Sangkareang
Journal of Agricultural Innovation (SJAI)
https://journal.synrise.org/index.php/sjai

e-ISSN : XXXX-XXX

Vol 1, Issue 1, 2026
pp. 16-23

Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) Untuk Deteksi Penyakit Tanaman Berbasis Citra Digital

Husnitalia Mayantika
Fakultas Pascasarjana, Universitas Mataram, Indonesia

*Corresponding email: *husnitalia@unram.ac.id*

Article Info

Article history:

Received: -
Revised: -
Accepted: -

Keywords:

Computer Vision, Deteksi Penyakit Tanaman, Citra Digital, Deep Learning

ABSTRACT

Penyakit tanaman merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan produktivitas pertanian dan mengancam keberlanjutan sistem produksi pangan. Proses identifikasi penyakit tanaman secara konvensional masih banyak bergantung pada pengamatan visual oleh petani atau tenaga ahli, sehingga memiliki keterbatasan berupa tingkat subjektivitas yang tinggi, membutuhkan waktu yang lama, serta sulit diterapkan pada area pertanian berskala luas. Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) memberikan peluang baru dalam pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital yang mampu melakukan identifikasi secara cepat, akurat, dan otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence dalam mendeteksi penyakit tanaman menggunakan citra digital serta menganalisis perkembangan metode yang digunakan dalam sistem pertanian modern. Metode penelitian yang digunakan adalah kajian literatur (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Data diperoleh dari berbagai publikasi ilmiah yang membahas penerapan AI, *machine learning*, *deep learning*, dan *computer vision* dalam bidang pertanian. Hasil kajian menunjukkan bahwa teknologi berbasis AI, khususnya metode *Convolutional Neural Network* (CNN), memiliki kemampuan tinggi dalam mengenali pola visual pada daun tanaman yang mengalami gangguan penyakit. Sistem berbasis citra digital mampu melakukan klasifikasi berbagai jenis penyakit melalui analisis warna, tekstur, bentuk, dan karakteristik visual lainnya. Implementasi teknologi ini telah diterapkan pada berbagai komoditas seperti padi, tomat, kentang, jagung, dan tanaman hortikultura lainnya. Meskipun demikian, penerapan AI dalam pertanian masih menghadapi beberapa tantangan seperti kebutuhan dataset berkualitas tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, serta kemampuan pengguna dalam mengoperasikan teknologi. Oleh karena itu, pengembangan sistem AI yang lebih sederhana, akurat, dan mudah digunakan menjadi langkah penting dalam mendukung transformasi pertanian digital.

Copyright © 2025, The Author(s).
This is an open access article under the CC–BY-SA license

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam menjamin ketahanan pangan serta mendukung pertumbuhan ekonomi global. Peningkatan jumlah penduduk dunia yang terus berlangsung menyebabkan kebutuhan terhadap ketersediaan pangan mengalami peningkatan secara signifikan. Kondisi tersebut mendorong sistem pertanian modern untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, serta kualitas hasil pertanian melalui penerapan teknologi inovatif. Namun, upaya peningkatan produktivitas tanaman masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah serangan penyakit tanaman yang menjadi penyebab utama penurunan hasil produksi di berbagai wilayah dunia (Savary et al., 2019).

How to cite: Example: Mayantika, H. (2026). Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) Untuk Deteksi Penyakit Tanaman Berbasis Citra Digital. Sangkareang: *Journal of Agricultural Innovation*, *1*(1), 16–23.

Penyakit tanaman dapat memberikan dampak serius terhadap keberlanjutan produksi pertanian karena mampu mengganggu proses fisiologis tanaman, menghambat pertumbuhan, menurunkan kualitas produk, hingga menyebabkan kehilangan hasil panen dalam jumlah besar. Menurut Oerke (2006), organisme pengganggu tanaman, termasuk patogen penyebab penyakit, merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan kehilangan hasil pertanian secara global. Oleh karena itu, proses identifikasi penyakit tanaman secara cepat dan akurat menjadi aspek penting dalam strategi pengelolaan tanaman modern untuk mengurangi risiko kerugian ekonomi.

