ORYZA: Jurnal Pendidikan Biologi
https://doi.org/10.33627/oz.v15i2.4586

Vol. 15 No. 2 November 2026
e-ISSN:2599-1337 p- ISSN:2089-3205

Identifikasi Penyakit Jambu Biji Berbasis Citra Digital Menggunakan Agri AI, Plantix, dan ImageJ di Samarinda

Linda Oktavianingsih[1], Muhammadiyah[2*], Ervinda Yuliatin[3], Dita Afriani[4], Fitara Syahrita[5]

[1,3,4,5]Department Biology, Faculty Mathematic and Natural Science, Mulawarman University, Jl. Barong Tongkok no.4 Komplek Kampus Gn. Kelua, Samarinda-Kalimantan Timur 25119, Indonesia
[2]Department of Biotechnology, School of Life Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Lebak Siliwangi, Coblong District, Bandung City, West Java 40132, Indonesia
E-mail: muhammadiyah0724@gmail.com[2*]

Article Info

Article History
Received: 2026-07-01
Revised: 2026-08-24
Published: 2026-11-18

Keywords:
artificial intelligence; digital image analysis; digital plant pathology; disease detection; nutrient deficiency

Abstract

Guava (Psidium guajava L.) is a tropical fruit crop susceptible to nutrient deficiencies, pest attacks, and diseases that can reduce productivity and fruit quality. This study aimed to identify leaf diseases and physiological disorders and to measure their severity using a digital diagnostic and image analysis approach. The study was conducted in Blocks A and B of Gang Tinggiran, Jalan Pangeran Suryanata, Samarinda, East Kalimantan. Samples were selected using purposive sampling based on leaves exhibiting visible damage symptoms, while leaf positions on the plants were selected randomly. A total of four leaves from four different trees were used as samples. The samples were visually documented and analyzed using Plantix and Agri AI to obtain preliminary identification based on visual symptoms, while ImageJ was used to measure leaf area and symptomatic area and to quantitatively calculate disease severity. The analysis identified potassium deficiency, whitefly infestation, anthracnose (Colletotrichum sp.), guava rust (Puccinia psidii), and leaf spot (Hyaloderma sp.). Disease severity ranged from 6.64% to 20.13%, with an average of 11.10%. The integration of the three tools enabled preliminary identification of plant health disorders and quantification of leaf damage. This approach can support early monitoring, severity assessment, and more targeted disease management. However, application-based identification requires confirmation using conventional or laboratory diagnostic methods.

Artikel Info

Sejarah Artikel
Diterima: 2026-07-01
Direvisi: 2026-08-24
Dipublikasi: 2026-11-18

Kata kunci:
analisis citra digital; defisiensi hara; deteksi penyakit; kecerdasan buatan; patologi tumbuhan digital

Abstrak

Jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan tanaman buah tropis yang rentan terhadap defisiensi hara, serangan hama, dan penyakit yang dapat menurunkan produktivitas serta kualitas buah. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyakit daun dan gangguan fisiologis serta mengukur tingkat keparahannya menggunakan pendekatan diagnosis digital dan analisis citra. Penelitian dilakukan di Blok A dan Blok B Gang Tinggiran, Jalan Pangeran Suryanata, Samarinda, Kalimantan Timur. Sampel ditentukan menggunakan *purposive sampling* berdasarkan daun yang menunjukkan gejala kerusakan, dengan posisi daun dipilih secara acak. Sebanyak empat daun dari empat pohon berbeda digunakan sebagai sampel. Sampel didokumentasikan dan dianalisis menggunakan Plantix dan Agri AI untuk memperoleh identifikasi awal berdasarkan gejala visual, sedangkan ImageJ digunakan untuk mengukur luas daun dan area bergejala serta menghitung tingkat keparahan secara kuantitatif. Hasil analisis mengidentifikasi defisiensi kalium, serangan kutu kebul, antraknosa (*Colletotrichum* sp.), karat jambu (*Puccinia psidii*), dan bercak daun (*Hyaloderma* sp.). Tingkat keparahan penyakit berkisar 6,64–20,13%, dengan rata-rata 11,10%. Integrasi ketiga perangkat memungkinkan identifikasi awal gangguan kesehatan tanaman dan kuantifikasi kerusakan daun. Pendekatan ini dapat mendukung pemantauan awal, penilaian tingkat keparahan, dan penentuan tindakan pengelolaan penyakit secara lebih terarah. Hasil identifikasi berbasis aplikasi tetap memerlukan konfirmasi melalui metode diagnostik konvensional atau laboratorium.

PENDAHULUAN

Patologi tumbuhan merupakan salah satu cabang ilmu perlindungan tanaman yang mempelajari berbagai faktor penyebab kerusakan tanaman, baik yang berasal dari faktor biotik maupun abiotik. Faktor biotik meliputi jamur, bakteri, virus, dan serangga hama, sedangkan faktor abiotik mencakup suhu, kelembapan, serta persaingan dengan gulma (Hanik et al., 2023). Perkembangan

penyakit pada tanaman dijelaskan melalui konsep segitiga penyakit (*disease triangle*), yang menyatakan bahwa penyakit terjadi akibat interaksi antara tanaman inang yang rentan, patogen yang virulen, dan kondisi lingkungan yang mendukung (Scholthof, 2006). Pada wilayah beriklim tropis, kelembapan udara yang tinggi menjadi salah satu faktor yang dapat mempercepat perkembangan penyakit sehingga berpotensi menimbulkan kerugian yang cukup besar pada berbagai komoditas hortikultura, termasuk jambu biji.

Jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan tanaman buah tropis yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta kandungan gizi yang bermanfaat bagi kesehatan. Tanaman ini banyak dibudidayakan karena mampu beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan dan memiliki umur produktif yang relatif panjang. Meskipun demikian, produktivitas jambu biji masih sering mengalami penurunan akibat serangan hama maupun penyakit. Beberapa gangguan yang umum ditemukan pada tanaman ini antara lain larva Lepidoptera, kutu sisik, kutu kebul (*whitefly*), lalat buah, nematoda (*Meloidogyne* spp.), serta penyakit antraknosa, karat merah, dan busuk buah (Triwidodo et al., 2021; Gazis et al., 2024; Cruz Lagunas et al., 2023). Serangan tersebut dapat menghambat proses fotosintesis sehingga berdampak pada penurunan kualitas maupun hasil produksi buah.

