

Literatur Review: Klasifikasi Penyakit Karat Daun pada Tanaman Jeruk Menggunakan *Machine Learning*

Arif Rahman Hakim^{1*}, Rizki Akbar Syabani², Muhammad Zacky³, Riswanto Halim⁴

¹⁻⁴Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspiptek No. 46, Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia

Email: ^{1*}hakimqwerti19@gmail.com, ²riswantohalim12@gmail.com, ³mhmmmdzaky405@gmail.com, ⁴rizkyakbar22289@gmail.com.

(* : coressponding author)

Abstrak- Tinjauan literatur ini bertujuan serta berfokus pada penerapan berbagai macam teknik machine learning dalam klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk, dimana teknik yang digunakan berkaitan erat dengan machine learning dan bertujuan utama dalam penyelesaian klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk. Dengan mengacu pada jurnal-jurnal terkini yang mengaplikasikan metode beragam seperti citra hiperspektral, pencitraan fluoresensi, deep transfer learning, serta optimasi model, kajian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas pendekatan machine learning dalam mendeteksi penyakit karat daun. Teknik yang dianalisis mencakup Convolutional Neural Network (CNN) untuk ekstraksi fitur pada citra daun lemon dan jeruk manis, serta algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) yang digunakan untuk mengidentifikasi penyakit berdasarkan pola citra daun. Berdasarkan tinjauan literatur, dengan pendekatan machine learning menunjukkan potensi besar dalam mengklasifikasi penyakit karat daun yang menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, keberhasilan metode ini sangat bergantung pada kualitas data yang digunakan dan optimalisasi algoritma untuk mencapai hasil yang konsisten, hasil yang diberikan juga bergantung pada sistem data atau input yang diberikan sebelumnya. Metode yang telah disebutkan sebelumnya memungkinkan menghasilkan dan membarikan kualitas yang dapat dikaji lebih lanjut, hal ini mempertimbangkan bagaimana cara metode tersebut berkerja. Secara menyeluruh efektivitas pendekatan machine learning pada klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk menghasilkan model penelitian yang lebih terkaji dan terintegrasi satu sama lain. Kajian ini juga menggaris bawahi pentingnya pengembangan data latih yang lebih beragam serta peningkatan kualitas model machine learning agar klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk dapat dilakukan dengan lebih efektif dan akurat.

Kata Kunci: Machine Learning, Klasifikasi Penyakit, Karat Daun, Tanaman Jeruk, Citra Hiperspektral, Pencitraan Fluoresensi, Deep Transfer Learning, Convolutional Neural Network (CNN), K-Nearest Neighbor (KNN), Akurasi, Model Penelitian

Abstract- This literature review aims and focuses on the application of various machine learning techniques in the classification of leaf rust diseases in citrus plants, where the techniques used are closely related to machine learning and have the main purpose of solving the classification of leaf rust diseases in citrus plants. With reference to recent journals that apply methods as diverse as hyperspectral imagery, fluorescence imaging, deep transfer learning, and model optimization, this study aims to evaluate the effectiveness of machine learning approaches in detecting leaf rust disease. The techniques analyzed include Convolutional Neural Network (CNN) for feature extraction on lemon and sweet orange leaf images, and K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm used to identify the disease based on leaf image patterns. Based on the literature review, the machine learning approach shows great potential in classifying leaf rust disease, resulting in a high level of accuracy. However, the success of these methods is highly dependent on the quality of the data used and the optimization of the algorithms to achieve consistent results, the results given also depend on the data system or input given beforehand. The previously mentioned methods may produce results and qualities that can be studied further, considering how the methods work. Overall, the effectiveness of the machine learning approach in the classification of leaf rust diseases in citrus plants results in a more studied and integrated research model. This study also underlines the importance of developing more diverse training data and improving the quality of machine learning models so that the classification of leaf rust diseases in citrus plants can be carried out more effectively and accurately.