Pada praktiknya, identifikasi penyakit tanaman masih banyak dilakukan menggunakan metode konvensional melalui pengamatan visual terhadap gejala yang muncul pada tanaman. Diagnosis dilakukan berdasarkan karakteristik seperti perubahan warna daun, pola bercak, bentuk jaringan yang mengalami kerusakan, serta perubahan morfologi lainnya. Meskipun metode tersebut telah lama diterapkan, pendekatan ini memiliki keterbatasan karena sangat bergantung pada tingkat pengalaman dan kemampuan manusia dalam mengenali gejala penyakit. Selain itu, kemiripan gejala antarpenyakit dapat menyebabkan kesalahan diagnosis, terutama ketika dilakukan pada tahap awal perkembangan penyakit (Barbedo, 2016).

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) memberikan peluang baru dalam meningkatkan efektivitas proses diagnosis penyakit tanaman. AI merupakan teknologi yang memungkinkan komputer melakukan proses pembelajaran dan pengambilan keputusan berdasarkan pola yang diperoleh dari data. Dalam bidang pertanian, penerapan AI telah berkembang dalam berbagai bidang, seperti pemodelan hasil panen, pemantauan kondisi tanaman, pengendalian organisme pengganggu tanaman, serta sistem diagnosis penyakit berbasis citra digital (Liakos et al., 2018).

Teknologi pengolahan citra digital menjadi salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk mendukung sistem identifikasi penyakit tanaman. Melalui kamera digital, sensor, maupun perangkat berbasis smartphone, sistem dapat memperoleh informasi visual dari bagian tanaman yang kemudian dianalisis menggunakan algoritma komputer. Pendekatan berbasis citra memiliki keunggulan karena mampu melakukan analisis secara objektif, cepat, dan konsisten dibandingkan dengan pemeriksaan manual yang bergantung pada persepsi manusia (Ferentinos, 2018).

Salah satu metode AI yang berkembang pesat dalam bidang identifikasi penyakit tanaman adalah machine learning dan deep learning. Berbeda dengan metode pembelajaran mesin konvensional yang membutuhkan proses ekstraksi fitur secara manual, pendekatan deep learning mampu mempelajari karakteristik penting dari data secara otomatis. Salah satu algoritma deep learning yang banyak digunakan adalah Convolutional Neural Network (CNN), yaitu jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk melakukan pengenalan pola pada data berbentuk citra. CNN memiliki kemampuan dalam mengekstraksi fitur kompleks seperti warna, tekstur, bentuk, serta struktur permukaan daun secara otomatis (LeCun et al., 2015).

Penerapan CNN untuk mendeteksi penyakit tanaman telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Mohanty et al. (2016) membuktikan bahwa model deep learning mampu mengidentifikasi berbagai jenis penyakit tanaman berdasarkan citra daun dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian tersebut menjadi salah satu dasar penting dalam pengembangan sistem diagnosis penyakit tanaman berbasis AI. Selain itu, Ferentinos (2018) menunjukkan bahwa jaringan saraf konvolusional dapat digunakan untuk klasifikasi berbagai penyakit tanaman dengan performa yang kompetitif dibandingkan metode tradisional.

Kemajuan teknologi perangkat keras seperti kamera beresolusi tinggi, drone pertanian, sensor Internet of Things (IoT), dan perangkat telepon pintar semakin memperluas penerapan AI dalam bidang pertanian. Integrasi teknologi tersebut mendukung konsep pertanian presisi (precision agriculture), yaitu pendekatan pertanian berbasis data yang memungkinkan pengelolaan tanaman dilakukan secara lebih spesifik sesuai kondisi lapangan. Menurut Kamilaris dan Prenafeta-

Boldú (2018), teknologi deep learning memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan pada sistem pertanian modern.