Identifikasi penyakit tanaman secara cepat dan akurat masih menjadi tantangan dalam pengamatan di lapangan. Gejala yang ditimbulkan oleh berbagai patogen maupun gangguan fisiologis sering kali memiliki kemiripan sehingga identifikasi berdasarkan pengamatan visual cenderung bersifat subjektif. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kesalahan diagnosis yang berujung pada penerapan tindakan pengendalian yang kurang tepat dan akhirnya meningkatkan risiko kehilangan hasil panen. Perkembangan teknologi digital memberikan alternatif dalam mendukung diagnosis penyakit tanaman melalui aplikasi berbasis kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan analisis citra digital. Aplikasi seperti Plantix dan Agri AI mampu mengidentifikasi penyakit tanaman, serangan hama, serta defisiensi hara berdasarkan sistem pengenalan citra daun (Siddiqua et al., 2022). Selain itu, perangkat lunak ImageJ dapat dimanfaatkan untuk mengukur luas area daun yang terinfeksi melalui analisis citra berbasis piksel sehingga tingkat keparahan penyakit dapat dihitung secara lebih objektif (Rosadi et al., 2022).

Perkembangan metode *machine learning* dan *computer vision* semakin meningkatkan kemampuan sistem diagnosis penyakit tanaman melalui pengenalan pola gejala yang kompleks dari kumpulan citra digital dalam jumlah besar (Ray et al., 2025). Namun, sebagian besar penelitian identifikasi penyakit jambu biji yang telah dilakukan sejauh ini masih mengandalkan pengamatan visual manual di lapangan atau hanya menggunakan satu jenis aplikasi atau model diagnosis berbasis citra untuk mengenali gejala, tanpa dilengkapi pengukuran kuantitatif terhadap

tingkat keparahan penyakit. Nandi et al. (2023) mengembangkan sistem deteksi penyakit daun dan buah jambu biji menggunakan lima arsitektur *convolutional neural network* (CNN) yang berfokus pada klasifikasi jenis penyakit, tanpa mengukur luas area daun terinfeksi maupun tingkat keparahannya secara kuantitatif. Demikian pula, Ashish et al. (2026) memanfaatkan *Teachable Machine* sebagai satu-satunya platform kecerdasan buatan untuk mengklasifikasikan penyakit daun jambu biji, namun juga belum mengintegrasikan alat pengukuran citra untuk penilaian keparahan penyakit secara objektif. Pendekatan-pendekatan tersebut masih rentan terhadap keterbatasan subjektivitas dan belum mampu memberikan data kuantitatif yang dapat dibandingkan secara objektif antarwaktu maupun antarlokasi. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan beberapa perangkat digital secara bersamaan, yaitu aplikasi diagnosis berbasis AI (Plantix dan Agri AI) dengan perangkat lunak pengukuran citra berbasis piksel (ImageJ) untuk identifikasi penyakit sekaligus penilaian tingkat keparahannya pada tanaman jambu biji di kondisi lapangan masih relatif terbatas, khususnya di Kota Samarinda, Kalimantan Timur.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi tiga perangkat digital sekaligus dalam satu alur kerja diagnosis, yaitu Plantix dan Agri AI sebagai alat identifikasi awal berbasis kecerdasan buatan untuk mengenali jenis gangguan atau penyakit, serta ImageJ sebagai alat kuantifikasi objektif untuk mengukur luas area daun terinfeksi dan menghitung tingkat keparahan penyakit. Pendekatan gabungan ini memungkinkan validasi silang antara hasil diagnosis kualitatif (jenis penyakit atau gangguan) dan data kuantitatif (persentase keparahan), yang belum diterapkan pada penelitian identifikasi penyakit jambu biji sebelumnya, khususnya yang berbasis pada pendekatan CNN tunggal (Nandi et al., 2023) maupun platform AI tunggal seperti *Teachable Machine* (Ashish et al., 2026), sehingga penelitian ini memberikan kontribusi metodologis baru khususnya di wilayah tropis dengan kondisi lapangan seperti Samarinda, Kalimantan Timur.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi gangguan pada daun jambu biji serta mengukur tingkat keparahan penyakit menggunakan pendekatan analisis citra digital dengan memanfaatkan aplikasi Plantix, Agri AI, dan perangkat lunak ImageJ. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih objektif mengenai kondisi kesehatan tanaman serta menjadi alternatif metode yang praktis dalam mendukung diagnosis penyakit dan pengelolaan kesehatan tanaman jambu biji.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 12 hingga 30 November 2025 di Jalan Pangeran Suryanata, Gang Tinggiran Blok A dan Blok B, Kota Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia. Pengambilan sampel dilakukan dalam satu hari pengamatan pada rentang waktu tersebut. Lokasi penelitian merupakan lahan

pekarangan warga dengan populasi tanaman jambu biji yang ditanam tanpa naungan, pada kondisi iklim tropis lembap khas Samarinda, yang secara umum mendukung perkembangan hama dan patogen daun pada tanaman hortikultura.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi kamera telepon pintar untuk mendokumentasikan sampel daun, aplikasi Plantix versi 3.9.1 (PEAT GmbH, Jerman), aplikasi Agri AI versi 1.0, perangkat lunak ImageJ versi 1.54 (National Institutes of Health, Amerika Serikat), penggaris berskala milimeter yang disertakan dalam setiap pengambilan foto sebagai acuan kalibrasi skala piksel-ke-satuan panjang pada ImageJ, dan komputer yang digunakan untuk pengolahan citra dan analisis data.