Keywords: Machine Learning, Disease Classification, Leaf Rust, Citrus Plant, Hyperspectral Image, Fluorescence Imaging, Deep Transfer Learning, Convolutional Neural Network (CNN), K-Nearest Neighbor (KNN), Accuracy, Research Model

1. PENDAHULUAN

Penyakit karat pada daun tanaman jeruk merupakan penyakit telah menjadi salah satu penyakit yang merepotkan dan ancaman bagi kalangan pembudidaya tanaman jeruk diberbagai tempat, penyakit ini disebabkan oleh jamur yang menyerang bagian daun pada tanaman jeruk yang di tandai munculnya bercak coklat pada daun tanaman jeruk, penyakit ini sangatlah merugikan baik bagi tanaman ataupun petani. Penyakit jeruk merupakan ancaman yang signifikan bagi kebun jeruk, yang menyebabkan kerugian finansial melalui ukuran buah yang berkurang, noda, buah gugur sebelum waktunya, dan kematian pohon, deteksi penyakit jeruk melalui pemeriksaan daun dapat meningkatkan pengelolaan kebun dan upaya mitigasi (jianwei qin, moon kin 2024). Identifikasi penyakit secara dini membantu dalam pencegahan penularan penyakit ke tanaman lain yang menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan (ahmad heralabi, walid hamdi 2021). Seiring perkembangan teknologi, banyak inovasi yang dikembangkan manusia, karena teknologi membawa kemudahan untuk mendukung aktivitas manusia. (abiyan Naufal hilmi, Heni henda wahani 2024), berbagai jenis pendekatan dan penerapan teknologi salah satunya yang sering digunakan yaitu penerapan Machine learning dalam mengklasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk. Deteksi di dalam pengenalan objek pada citra telah banyak dikembangkan melalui fitur warna, bentuk, dan tekstur untuk dapat dikenali sebagai sebuah objek (Perani Rosyani. 2020).

Saat ini pendekatan pembelajaran mesin untuk mengoptimalkan identifikasi penyakit di sektor pertanian telah mendapatkan perhatian yang semakin meningkat (Israt Jahan, saima akte rupa 2024). Dimana pendekatan atau metode ini dapat memberikan hasil yang jauh lebih cepat, akurat, dan efisien. Hal ini dapat mendorong para pembudidaya jeruk dapat melakukan pencegahan dan pengobatan jauh lebih cepat sehingga dapat meminimalisir kerugian yang ada, mengingat cepatnya penyebaran penyakit tersebut (farad ahmad, muhammd ziad nurrahman 2022). Melalui studi literatur ini, kami melakukan pengkajian yang teliti serta akurat berdasarkan jurnal yang ada, yang bertujuan untuk dapat mengidentifikasi keakuratan serta keefektifan penggunaan metode machine learning pada klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk.

Dengan tinjauan literatur yang teliti serta cermat, dimana telah dilakukan sebelumnya. Kami berkomitmen untuk memberikan penjelasan serta pemahaman lebih, terkait penggunaan metode machine learning pada klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk. Hasil penelitian ini memiliki potensi besar untuk industri buah terutama jeruk, memberikan pendekatan yang masuk akal dan dapat memperluas pengendalian penyakit (Md musfique anwar, khandoer nosiba Arifin 2024). Dalam kelanjutan literatur review ini kami akan melakukan analisis terkait jurnal-jurnal yang telah dipublikasikan dalam beberapa waktu terakhir, dimana diharapkan dapat memberikan penjelasan dan pemahaman lebih mendalam. Penelitian di masa mendatang akan lebih memvalidasi metode tersebut dengan menggunakan lebih banyak penyakit daun, ekstraksi fitur dan metode pemilihan alternatif, optimasi hiperparameter untuk model klasifikasi, dan kumpulan data yang lebih besar (quentin Fredrick, pappu kumar Yadav 2024).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Identifikasi Tujuan Penelitian

Langkah awal, kami merumuskan tujuan yang berfokus pada mengevaluasi sejauh mana teknologi machine learning dapat meningkatkan ketepatan dalam mengklasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk.

Dengan pendekatan ini. Klasifikasi bertujuan untuk memisahkan antara jenis-jenis kategori dan label yang telah dibuat (Perani Rosyani .2021). Penelitian diarahkan pada pengumpulan dan analisis literatur yang mengkaji teknik-teknik machine learning dalam konteks pertanian, khususnya pada klasifikasi penyakit daun jeruk. Kajian ini tidak hanya bertujuan untuk memahami efektivitas metode ini secara akurat, tetapi juga untuk melihat aspek efisiensi dalam proses identifikasi.