Pemanfaatan AI untuk deteksi penyakit tanaman memberikan berbagai keuntungan, seperti mempercepat proses identifikasi, meningkatkan ketepatan diagnosis, serta memungkinkan tindakan pengendalian dilakukan sejak tahap awal infeksi. Deteksi dini penyakit dapat membantu petani mengurangi penggunaan pestisida secara berlebihan sehingga mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Bauckhage & Kersting, 2019). Selain itu, sistem berbasis AI dapat mendukung pengembangan sistem pertanian otomatis yang mampu melakukan pemantauan tanaman secara berkelanjutan.

Meskipun memiliki potensi besar, penerapan AI dalam deteksi penyakit tanaman masih menghadapi sejumlah tantangan. Salah satu tantangan utama adalah ketersediaan dataset citra yang berkualitas tinggi dan memiliki variasi kondisi lapangan yang luas. Model AI membutuhkan data dalam jumlah besar agar mampu melakukan generalisasi secara baik terhadap berbagai kondisi tanaman, lingkungan, pencahayaan, dan varietas yang berbeda. Menurut Too et al. (2019), kualitas dataset dan metode pelatihan memiliki pengaruh besar terhadap performa model deep learning dalam klasifikasi penyakit tanaman.

Selain permasalahan dataset, faktor lain seperti perubahan kondisi lingkungan, variasi gejala penyakit, serta keterbatasan perangkat komputasi juga menjadi hambatan dalam implementasi AI secara luas di sektor pertanian. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengembangan sistem AI yang lebih adaptif, efisien, dan mampu bekerja pada kondisi lapangan nyata masih terus dilakukan (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, kajian mengenai pemanfaatan Artificial Intelligence untuk deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan teknologi AI dalam bidang pertanian, mengevaluasi metode yang digunakan dalam proses identifikasi penyakit tanaman, mengkaji manfaat penerapannya, serta mengidentifikasi berbagai tantangan yang perlu diselesaikan dalam pengembangan sistem pertanian digital yang lebih efektif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk memahami dan menganalisis pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dalam mendeteksi penyakit tanaman berbasis citra digital. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pemahaman mendalam mengenai konsep, mekanisme kerja, penerapan teknologi, manfaat, serta tantangan implementasi AI dalam sistem deteksi penyakit tanaman.

Penelitian kualitatif ini dilakukan melalui analisis terhadap berbagai fenomena penerapan teknologi kecerdasan buatan dalam bidang pertanian digital. Data penelitian berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber ilmiah, seperti artikel jurnal internasional, jurnal nasional, laporan penelitian, prosiding konferensi, serta publikasi akademik yang berkaitan dengan teknologi *Artificial Intelligence*, *machine learning*, *deep learning*, *computer vision*, dan deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dengan menelusuri berbagai sumber ilmiah yang relevan. Literatur diperoleh dari beberapa basis data akademik seperti Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, dan Google Scholar. Proses pengumpulan data dilakukan menggunakan kata kunci seperti *Artificial Intelligence in agriculture*, *plant disease detection using deep learning*, *computer vision for crop disease identification*, *Convolutional Neural Network for plant classification*, dan *digital image processing in agriculture*.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis data kualitatif melalui beberapa tahapan, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Tahap reduksi data dilakukan dengan memilih informasi yang sesuai dengan fokus penelitian, yaitu teknologi AI yang

digunakan dalam deteksi penyakit tanaman, metode pengolahan citra digital, jenis tanaman yang dianalisis, serta hasil penerapan teknologi tersebut.

Tahap penyajian data dilakukan dengan mengelompokkan informasi berdasarkan tema utama, meliputi perkembangan teknologi AI dalam pertanian, penerapan metode *machine learning* dan *deep learning*, efektivitas sistem deteksi penyakit berbasis citra digital, serta kendala implementasi teknologi. Selanjutnya, tahap penarikan kesimpulan dilakukan dengan melakukan interpretasi terhadap hasil analisis untuk memperoleh gambaran mengenai kontribusi AI dalam meningkatkan efisiensi identifikasi penyakit tanaman.