Bahan yang digunakan berupa daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) yang menunjukkan gejala serangan hama, infeksi penyakit, atau defisiensi hara. Selain itu, kertas HVS putih digunakan sebagai latar belakang saat pengambilan gambar untuk menghasilkan kondisi pencitraan yang seragam sehingga memudahkan proses analisis citra. Pengambilan foto dilakukan di laboratorium pada jarak dan sudut yang relatif tetap tegak lurus terhadap permukaan daun, jarak ±30 cm, menggunakan pencahayaan lampu ruangan yang seragam untuk meminimalkan bias akibat bayangan dan pantulan cahaya.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode observasional deskriptif dengan pendekatan analisis citra digital. Rancangan penelitian difokuskan pada identifikasi visual serta kuantifikasi tingkat kerusakan daun berdasarkan citra digital yang dianalisis menggunakan perangkat lunak dan aplikasi berbasis kecerdasan buatan (*artificial intelligence*).

Subjek penelitian berupa daun jambu biji yang memperlihatkan gejala gangguan fisiologis, meliputi serangan hama, penyakit, maupun defisiensi hara yang ditemukan di lokasi penelitian.

Teknik Pengambilan Sampel

Populasinya adalah seluruh tanaman jambu biji yang tumbuh di lokasi penelitian. Sampel daun ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu daun dipilih secara sengaja berdasarkan kriteria menunjukkan gejala kerusakan akibat penyakit, tanpa membatasi posisi daun pada tanaman (posisi daun dipilih secara acak). Total sampel yang diambil dan dianalisis adalah 4 lembar daun, masing-masing berasal dari 1 pohon jambu biji yang berbeda. Setiap sampel daun yang terpilih dipetik dari lokasi penelitian, kemudian dibawa ke laboratorium untuk didokumentasikan.

Prosedur Identifikasi Menggunakan Plantix dan Agri AI

Setiap citra daun yang telah didokumentasikan diunggah ke aplikasi Plantix dan Agri AI secara terpisah pada hari yang sama dengan pengambilan sampel. Pada aplikasi Plantix, citra dianalisis melalui fitur deteksi otomatis (*crop scan*), yang menghasilkan luaran berupa nama gangguan berupa hama, penyakit, atau defisiensi hara, tingkat kepercayaan diagnosis, serta rekomendasi penanganan. Plantix dipilih sebagai salah satu alat identifikasi karena dilaporkan

memiliki akurasi diagnostik di atas 90%, meskipun akurasinya dapat dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, ketajaman gambar, jenis tanaman, dan posisi gejala pada daun (Kumar & Al, 2025). Prosedur serupa dilakukan pada aplikasi Agri AI dengan mengunggah citra yang sama ke fitur identifikasi gejala. Hasil identifikasi dari kedua aplikasi berupa nama gangguan dan kategori penyebab dicatat pada tabel kerja untuk masing-masing sampel, kemudian dibandingkan untuk melihat tingkat kesesuaian antar-aplikasi.

Selanjutnya, citra daun dianalisis menggunakan aplikasi Plantix dan Agri AI untuk mengidentifikasi kemungkinan penyakit, serangan hama, maupun defisiensi hara berdasarkan pola gejala yang terdeteksi. Hasil identifikasi dari kedua aplikasi tersebut kemudian dicatat dan dibandingkan.

Validasi Hasil Identifikasi

Identifikasi dari Plantix dan Agri AI divalidasi silang dengan dua cara guna meningkatkan keyakinan terhadap akurasi hasil. Pertama, hasil kedua aplikasi dibandingkan satu sama lain, identifikasi dianggap konsisten apabila kedua aplikasi menunjukkan jenis gangguan yang sama. Kedua, gejala visual pada citra dicocokkan dengan pustaka diagnostik hama dan penyakit tanaman jambu biji, mengacu pada panduan diagnostik dari Gazis-Seregina et al. (2024). Apabila hasil kedua aplikasi berbeda, penentuan akhir gangguan mengacu pada kecocokan gejala visual dengan pustaka diagnostik tersebut.

Tingkat keparahan kerusakan daun selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ. Analisis dilakukan mengikuti prosedur Pride et al. (2020). Pertama, skala citra dikalibrasi menggunakan penggaris yang difoto bersama daun (*Analyze > Set Scale*) sehingga satuan piksel dikonversi ke satuan panjang sebenarnya (cm). Kedua, luas total daun diukur dengan menyeleksi seluruh area daun menggunakan alat seleksi *color threshold* (*Image > Adjust > Color Threshold*) dengan rentang *hue*, *saturation*, dan *brightness* yang disesuaikan hingga seluruh helai daun tersegmentasi dari latar belakang, kemudian dikonversi ke citra biner (*Process > Binary > Make Binary*) sebelum diukur luasnya (*Analyze > Measure*). Ketiga, luas area bergejala diukur dengan mengulang prosedur *threshold* pada citra yang sama, kali ini hanya menyeleksi area bergejala, seperti bercak, nekrosis, atau perubahan warna.

Setiap citra diproses untuk memperoleh luas total daun dan luas area daun yang terinfeksi. Persentase tingkat keparahan penyakit dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$TKP = \frac{LADB}{LTD} \times 100\%$$

Keterangan:
TKP = tingkat keparahan penyakit (%)
LADB = luas area daun yang bergejala
LTD = luas total daun

Variabel yang diamati meliputi jenis gangguan tanaman berupa serangan hama, penyakit, dan defisiensi hara berdasarkan hasil identifikasi menggunakan Plantix dan Agri AI, luas area daun yang terinfeksi berdasarkan analisis ImageJ, serta persentase tingkat keparahan penyakit.

