai pelengkap diagnosis tentatif berbasis AI. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan tiga sampel daun yang mewakili tiga lokasi pengamatan sehingga hasil yang diperoleh belum dapat menggambarkan kondisi tanaman singkong secara umum. Oleh karena itu, diagnosis yang dihasilkan bersifat tentatif dan masih memerlukan konfirmasi melalui analisis laboratorium untuk memastikan identitas patogen secara definitif.

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel daun yang lebih banyak dengan cakupan lokasi pengamatan yang lebih luas agar hasil diagnosis tentatif dan analisis tingkat keparahan penyakit menjadi lebih representatif. Selain itu, diperlukan verifikasi laboratorium untuk mengevaluasi ketepatan diagnosis yang dihasilkan oleh aplikasi berbasis AI. Pengembangan penelitian juga dapat diarahkan pada integrasi teknologi AI dan analisis citra digital untuk mendukung sistem pemantauan kesehatan tanaman singkong secara *real time* dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbedo, J.G.A., 2018. Impact of dataset size and variety on the effectiveness of deep learning and transfer learning for plant disease classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 46–53.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.013>
- Bibi, M.J., Karpagavalli, S., Kalaivani, A., (2021) ‘Critical review of deep learning algorithms for plant diseases by leaf recognition’, *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, 27(5), pp. 720–729.
 10.47750/cibg.2021.27.05.044.
- Bock, C.H., Chiang, K.-S., Del Ponte, E.M., 2021. Plant disease severity estimated visually: A century of research, best practices, and opportunities for improving methods and practices to maximize accuracy. *Tropical Plant Pathology*, 47(1), 25–42.
<https://doi.org/10.1007/s40858-021-00439-z>
- Chiang, K.-S., Bock, C.H., 2021. Understanding the ramifications of quantitative ordinal scales on accuracy of estimates of disease severity and data analysis in plant pathology. *Tropical Plant Pathology*, 47(1), 58–73.
<https://doi.org/10.1007/s40858-021-00446-0>
- Dankwa, K.O., Gimode, W., Olanmi, B., 2025. A review of global cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production trends, post-harvest physiological deterioration (PPD) challenge, and control strategies. *Discover Food*, 5(1).
<https://doi.org/10.1007/s44187-025-00629-7>
- Elliott, K., Berry, J. C., Kim, H., Bart, R. S. (2022). A comparison of ImageJ

- and machine learning based image analysis methods to measure cassava bacterial blight disease severity. *Plant Methods*, 18, Article 86. <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00906-x>
- Ezenwaka, L., Del Carpio, D.P., Jannink, J.-L., Rabbi, I., Danquah, E., Asante, I., Danquah, A., Blay, E., Egesi, C., 2018. Genome-wide association study of resistance to *cassava green mite* pest and related traits in cassava. *Crop Science*, 58, 1907–1918. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0024>
- Ferentinos, K.P., 2018. Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.009>
- Hampf, A. C., Nendel, C., Strey, S., Strey, R. (2021). Biotic yield losses in the Southern Amazon, Brazil: Making use of smartphone-assisted plant disease diagnosis data. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 621168. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.621168>
- Liu, J., Wang, X., 2021. Plant diseases and pests detection based on deep learning: A review. *Plant Methods*, 17, 22. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00722-9>
- Machado, S.d.C.S., Veloso, J.S., Câmara, M.P.S., Vieira, W.A.S., Jumbo, L.O.V., Aguiar, R.W.S., Cangussu, A.S.R., Giongo, M.V., Moraes, C.B., Campos, F.S., Araújo, S.H.C., Oliveira, E.E., dos Santos, G.R., 2024. Diversity, prevalence and virulence of *Colletotrichum* species causing anthracnose on cassava leaves in the northern region of Brazil. *Journal of Fungi*, 10(6), 367. <https://doi.org/10.3390/jof10060367>
- Mahlein, A.-K., 2016. Plant disease detection by imaging sensors – Parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100(2), 241–251. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE>
- Maruthi, M.N., Jeremiah, S.C., Mohammed, I.U., Legg, J.P., 2017. The role of the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), and farmer practices in the spread of cassava brown streak ipomoviruses. *Journal of Phytopathology*, 165, 707–717. <https://doi.org/10.1111/jph.12609>
- Mkamilo, G., Kimata, B., Masinde, E.A., Masisila, F.F., Menya, R.O., Matondo, D., Maruthi, M.N., 2024. Impact of viral diseases and whiteflies on the yield and quality of cassava. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(3), 959–970. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00903-3>
- Mohanty, S.P., Hughes, D.P., Salathé, M., 2016. Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1419. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01419>
- Nakatumba-Nabende, J., Akera, B., Tusubira, J.F., Nsumba, S., Mwebaze, E., 2020. A dataset of necrotized cassava root cross-section images. *Data in Brief*, 32, 106170. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106170>
- Nascimento, J.H.B., Andrade, L.R.B.d., Oliveira, S.A.S.d., Oliveira, E.J.d., 2024. Phenotypic variability in resistance to anthracnose, white, brown, and blight leaf spot in cassava germplasm. *Plants*, 13(9), 1187. <https://doi.org/10.3390/pl13091187>

- <https://doi.org/10.3390/plants13091187>
- Ramcharan, A., Baranowski, K., McCloskey, P., Ahmed, B., Legg, J., Hughes, D.P., 2017. Deep learning for image-based cassava disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1852. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01852>
- Ramcharan, A., McCloskey, P., Baranowski, K., Mbilinyi, N., Mrisho, L., Ndalahwa, M., Legg, J., Hughes, D.P., 2019. A mobile-based deep learning model for cassava disease diagnosis. *Frontiers in Plant Science*, 10, 272. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00272>
- Robson, F., Hird, D.L., Boa, E., 2024. Cassava brown streak: a deadly virus on the move. *Plant Pathology*, 73, 221–241. <https://doi.org/10.1111/ppa.13807>
- Rosadi, I., Ayuni, C.L.Q., Nurcahyani, I., Muhammadiyah, M., Butar-Butar, I.P.P., Oktavianingsih, L., 2022. Analisis tingkat keparahan penyakit pada daun tanaman pangan dengan menggunakan software ImageJ dan Plantix. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 100–108. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4575>
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J., Esker, P., McRoberts, N., Nelson, A., 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3, 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Swibawa, I.G., Susilo, F.X., Aeny, T.N., Utomo, S.D., Yuliadi, E., 2020. Infestation of major pests and diseases on various cassava clones in Lampung-Indonesia. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 20(1), 13–18. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.12013-18>
- Thai, H.-T., Le, K.-H., Nguyen, N.L.-T., 2023. FormerLeaf: an efficient vision transformer for cassava leaf disease detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 204, 107518. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107518>
- Wang, S., Di Tommaso, S., Faulkner, J., Friedel, T., Kennepohl, A., Strey, R., Lobell, D. B. (2020). Mapping crop types in Southeast India with smartphone crowdsourcing and deep learning. *Remote Sensing*, 12(18), 2957. <https://doi.org/10.3390/rs12182957>
- Wosula, E.N., Shirima, R.R., Amour, M., Woyengo, V.W., Otunga, B.M., Legg, J.P., 2024. Occurrence and distribution of major cassava pests and diseases in cultivated cassava varieties in Western Kenya. *Viruses*, 16(9), 1469. <https://doi.org/10.3390/v16091469>
- Zhou, Z., Li, Y.L., 2017. First report of *Colletotrichum cliviae* causing anthracnose on *Zamioculcas zamiifolia* in Henan Province, China. *Plant Disease*, 101(5), 838. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-16-1466-PDN>