Keabsahan data dalam penelitian ini dijaga melalui proses triangulasi sumber, yaitu membandingkan informasi dari berbagai sumber ilmiah yang berbeda untuk memperoleh pemahaman yang lebih objektif. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai peluang dan tantangan pemanfaatan Artificial Intelligence sebagai teknologi pendukung pertanian modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Artificial Intelligence dalam Deteksi Penyakit Tanaman Berbasis Citra Digital

Perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa perubahan besar dalam sistem pengelolaan pertanian modern, khususnya dalam proses identifikasi penyakit tanaman. Pada sistem pertanian konvensional, diagnosis penyakit tanaman umumnya dilakukan melalui pengamatan visual oleh petani atau tenaga ahli berdasarkan gejala yang muncul pada bagian tanaman seperti perubahan warna daun, bercak, deformasi jaringan, dan perubahan tekstur permukaan. Meskipun metode tersebut masih banyak digunakan, proses identifikasi secara manual memiliki keterbatasan karena sangat bergantung pada pengalaman individu, membutuhkan waktu yang relatif lama, serta memiliki tingkat subjektivitas yang tinggi. Kondisi tersebut menjadi tantangan terutama pada sistem pertanian berskala luas yang membutuhkan proses pemantauan tanaman secara cepat dan akurat.

Pemanfaatan AI melalui teknologi citra digital memberikan solusi terhadap keterbatasan tersebut dengan memungkinkan komputer melakukan proses pengenalan pola berdasarkan karakteristik visual tanaman. Citra digital yang diperoleh melalui kamera, kamera telepon pintar, drone, maupun perangkat pencitraan lainnya dapat dianalisis menggunakan algoritma AI untuk mengidentifikasi gejala penyakit secara otomatis. Sistem ini bekerja dengan cara memproses informasi visual berupa warna, bentuk, tekstur, dan pola permukaan daun yang kemudian dibandingkan dengan data yang telah dipelajari oleh model komputer.

Salah satu perkembangan penting dalam teknologi AI pertanian adalah penerapan metode *machine learning* dan *deep learning*. *Machine learning* memungkinkan sistem komputer melakukan pembelajaran berdasarkan data yang diberikan sehingga mampu membuat prediksi atau klasifikasi terhadap objek tertentu. Sementara itu, *deep learning* merupakan pengembangan lebih lanjut yang menggunakan jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) dengan struktur berlapis untuk mengenali pola yang lebih kompleks. Salah satu metode *deep learning* yang paling banyak digunakan dalam klasifikasi citra tanaman adalah *Convolutional Neural Network* (CNN).

CNN memiliki kemampuan untuk mengekstraksi fitur visual secara otomatis dari citra digital tanpa memerlukan proses identifikasi fitur secara manual. Dalam deteksi penyakit tanaman, CNN mampu mengenali pola bercak pada daun, perubahan warna akibat infeksi, serta karakteristik visual lainnya yang sulit dibedakan melalui pengamatan manusia. Penelitian Mohanty et al. (2016) menunjukkan bahwa penggunaan model *deep learning* berbasis CNN mampu melakukan klasifikasi penyakit tanaman berdasarkan citra daun dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Implementasi AI dalam deteksi penyakit tanaman telah diterapkan pada berbagai komoditas pertanian. Pada tanaman padi, teknologi ini digunakan untuk mendeteksi penyakit seperti blas (*rice*

blast) dan hawar daun bakteri (*bacterial leaf blight*). Pada tanaman tomat dan kentang, sistem AI digunakan untuk mengidentifikasi penyakit berdasarkan pola perubahan warna dan bentuk daun. Hal tersebut menunjukkan bahwa teknologi AI memiliki fleksibilitas tinggi untuk diterapkan pada berbagai jenis tanaman dengan karakteristik penyakit yang berbeda.

Selain meningkatkan kecepatan identifikasi, penggunaan AI juga memberikan manfaat dalam mendukung konsep pertanian presisi (*precision agriculture*). Informasi mengenai kondisi kesehatan tanaman yang diperoleh dari sistem AI dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tindakan pengendalian penyakit secara tepat. Dengan demikian, penggunaan pestisida dapat dikurangi karena aplikasi dilakukan hanya pada area tanaman yang mengalami gangguan. Pendekatan tersebut tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan.