Analisis Data

Data hasil identifikasi dan pengukuran tingkat keparahan penyakit dianalisis secara deskriptif, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Nilai tingkat keparahan dinyatakan dalam persentase dan dibandingkan antar sampel untuk menggambarkan variasi kerusakan daun jambu biji pada lokasi penelitian. Prosedur analisis citra mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Rosadi et al. (2022) serta Pride et al. (2020) untuk tahap kalibrasi dan pengukuran area pada ImageJ.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan morfologi serta identifikasi gejala penyakit pada daun jambu biji yang dikoleksi dari Jalan Pangeran Suryanata, Gang Tinggiran Blok A dan Blok B, Kota Samarinda, Kalimantan Timur, disajikan pada Gambar 1. Tanaman jambu biji (*Psidium guajava* L.) menunjukkan variasi gejala pada setiap lokasi pengamatan. Daun yang berasal dari Blok A memperlihatkan gejala berupa bercak cokelat, klorosis (menguning), serta serangan kutu kebul (*whitefly*). Sementara itu, daun dari Blok B menunjukkan kerusakan pada jaringan di antara tulang daun (*interveinal damage*) disertai bercak berwarna kuning hingga cokelat tua. Perbedaan gejala tersebut mengindikasikan adanya pengaruh faktor biotik maupun abiotik terhadap kondisi kesehatan tanaman. Menurut Scholthof (2006), perkembangan penyakit tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara tanaman inang, patogen, dan kondisi lingkungan yang sesuai.



(I) (II) (III) (IV)

Gambar 1. Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) yang diamati pada lokasi penelitian di Blok A (Sampel I dan II) dan Blok B (Sampel III dan IV)

Berdasarkan hasil visualisasi area bergejala menggunakan ImageJ, keempat sampel daun jambu biji menunjukkan perbedaan pola dan intensitas gejala penyakit. Pada sampel I, area bergejala terlihat terbatas dan terkonsentrasi pada bagian ujung daun. Sampel II menunjukkan bercak-bercak merah berukuran kecil yang tersebar pada beberapa bagian permukaan daun. Sampel III memperlihatkan area bergejala yang lebih luas, terutama pada bagian tepi hingga bagian bawah daun, disertai perubahan warna daun menjadi kekuningan. Sementara itu, sampel IV menunjukkan area bergejala yang paling dominan dan tersebar luas, terutama pada bagian tengah daun dengan pola yang mengikuti tulang daun. Tingkat keparahan

gejala menunjukkan urutan sampel IV > sampel III > sampel II > sampel I, dengan sampel IV menunjukkan gejala infeksi paling intens dibandingkan sampel lainnya.

Penggunaan ImageJ memberikan kelebihan dibandingkan penilaian visual semata karena area yang menunjukkan gejala dapat dipisahkan dan dihitung berdasarkan karakteristik piksel pada citra, sehingga menghasilkan ukuran kuantitatif yang lebih terstandar. Analisis citra digital telah banyak digunakan untuk mendeteksi, mengklasifikasikan, dan mengukur tingkat keparahan penyakit tanaman berdasarkan perubahan warna dan pola jaringan daun (Barbedo, 2013). Penggunaan ImageJ memungkinkan perbedaan tingkat keparahan antar sampel ditunjukkan secara lebih objektif melalui persentase area bergejala. Meskipun demikian, hasil pengukuran ImageJ tetap bergantung pada kualitas citra dan proses segmentasi yang digunakan. Perbedaan pencahayaan, bayangan, pantulan cahaya, warna alami daun, serta kemiripan warna antara jaringan sehat dan jaringan bergejala dapat menyebabkan sebagian area terdeteksi secara berlebihan atau tidak terdeteksi. Standardisasi kondisi pengambilan citra dan parameter segmentasi diperlukan agar hasil pengukuran dapat dibandingkan secara konsisten. Bock et al. (2022) juga menekankan bahwa akurasi penilaian keparahan penyakit dipengaruhi oleh metode pengukuran dan karakteristik gejala, sehingga penggunaan metode berbasis citra dapat membantu meningkatkan konsistensi pengukuran dibandingkan estimasi visual tanpa alat.



(I) (II) (III) (IV)

Gambar 2. Visualisasi dan pengukuran area bergejala pada setiap sampel

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan aplikasi Plantix dan Agri AI (Tabel 1), keempat sampel daun menunjukkan jenis gangguan yang berbeda. Sampel I diidentifikasi mengalami defisiensi kalium. Gejala yang diamati meliputi klorosis pada tepi daun, diikuti penggulungan daun, perubahan warna menjadi cokelat, serta nekrosis jaringan. Defisiensi kalium pada tanaman jambu biji umumnya ditandai dengan klorosis pada tepi daun dan terhambatnya pertumbuhan tanaman (Salvador et al., 1998). Kekurangan unsur hara dapat mengganggu proses fisiologis tanaman sehingga berdampak pada penurunan pertumbuhan dan produktivitas (Taiz et al., 2015; Meharg, 2012). Selain itu, perubahan warna daun merupakan salah satu indikator yang umum digunakan untuk mendeteksi

ketidakseimbangan hara pada tanaman (Lerdau, 2005). Hasil tersebut menunjukkan bahwa gangguan fisiologis akibat defisiensi hara dapat dideteksi melalui analisis berbasis aplikasi digital yang memanfaatkan pengenalan citra.

Sampel II diidentifikasi mengalami serangan kutu kebul. Gejala yang diamati berupa daun muda menguning dan menggulung, adanya lapisan lengket pada permukaan daun, serta bercak putih menyerupai kapas. Menurut Hanik et al. (2023), tanaman yang terserang kutu kebul umumnya menunjukkan gejala klorosis, penggulungan daun, dan pertumbuhan yang terhambat. Hama ini mengisap cairan tanaman sekaligus menghasilkan embun madu (*honeydew*) yang dapat memicu pertumbuhan jamur jelaga (*sooty mold*) dan menarik kehadiran semut (Naranjo et al., 2009; Oliveira et al., 2001). Serangan kutu kebul dapat terjadi sejak fase pembibitan hingga tanaman dewasa sehingga berpotensi menurunkan hasil panen (Cuthbertson, 2015). Tingginya intensitas serangan pada Sampel II diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan populasi kutu kebul, seperti suhu dan kelembapan yang relatif tinggi.