Pentingnya penggunaan machine learning dalam bidang ini disebabkan oleh tantangan yang

dihadapi petanidan peneliti dalam mendeteksi penyakit sejak dini. Penyakit karat daun bisa berdampak besar terhadap hasilpanen jika tidak dikenali dan ditangani sejak dini. Dengan adanya penerapan machine learning ini, diharapkan mampu memberikan solusi otomatis yang tidak hanya cepat, tetapi juga mudah diakses. Tujuan penelitian ini juga mencakup identifikasi metode mana yang paling konsisten dalam berbagai kondisi, sehingga mampu memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem klasifikasi penyakit tanaman yang lebih andal.

2.2 Metode: *Studi Literature Review* (SLR)

Penelitian ini menggunakan pendekatan SLR sebagai metode dalam pengrangkuman, identifikasi dan evaluasi yang sesuai dengan klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk menggunakan machine learning,dalam kajian ini metode SLR digunakan untuk mengumpulkan bukti dari lima jurnal utama yang berkaitan dengan penelitian terkait. Metode SLR memfasilitasi penyusunan literatur secara sistematis denganmemperjelas metode pencarian dan kriteria inklusi-eksklusi. Ini mengurangi risiko bias dan memastikan transparansi dalam setiap tahap penelitian (Tranfield. 2022).

2.3 Research Questions

Research Questions berfungsi untuk mengeksplorasi hubungan sebab-akibat, menggali fenomena, serta menemukan solusi untuk masalah tertentu dalam penelitian (Kumar, R. 2019), Dalam konteks ini beberapa pertanyaan terkait dengan penelitian terhadap klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk antara lain:

Tabel 1. Pertanyaan Peneliti

ID	Pertanyaan Peneliti
RQ1	Bagaimana efektivitas metode machine learning dalam mengklasifikasikanpenyakit karat daun pada tanaman jeruk dibandingkan dengan metode konvensional lainnya?
RQ2	Apa tantangan utama yang dihadapi dalam mengimplementasikan model machine learning untuk klasifikasi penyakit tanaman jeruk di lapangan, dan bagaimana cara mengatasinya?
RQ3	Sejauh mana algoritma deep learning (seperti CNN atau deep transfer learning) mampu mengenali tanda-tanda penyakit karat daun yang sulit terdeteksi oleh pengamatan manusia?

2.4 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Pada kriteria ini ditetapkan untuk memastikan alur yang dipilih benar-bener sesuai dan memenuhi tujuan penelitian ,yaitu menyesuaikan efektivitas metode machine learning dalam klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk,dimana bertujuan untuk memastikan dan memenuhi hanya jurnal yang relevan yang dimasukan dalam kajian,memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Jurnal yang membahas kalisifikasi penyakit tanaman jeruk khususya pada bagian daun
- Literatur yang dipilih diseuaikan secara spesifik terhadap machine learning,atau berdasrkan metodeyang memiliki kaitan dengan machine learning di antaranya CNN, KNN, deep transfer learning, atau pencitraan hiperspektral dan fluoresensi.
- Jurnal yang pilih memiliki rentang waktu penerbitan di antara tahun 2020-2024,yang bertujuan untuk kajian tetap berfokus pada perkembangan terkini, memastikan keterbaruan metode dan teknologi yang dianalisis.

Dengan menyesuaikan jurnal dan literatur,kajian tetap dapat sesuai dan dapat membarikan informasi lebih spesifik terkait pengembangan penelitian di bidang klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk.

2.5 Pemilihan Literatur

Dalam pemilihan literatur,jurnal yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi sebelumnya untuk memastikan kesesuaian terhadap tujuan.Dari hasil pencarian terhadap beberapa jurnal pada Google

Scholar, beberapa jurnal memberikan metode inovatif dan klasifikasi yang baik terhadap penelitian terkait, termasuk yang sesuai dengan machine learning. Jurnal yang terpilih beragam yaitu:

- Classification of Citrus Leaf Diseases Using Hyperspectral Reflectance and Fluorescence Imaging and Machine Learning Techniques
- Classification of Citrus Plant Diseases Using Deep Transfer Learning
- Computational Intelligence and Neuroscience (2022) - Classification of Citrus Diseases Using Optimization Deep Learning
- Lemon and Orange Disease Classification using CNN-Extracted Features
- Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Identifikasi Penyakit pada Tanaman Jeruk Berdasarkan Citra Daun.