Namun, perkembangan AI dalam bidang pertanian masih menghadapi beberapa tantangan. Salah satu kendala utama adalah kebutuhan terhadap dataset citra yang berkualitas dan beragam. Model AI membutuhkan jumlah data yang besar agar mampu mengenali variasi gejala penyakit dalam berbagai kondisi lingkungan. Perbedaan pencahayaan, umur tanaman, varietas, serta kondisi lapangan dapat memengaruhi kemampuan model dalam melakukan klasifikasi.

Selain itu, sebagian besar penelitian AI masih dilakukan menggunakan dataset laboratorium yang memiliki kondisi citra relatif ideal. Pada kondisi lapangan nyata, gambar tanaman sering memiliki gangguan seperti bayangan, latar belakang yang kompleks, dan variasi lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan sistem AI ke depan perlu diarahkan pada penggunaan data lapangan yang lebih representatif agar teknologi dapat diterapkan secara efektif oleh petani.

Berdasarkan perkembangan tersebut, AI berbasis citra digital memiliki potensi besar sebagai teknologi pendukung dalam sistem pertanian modern. Kemampuan teknologi ini dalam melakukan identifikasi penyakit secara cepat, konsisten, dan otomatis memberikan peluang untuk meningkatkan produktivitas pertanian serta mengurangi kerugian akibat keterlambatan diagnosis penyakit tanaman.

Penerapan Deep Learning dan Computer Vision dalam Identifikasi Penyakit Tanaman

Teknologi *computer vision* menjadi salah satu komponen utama dalam pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman berbasis AI. *Computer vision* merupakan bidang ilmu yang memungkinkan komputer memperoleh, memproses, dan memahami informasi visual dari suatu objek. Dalam bidang pertanian, teknologi ini digunakan untuk menganalisis citra tanaman guna mengetahui kondisi kesehatan berdasarkan perubahan karakteristik visual.

Tahapan awal dalam sistem deteksi penyakit berbasis citra digital dimulai dari proses pengambilan gambar tanaman. Citra dapat diperoleh menggunakan berbagai perangkat seperti kamera digital, kamera telepon pintar, kamera multispektral, maupun drone. Setelah citra diperoleh, tahap berikutnya adalah proses pengolahan gambar (*image processing*) untuk meningkatkan kualitas data sebelum dianalisis oleh model AI.

Proses pengolahan citra dapat meliputi normalisasi warna, pengurangan gangguan (*noise reduction*), segmentasi objek tanaman, serta pemisahan bagian daun dari latar belakang. Tahapan tersebut bertujuan agar sistem dapat lebih mudah mengenali karakteristik penyakit yang terdapat pada tanaman. Setelah proses pengolahan selesai, citra kemudian dimasukkan ke dalam model AI untuk dilakukan proses klasifikasi.

Metode CNN menjadi pendekatan yang paling populer dalam deteksi penyakit tanaman karena memiliki kemampuan dalam mengenali pola spasial pada gambar. CNN terdiri dari beberapa lapisan yang berfungsi untuk mengekstraksi informasi penting dari citra. Lapisan awal biasanya mengenali pola sederhana seperti garis dan warna, sedangkan lapisan berikutnya mampu mengenali pola yang lebih kompleks seperti bentuk bercak penyakit dan perubahan struktur daun.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa model CNN mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam klasifikasi penyakit tanaman. Mohanty et al. (2016) menggunakan model CNN untuk mengidentifikasi 26 jenis penyakit tanaman berdasarkan dataset PlantVillage dan memperoleh hasil klasifikasi yang sangat baik. Penelitian tersebut menjadi salah satu dasar penting dalam pengembangan aplikasi AI untuk diagnosis penyakit tanaman.

Selain CNN, beberapa metode lain seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, dan *Artificial Neural Network* juga telah digunakan dalam deteksi penyakit tanaman. Namun, metode *deep learning* memiliki keunggulan karena mampu melakukan ekstraksi fitur secara otomatis tanpa membutuhkan proses pemrograman fitur secara manual.