Tabel 1. Morfologi dan hasil identifikasi gejala penyakit pada setiap sampel daun jambu biji

Aplikasi	Sampel	Gejala	Hasil Identifikasi	Penyebab
Agri AI	Gambar I	Daun menguning dari bagian tepi, tepi daun mengering dan berwarna cokelat	Defisiensi kalium	Kekurangan unsur hara kalium
Agri AI	Gambar II	Terdapat bercak putih menyerupai kapas dan lapisan lengket pada permukaan daun	Serangan kutu kebul (*whitefly*)	Hama serangga (*whitefly*)
Agri AI	Gambar III	Bercak cokelat disertai klorosis pada tepi daun yang menyebar ke arah bagian tengah	Antraknosa jambu	Jamur (*Colletotrichum* sp.)
Agri AI	Gambar IV	Daun menguning disertai bercak cokelat kemerahan	Karat jambu	Jamur (*Puccinia psidii*)
Plantix	Gambar I	Daun menguning mulai dari tepi, daun menggulung, dan pertumbuhan tanaman terhambat	Defisiensi kalium	Kekurangan unsur hara kalium
Plantix	Gambar II	Daun muda menguning dan menggulung, terdapat hama pada organ tanaman	Kutu kebul (*whitefly*) atau kutu putih (*mealybug*)	Serangga (Pseudococcidae)
Plantix	Gambar III	Pertumbuhan jamur berwarna abu-abu hingga hitam pada permukaan buah dan terkadang pada daun atau cabang	Jamur jelaga (*sooty mold*)	Jamur (Pezizomycotina)
Plantix	Gambar IV	Bercak daun berwarna merah bata hingga cokelat yang dapat menyebabkan gugurnya daun	Bercak daun *Hyaloderma*	Jamur (*Hyaloderma* sp.)

Sampel III diidentifikasi mengalami infeksi antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. Gejala yang diamati berupa bercak berwarna cokelat hingga hitam yang disertai klorosis dan menyebar dari tepi menuju bagian tengah daun. Safitri (2024) melaporkan bahwa penyakit antraknosa menghasilkan lesi berbentuk bulat dengan warna kuning hingga cokelat tua yang akan meluas apabila tingkat infeksi

semakin tinggi. Gejala serupa juga dilaporkan oleh Sharma dan Kulshrestha (2015) serta Cannon et al. (2012), yaitu terbentuknya lesi nekrotik yang menyebabkan kerusakan jaringan pada tanaman yang terinfeksi. Perkembangan penyakit antraknosa umumnya berlangsung lebih cepat pada kondisi lingkungan dengan kelembapan tinggi karena patogen memerlukan kelembapan yang cukup untuk proses infeksi dan penyebaran spora.

Sampel IV menunjukkan hasil identifikasi yang berbeda antara aplikasi Agri AI dan Plantix. Berdasarkan hasil identifikasi *Agri AI*, gejala yang muncul dikategorikan sebagai penyakit karat jambu yang disebabkan oleh *Puccinia psidii*. Gejala yang diamati berupa daun menguning disertai bercak berwarna cokelat kemerahan. Penyakit karat umumnya menyerang organ tanaman yang masih muda, seperti daun, pucuk, bunga, dan buah, sehingga menyebabkan terbentuknya lesi klorotik pada jaringan tanaman (Prihatini et al., 2020; Glen et al., 2007). Sebaliknya, aplikasi Plantix mengidentifikasi gejala tersebut sebagai penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Hyaloderma* sp., dengan ciri berupa bercak nekrotik berwarna merah kecokelatan yang semakin meluas dan dapat menyebabkan gugurnya daun (Ghosh et al., 2018; Agrios, 2005). Perbedaan hasil identifikasi tersebut menunjukkan bahwa diagnosis berbasis aplikasi digital masih memiliki keterbatasan karena bergantung pada kemiripan gejala visual. Oleh karena itu, hasil identifikasi menggunakan aplikasi sebaiknya didukung dengan analisis laboratorium untuk meningkatkan tingkat akurasi diagnosis.

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan Agri AI dan Plantix pada empat sampel daun jambu biji, tingkat kesesuaian diagnosis menunjukkan hasil yang beragam. Pada sampel I, kedua aplikasi memberikan hasil identifikasi yang sama, yaitu defisiensi kalium, sehingga dikategorikan sesuai. Pada sampel II, kedua aplikasi sama-sama mengidentifikasi adanya serangan hama serangga, tetapi memberikan diagnosis yang berbeda, yaitu kutu kebul oleh Agri AI dan kutu putih (*mealybug*) oleh Plantix, sehingga dikategorikan sebagian sesuai. Pada sampel III, Agri AI mengidentifikasi gejala sebagai antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp., sedangkan Plantix mengidentifikasinya sebagai *sooty mold*. Sementara itu, pada sampel IV, Agri AI mengidentifikasi karat jambu yang disebabkan oleh *Puccinia psidii*, sedangkan Plantix mengidentifikasinya sebagai bercak daun *Hyaloderma* sp. Dengan demikian, sampel III dan IV dikategorikan tidak sesuai karena kedua aplikasi memberikan diagnosis penyakit dan patogen yang berbeda.

Perbedaan hasil identifikasi antara Agri AI dan Plantix menunjukkan bahwa aplikasi berbasis kecerdasan buatan memiliki kelebihan dalam menyediakan diagnosis secara cepat berdasarkan citra daun, tetapi hasil identifikasi tetap dipengaruhi oleh karakteristik gejala yang ditangkap dalam citra. Plantix memiliki keunggulan berupa kemampuan identifikasi berbasis citra dan penyediaan informasi

lanjutan mengenai penyebab serta pengelolaan gangguan tanaman. Penelitian Hampf et al. (2021) menunjukkan bahwa model berbasis *convolutional neural network* (CNN) yang dikembangkan menggunakan data Plantix mampu mengklasifikasikan 420 kombinasi tanaman dan gangguan penyakit atau hama dengan kinerja yang tinggi, serta data citra yang dikumpulkan pengguna dapat dimanfaatkan untuk pemetaan gangguan tanaman dan analisis kehilangan hasil. Namun, evaluasi terhadap berbagai aplikasi identifikasi penyakit tanaman menunjukkan bahwa aplikasi berbasis AI belum dapat sepenuhnya menggantikan diagnosis konvensional karena masih terdapat keterbatasan dalam identifikasi penyakit, estimasi keparahan, dan visualisasi area yang terinfeksi (Siddiqua et al., 2022). Keterbatasan tersebut tercermin dari perbedaan hasil diagnosis pada Sampel II, III, dan IV. Agri AI juga memiliki kelebihan berupa proses identifikasi yang cepat dan praktis melalui citra daun, tetapi cakupan tanaman dan penyakit yang tersedia serta kemampuan model dalam membedakan gejala yang memiliki kemiripan visual dapat menjadi faktor pembatas. Hasil dari kedua aplikasi lebih tepat digunakan sebagai alat skrining awal daripada sebagai dasar diagnosis definitif.

Perbedaan hasil identifikasi tersebut dapat dipengaruhi oleh kualitas citra dan karakteristik gejala yang terdapat pada daun. Kualitas pencahayaan, kontras antara jaringan sehat dan jaringan bergejala, posisi daun, ketajaman gambar, latar belakang, serta tingkat perkembangan gejala dapat memengaruhi kemampuan sistem pengenalan citra dalam mengekstraksi karakteristik visual. Gejala yang masih ringan atau memiliki ukuran bercak kecil berpotensi lebih sulit dibedakan karena karakteristik warna dan pola jaringan belum berkembang secara jelas. Sebaliknya, gejala dengan pola dan perubahan warna yang lebih khas cenderung lebih mudah dikenali. Hal ini sejalan dengan kajian sistematis mengenai deteksi penyakit tanaman yang menunjukkan bahwa kualitas citra, tahap prapemrosesan, ekstraksi fitur, serta karakteristik dataset merupakan faktor penting yang memengaruhi performa model klasifikasi penyakit tanaman (Ahmed & Yadav, 2023; Ngugi et al., 2024). Dengan demikian, perbedaan diagnosis pada penelitian ini tidak hanya berkaitan dengan kemampuan aplikasi, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh informasi visual yang tersedia pada masing-masing citra.

Tabel 2. Analisis kesesuaian hasil identifikasi gejala penyakit daun jambu biji

Sampel	Hasil Agri AI	Hasil Plantix	Kesesuaian	Keterangan
Gambar I	Defisiensi kalium	Defisiensi kalium	Sesuai	Kedua aplikasi konsisten mengidentifikasi gejala defisiensi hara
Gambar II	Serangan kutu kebul (*whitefly*)	Kutu kebul/kutu putih (*mealybug*)	Sebagian sesuai	Kedua aplikasi mengidentifikasi golongan hama serangga, tetapi berbeda dalam menentukan spesies atau jenis hama secara spesifik
Gambar III	Antraknosa jambu (jamur	Jamur jelaga/*sooty mold*	Tidak sesuai	Kedua aplikasi sama-sama mengarah pada infeksi jamur,

	Colletotrichum sp.)	(*Pezizomycotina*)		tetapi memberikan diagnosis penyakit yang berbeda
Gambar IV	Karat jambu (*Puccinia psidii*)	Bercak daun *Hyaloderma* sp.	Tidak sesuai	Kedua aplikasi mendeteksi penyakit yang disebabkan oleh jamur, tetapi berbeda dalam mengidentifikasi jenis patogen dan penyakit

Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan perangkat lunak ImageJ untuk mengukur luas total daun (*total leaf area*), luas area daun yang terinfeksi (*infected leaf area*), luas area daun sehat (*healthy leaf area*), serta tingkat keparahan penyakit (*disease severity*). Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran luas daun dan tingkat keparahan penyakit pada daun jambu biji

Sampel	Luas Total Daun (cm^2)	Luas Area Bergejala (cm^2)	Luas Area Sehat (cm^2)	Tingkat Keparahan Penyakit (%)
Daun Jambu Biji I	50,79	3,37	47,42	6,64
Daun Jambu Biji II	54,01	3,66	50,35	6,78
Daun Jambu Biji III	41,45	4,49	36,96	10,83
Daun Jambu Biji IV	27,87	5,61	22,26	20,13

Hasil tersebut menunjukkan bahwa luas total daun tidak secara langsung menentukan tingkat keparahan penyakit. Sampel II memiliki luas total daun terbesar (54,01 cm^2), tetapi tingkat keparahannya hanya 6,78%, sedangkan Sampel IV memiliki luas total daun paling kecil (27,87 cm^2) namun menunjukkan tingkat keparahan tertinggi, yaitu 20,13%. Kondisi tersebut terjadi karena tingkat keparahan penyakit ditentukan oleh proporsi area yang menunjukkan gejala terhadap keseluruhan luas organ, bukan hanya berdasarkan luas absolut area bergejala. Dengan demikian, Sampel IV mengalami kerusakan relatif lebih besar terhadap keseluruhan permukaan daun meskipun luas area bergejalanya tidak berbeda jauh secara absolut dari sampel lainnya. Penggunaan persentase area bergejala sebagai indikator keparahan memungkinkan perbandingan dilakukan antar daun dengan ukuran yang berbeda dan sesuai dengan konsep *disease severity* sebagai proporsi area tanaman yang terdampak terhadap total area tanaman (Bock et al., 2022).

Nilai tingkat keparahan penyakit yang relatif rendah menunjukkan bahwa meskipun terdapat berbagai gangguan biotik pada daun jambu biji, proporsi jaringan yang mengalami kerusakan masih relatif kecil dibandingkan dengan luas total daun. Perkembangan penyakit pada tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kelembapan lingkungan, ketersediaan unsur hara, serta keberadaan hama dan patogen (Agrios, 2005; Doohan, 2005). Kerusakan jaringan daun juga menyebabkan berkurangnya luas area

fotosintesis sehingga berpotensi menghambat pertumbuhan dan menurunkan produktivitas tanaman.