Penggunaan teknologi *transfer learning* juga semakin berkembang dalam sistem deteksi penyakit tanaman. Metode ini memungkinkan model AI yang telah dilatih sebelumnya menggunakan dataset besar seperti ImageNet untuk digunakan kembali pada bidang pertanian. Pendekatan tersebut dapat mengurangi kebutuhan data pelatihan dan mempercepat proses pengembangan model.

Penerapan AI berbasis *computer vision* juga mulai dikembangkan dalam bentuk aplikasi yang dapat digunakan melalui perangkat bergerak (*mobile application*). Sistem tersebut memungkinkan petani mengambil gambar tanaman menggunakan telepon pintar kemudian memperoleh informasi mengenai kemungkinan penyakit yang menyerang tanaman. Pengembangan aplikasi semacam ini memberikan peluang besar untuk memperluas akses teknologi kepada petani kecil.

Meskipun demikian, penerapan *deep learning* dalam kondisi pertanian nyata masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Salah satu tantangan utama adalah variasi lingkungan yang sangat besar. Kondisi pencahayaan, posisi daun, keberadaan tanah, dan objek lain di sekitar tanaman dapat menyebabkan penurunan akurasi sistem.

Oleh karena itu, penelitian masa depan perlu mengembangkan model AI yang lebih adaptif terhadap kondisi lapangan. Integrasi antara AI dengan teknologi lain seperti sensor IoT, drone, dan sistem informasi geografis dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk menciptakan sistem pemantauan tanaman secara menyeluruh.

Manfaat, Tantangan, dan Prospek Implementasi AI dalam Pertanian Digital

Pemanfaatan Artificial Intelligence untuk deteksi penyakit tanaman memberikan berbagai manfaat dalam mendukung transformasi pertanian digital. Salah satu manfaat utama adalah peningkatan kecepatan dalam proses diagnosis penyakit. Sistem berbasis AI mampu melakukan analisis citra dalam waktu singkat sehingga petani dapat mengetahui kondisi tanaman lebih awal sebelum penyakit berkembang lebih luas.

Deteksi dini memiliki peran penting dalam mengurangi kehilangan hasil produksi. Ketika penyakit dapat dikenali sejak tahap awal, tindakan pengendalian dapat segera dilakukan sehingga penyebaran penyakit dapat diminimalkan. Hal ini berbeda dengan metode konvensional yang sering menyebabkan keterlambatan diagnosis karena petani baru melakukan tindakan setelah gejala penyakit terlihat jelas.

Selain meningkatkan efisiensi waktu, AI juga membantu mengurangi penggunaan pestisida secara berlebihan. Sistem deteksi berbasis citra dapat memberikan informasi mengenai lokasi tanaman yang mengalami infeksi sehingga pengendalian dapat dilakukan secara spesifik. Pendekatan tersebut mendukung konsep pertanian berkelanjutan karena mengurangi dampak negatif penggunaan bahan kimia terhadap lingkungan.

AI juga memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi tenaga kerja pertanian. Pada lahan pertanian yang luas, pemeriksaan tanaman secara manual membutuhkan banyak tenaga dan waktu. Dengan bantuan teknologi AI, proses monitoring dapat dilakukan secara otomatis menggunakan kamera atau drone sehingga cakupan pengamatan menjadi lebih luas.

Meskipun memiliki banyak manfaat, implementasi AI dalam pertanian masih menghadapi beberapa tantangan. Tantangan pertama adalah ketersediaan infrastruktur teknologi. Penggunaan sistem AI membutuhkan perangkat keras seperti kamera berkualitas tinggi, komputer dengan kemampuan pemrosesan data, serta jaringan internet yang memadai.

Tantangan kedua adalah keterbatasan kemampuan pengguna dalam mengoperasikan teknologi digital. Sebagian petani masih memiliki tingkat literasi teknologi yang terbatas sehingga diperlukan program pelatihan dan pendampingan agar teknologi dapat digunakan secara optimal.