Hasil penelitian ini sejalan dengan perkembangan penelitian identifikasi penyakit tanaman berbasis citra digital yang menunjukkan bahwa teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan memiliki potensi untuk mempercepat proses deteksi penyakit. Hampf et al. (2021), misalnya, memanfaatkan data citra Plantix untuk mengembangkan klasifikasi berbasis CNN terhadap ratusan kombinasi tanaman dan gangguan biotik, sekaligus menunjukkan potensi data berbasis aplikasi untuk pemantauan gangguan tanaman pada skala wilayah. Sementara itu, Barbedo (2013) menjelaskan bahwa pengolahan citra digital dapat digunakan tidak hanya untuk mengidentifikasi keberadaan gejala, tetapi juga untuk melakukan kuantifikasi tingkat keparahan berdasarkan proporsi area bergejala. Perkembangan penelitian yang lebih baru menunjukkan bahwa metode *deep learning* semakin banyak digunakan untuk klasifikasi, deteksi, dan segmentasi penyakit tanaman, meskipun performanya sangat bergantung pada kualitas dan keragaman dataset yang digunakan (Ngugi et al., 2024; Pacal et al., 2024). Hasil penelitian ini memperlihatkan kondisi yang lebih kompleks karena citra berasal dari daun jambu biji lapangan dengan variasi gejala, bukan hanya citra terkontrol, sehingga perbedaan diagnosis antar aplikasi masih dapat ditemukan.

Pemanfaatan aplikasi berbasis kecerdasan buatan seperti Plantix dan Agri AI bersama analisis citra menggunakan ImageJ berpotensi mendukung penerapan pertanian presisi (*precision agriculture*). Aplikasi AI dapat digunakan sebagai alat skrining awal untuk memperoleh informasi mengenai kemungkinan gangguan tanaman secara cepat, sedangkan analisis citra dapat memberikan informasi kuantitatif mengenai luas dan tingkat keparahan gejala. Integrasi kedua pendekatan tersebut berpotensi membantu proses pemantauan kesehatan tanaman secara lebih cepat dan berbasis data, terutama apabila dilakukan secara berkala pada lokasi yang berbeda. Hampf et al. (2021) menunjukkan bahwa data diagnosis berbasis smartphone dapat digunakan untuk menghasilkan informasi spasial mengenai distribusi gangguan tanaman, sedangkan kajian terbaru menunjukkan bahwa AI, *machine learning*, dan *deep learning* memiliki potensi besar dalam deteksi penyakit secara real-time dan pengambilan keputusan dalam pertanian presisi (Ngugi et al., 2024; Majdalawieh et al., 2025). Namun, implementasi pada kondisi lapangan tetap memerlukan dataset yang representatif terhadap kondisi geografis dan lingkungan setempat, validasi terhadap diagnosis lapangan, serta standardisasi kualitas citra. Dengan demikian, AI sebaiknya diposisikan sebagai teknologi pendukung keputusan (*decision-support tool*), bukan sebagai pengganti diagnosis oleh tenaga ahli atau konfirmasi laboratorium

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi aplikasi *Plantix* dan *Agri AI* dengan perangkat lunak ImageJ berpotensi mendukung identifikasi gangguan pada daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) serta

pengukuran tingkat keparahan penyakit secara kuantitatif. Gangguan yang berhasil diidentifikasi meliputi defisiensi kalium, serangan kutu kebul (*whitefly*), antraknosa, karat jambu, dan bercak daun pada sampel yang berasal dari Blok A dan Blok B Gang Tinggiran, Kota Samarinda. Hasil analisis menggunakan ImageJ menunjukkan tingkat keparahan penyakit berkisar antara 6,64% hingga 20,13%, dengan rata-rata sebesar 11,10%, yang menunjukkan tingkat kerusakan daun tergolong rendah hingga sedang. Pemanfaatan aplikasi berbasis kecerdasan buatan yang dipadukan dengan analisis citra digital dapat menjadi alat skrining awal yang praktis dan cepat bagi petani maupun penyuluh pertanian sebelum dilakukan diagnosis lebih lanjut melalui analisis laboratorium. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan validasi hasil identifikasi melalui isolasi dan identifikasi patogen serta analisis molekuler berbasis PCR, melibatkan jumlah sampel dan lokasi penelitian yang lebih luas, serta mengembangkan model deteksi berbasis *deep learning* untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi berbagai gangguan pada daun jambu biji.

DAFTAR PUSTAKA

Agrios, G. N. (2005). Plant disease epidemiology. In *Plant pathology* (pp. 265–291). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-047378-9.50014-2

Ahmed, I., & Yadav, P. K. (2023). Plant disease detection using machine learning approaches. *Expert Systems, 40*(5), e13136. https://doi.org/10.1111/exsy.13136

Arnal Barbedo, J. G. (2013). Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases. *SpringerPlus, 2*, 660. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-660

Ashish, K. S., Purvi, T., Dave, A. K., & Gargi, S. (2026). AI-driven disease detection in guava plants using teachable machine learning models. *Plant Science Today, 13*(Sp. 1). https://doi.org/10.14719/pst.11037

Bock, C. H., Chiang, K. S., & Del Ponte, E. M. (2022). 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*, 25–42. https://doi.org/10.1007/s40858-021-00439-z

Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., & Weir, B. S. (2012). *Colletotrichum*—Current status and future directions. *Studies in Mycology, 73*, 181–213. https://doi.org/10.3114/sim0014

Cruz-Lagunas, B., Reyes-García, G., Palemón-Alberto, F., Ortega-Acosta, S. Á., Muñoz-García, C., Romero-Ramírez, Y., Jimenez-Sánchez, D. E., Gonzaga-Segura, A. J., Gómez-Vargas, J. C., & Tecomulapa-Acatitlán, E. (2023). First report of *Phyllosticta capitalensis* causing brown spot disease on guava fruits (*Psidium guajava*) in Mexico. *Plant Disease, 107*(9), 2859. https://doi.org/10.1094/PDIS-03-23-0436-PDN

Cuthbertson, A. (2015). *Bemisia tabaci* (tobacco whitefly). CABI. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.8927

Doohan, F. (2005). Book review: Introduction to plant pathology Richard N. Strange. *European Journal of Plant Pathology, 111*(1), 91. https://doi.org/10.1007/s10658-004-4237-y

Gazis-Seregina, R., Crane, J., & Wasielewski, J. (2024). Florida plant disease management guide: Guava (*Psidium guajava*). *EDIS, 2024*(3). https://doi.org/10.32473/edis-pg133-2024

Ghosh, S. K., Banerjee, S., Pal, S., & Chakraborty, N. (2018). Encountering epidemic effects of leaf spot disease (*Alternaria brassicae*) on *Aloe vera*. *PLOS ONE, 13*(3), e0193720. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193720

Glen, M., Alfenas, A. C., Zauza, E. A. V., Wingfield, M. J., & Mohammed, C. (2007). *Puccinia psidii*: A threat to the Australian environment and economy—A review. *Australasian Plant Pathology, 36*(1), 1–16. https://doi.org/10.1071/AP06088

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*, 621168. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.621168

Hanik, N. R., Fitriani, R. D. A., Cahyanti, F. A., Oktavianingtyas, D., & Wahyuni, T. (2023). Identification of pests and diseases of crystal guava (*Psidium guajava* L.) in Ngargoyoso District, Karanganyar Regency. *Jurnal Biologi Tropis, 23*(3), 127–135. https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5021

Kumar, M. Pramod, & Al, L. (2025). A functional evaluation of Plantix: An AI-based mobile application for crop disease management. *International Journal of Creative Research Thoughts, 13*(12). https://doi.org/10.56975/ijcrt.v13i12.298178

Lerdau, M. (2005). Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives (Book review). *The Quarterly Review of Biology, 80*(3), 359. https://doi.org/10.1086/497210

Majdalawieh, M., Martins, C., Radi, M., Alaraj, M., & Khan, S. (2025). Precision agriculture in the age of AI: A systematic review of machine learning methods for crop disease detection. *Smart Agricultural Technology*, 101491. https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101491

Nandi, R. N., Palash, A. H., Siddique, N., & Zilani, M. G. (2023). Device-friendly guava fruit and leaf disease detection using deep learning. In *Machine intelligence and emerging technologies* (pp. 49–59). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34619-4_5

Naranjo, S. E., Castle, S. J., De Barro, P. J., & Liu, S. S. (2009). Population dynamics, demography, dispersal and spread of *Bemisia tabaci*. In *Bemisia: Bionomics and management of a global pest* (pp. 185–226). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2460-2_6

Ngugi, H. N., Ezugwu, A. E., Akinyelu, A. A., & Abualigah, L. (2024). Revolutionizing crop disease detection with computational deep learning: A comprehensive review. *Environmental Monitoring and Assessment, 196*, 302. https://doi.org/10.1007/s10661-024-12454-z

Oliveira, M. R. V., Henneberry, T. J., & Anderson, P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection, 20*(9), 709–723. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00108-9

Pacal, I., Kunduracioglu, I., Alma, M. H., Deveci, M., Kadry, S. N., Nedoma, J., Slany, V., & Martinek, R. (2024). A systematic review of deep learning techniques for plant diseases. *Artificial Intelligence Review, 57*, 304.

https://doi.org/10.1007/s10462-024-10944-7

Pride, L., Vallad, G., & Agehara, S. (2020). How to measure leaf disease damage using image analysis in ImageJ. *EDIS, 2020*(5). https://doi.org/10.32473/edis-hs1382-2020

Prihatini, I., Nurtjahjaningsih, I. L. G., Faradilla, F. A., & Suranto. (2020). Detection and identification of *Austropuccinia psidii* on Myrtaceae in Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan, 14*(2), 101–110. https://doi.org/10.20886/jpth.2020.14.2.101-110

Ray, K. K., Kumari, A., Kumar, S., Machavaram, R., Shekh, I., Deshmukh, S. M., & Tadge, P. (2025). Guava leaf disease detection using support vector machine (SVM). *Smart Agricultural Technology, 12*, 101190. https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101190

Rosadi, I., Ayuni, C. L. Q., Nurcahyani, I., Muhammadiyah, M., Butar-Butar, I. P. P., & Oktavianingsih, L. (2022). Analysis of disease severity on crop leaves using ImageJ and Plantix software. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi, 10*(1), 100–108. https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4575

Safitri, K. W. A. (2024). Characterization of anthracnose spot disease symptoms in avocado plants caused by *Colletotrichum* spp. fungi and molecular identification using ITS primers. *Journal Innovation in Green Agriculture, 1*(2), 120–131. https://doi.org/10.26486/jiga.v1i2.4296

Salvador, J. O., Moreira, A., & Muraoka, T. (1998). Nutritional deficiency on young guava plants due to simultaneous omission of macronutrients. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33*(10), 1623–1631. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1998.v33.5000

Scholthof, K. B. G. (2007). The disease triangle: Pathogens, the environment and society. *Nature Reviews Microbiology, 5*(2), 152–156. https://doi.org/10.1038/nrmicro1596

Sharma, M., & Kulshrestha, S. (2015). *Colletotrichum gloeosporioides*: An anthracnose causing pathogen of fruits and vegetables. *Biosciences Biotechnology Research Asia, 12*(2), 1233–1246. https://doi.org/10.13005/bbra/1776

Siddiqua, A., Kabir, M. A., Ferdous, T., Ali, I. B., & Weston, L. A. (2022). Evaluating plant disease detection mobile applications: Quality and limitations. *Agronomy, 12*(8), 1869. https://doi.org/10.3390/agronomy12081869

Triwidodo, H., Tondok, E. T., & Avifah, D. N. (2021). Susceptibility of two varieties of guava (*Psidium guajava* L.) to pest and disease infection in Bogor. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, 25*(2), 106–114. https://doi.org/10.22146/jpti.49851