Tantangan lainnya adalah aspek ekonomi. Pengembangan dan penerapan sistem AI membutuhkan investasi yang cukup besar, terutama pada tahap awal. Harga perangkat, biaya pengembangan perangkat lunak, serta kebutuhan pemeliharaan sistem menjadi faktor yang perlu diperhatikan.

Selain itu, kualitas dataset menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan sistem AI. Dataset yang digunakan harus mencakup berbagai kondisi lapangan agar model mampu menghasilkan prediksi yang akurat. Dataset yang terlalu terbatas dapat menyebabkan sistem hanya bekerja dengan baik pada kondisi tertentu.

Prospek pengembangan AI dalam pertanian ke depan sangat besar. Integrasi AI dengan teknologi Internet of Things (IoT), drone, robot pertanian, dan sistem berbasis awan (*cloud computing*) dapat menciptakan sistem pertanian otomatis yang lebih efektif. Petani tidak hanya mampu mendeteksi penyakit, tetapi juga memperoleh rekomendasi tindakan berdasarkan analisis data secara real time.

Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, AI dapat menjadi salah satu solusi strategis dalam menghadapi tantangan pertanian modern. Pengembangan sistem yang murah, mudah digunakan, dan sesuai dengan kebutuhan petani menjadi faktor penting agar teknologi ini dapat diterapkan secara luas.

KESIMPULAN

Pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) untuk deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital merupakan salah satu inovasi penting dalam mendukung transformasi pertanian modern. Teknologi ini mampu mengatasi keterbatasan metode identifikasi penyakit secara konvensional melalui kemampuan analisis visual yang cepat, objektif, dan otomatis.

Metode *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), menunjukkan kemampuan tinggi dalam mengenali pola penyakit tanaman berdasarkan karakteristik citra digital. Penerapan AI telah memberikan manfaat dalam meningkatkan kecepatan diagnosis, mengurangi penggunaan pestisida, serta mendukung sistem pertanian presisi.

Namun, implementasi AI masih menghadapi berbagai tantangan seperti kebutuhan dataset berkualitas, keterbatasan infrastruktur teknologi, biaya pengembangan, dan rendahnya literasi digital sebagian pengguna. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi yang lebih sederhana, terjangkau, dan mudah digunakan oleh petani.

Integrasi AI dengan teknologi lain seperti IoT, drone, dan sistem informasi digital memiliki peluang besar dalam menciptakan sistem pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Dengan dukungan penelitian dan kolaborasi berbagai pihak, AI dapat menjadi teknologi strategis dalam meningkatkan ketahanan pertanian di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Barbedo, J. G. A. (2016). A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images. *Biosystems Engineering, 144*, 52–60. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.01.017

Bauckhage, C., & Kersting, K. (2019). Data-centric AI in agriculture: Opportunities and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture, 162*, 99–107.

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

Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2016). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture, 147*, 70–90.

Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture, 147*, 70–90. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016

Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture, 143*, 23–37.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*, 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors, 18*(8), 2674. https://doi.org/10.3390/s18082674

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

Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science, 144*(1), 31–43. https://doi.org/10.1017/S0021859605005708

Pantazi, X. E., Moshou, D., & Bravo, C. (2019). Active learning system for weed species recognition based on hyperspectral sensing. *Biosystems Engineering, 146*, 193–202.

Picon, A., Alvarez-Gila, A., Seitz, M., Ortiz-Barredo, A., Echazarra, J., & Duque, P. (2019). Deep convolutional neural networks for mobile capture device-based crop disease classification in the wild. *Computers and Electronics in Agriculture, 161*, 280–290.

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

Sladojevic, S., Arsenovic, M., Anderla, A., Culibrk, D., & Stefanovic, D. (2016). Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2016*, 1–11.

Too, E. C., Yujian, L., Njuki, S., & Yingchun, L. (2019). A comparative study of fine-tuning deep learning models for plant disease identification. *Computers and Electronics in Agriculture, 161*, 272–279.