2.6 Ekstraksi Data

Setiap jurnal yang dipilih dalam analisis ini telah dilakukan dengan teliti demi mendapatkan data yang relevan, teknik dan metode yang digunakan seperti yang telah dibahas sebelumnya. Proses ini juga mencakup evaluasi terhadap metode dan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas setiap teknik, sehingga dapat ditentukan metode yang paling unggul dalam menghasilkan akurasi tertinggi dan efisiensi yang lebih baik dalam mendeteksi penyakit tanaman.

2.7 Analisis Sintesis Data dan Analisis Hasil Pengujian

Analisis data pada penyakit tanaman dengan menggunakan teknik machine learning memerlukan pemahaman yang mendalam mengenai dataset yang digunakan, seperti citra daun yang terinfeksi (K. Lee et al. 2021). Analisis bertujuan agar data yang dihasilkan sesuai dan komprehensif terhadap klasifikasi penyakit daun pada tanaman jeruk. Analisis hasil pengujian perlu diperhatikan dalam melakukan pengujian adalah pengujian harusnya dapat mendapatkan kesalahan yang mungkin sebelumnya tidak terdeteksi dan dikatakan berhasil pengujian tersebut apabila dapat memperbaiki kesalahan tersebut sehingga kualitas software akan lebih baik (Aries Saifudin. 2021).

2.8 Pengolahan dan Analisis Data

Data dari jurnal yang telah dianalisis untuk mengetahui kesesuaian setiap metode atau teknik yang digunakan dan terkait dengan machine learning. Analisis terhadap metode dan teknik yang ada mempertimbangkan beberapa aspek, diantaranya akurasi dan kesesuaian, kehandalan, dan efisiensi berdasarkan klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk, dimana hasil akhir bisa didapatkan dan terintegrasi dengan metode dan teknik yang digunakan. Hasil dari analisis ini diharapkan memberikan gambaran menyeluruh mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing teknik machine learning serta rekomendasi teknik yang paling sesuai untuk klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk, seperti yang dijelaskan dalam penelitian Zhang et al. (2021) dan Li et al. (2022).

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisi temuan, hasil serta pembahasan dari topik penelitian

Tabel 1. Hasil Temuan Artikel Relevan

No	Nama Peneliti dan Tahun	Metode yang dibahas	Tujuan penelitiannya	Hasil yang didapat
1	(Abiyan Naufal Hilmi, 2024)	Studi Literatur, Kualitatif Deskriptif	a. Mengimplementasikan Algoritma K-Nearest Neighbor (k-NN) untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman jeruk berdasarkan citra daun.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) efektif dalam mengidentifikasi penyakit pada tanaman jeruk berdasarkan citra daun.

			<p>b. Menentukan kinerja dan efektivitas algoritma K-NN dalam klasifikasi citra daun jeruk yang terinfeksi penyakit seperti black spot, kanker, dan CVPD</p> <p>c. Menganalisis akurasi dari berbagai scenario pembagian data, dengan perbandingan antara data uji untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang optimal.</p>	<p>Akurasi tertinggi tercatat sebesar 98.5% dengan skenario 90% data latih dan 10% data uji ($K = 2$). Kinerja model tetap konsisten meskipun dengan variasi random state (42, 32, dan 22). Hasil akurasi untuk skenario lainnya adalah 97.8% (80% latih, 20% uji), 95.6% (70% latih, 30% uji), dan 94.8% (60% latih, 40% uji). Secara keseluruhan, K-NN menunjukkan efektivitas tinggi dalam klasifikasi penyakit pada tanaman jeruk</p>
2	(Ahmed Elaraby, Walid Hamdy, Saad Alanazi, 2022)	Studi Literatur, Kualitatif Deskriptif	<p>a. Mendeteksi Penyakit: Menggunakan teknik deep learning untuk mendeteksi penyakit jeruk dengan lebih efisien dibandingkan metode manual.</p> <p>b. Klasifikasi Penyakit: Mampu mengklasifikasi berbagai jenis penyakit jeruk, termasuk antraknosa, bercak hitam, dan lainnya, dengan akurasi tinggi.</p> <p>c. Optimasi Biaya dan Waktu: Mengurangi biaya dan waktu yang diperlukan untuk diagnostik penyakit tanaman dengan menggunakan model yang sudah dilatih, seperti AlexNet dan VGG19.</p> <p>d. Meningkatkan Dataset: Mengatasi masalah kurangnya data dengan teknik augmentasi untuk meningkatkan jumlah gambar pelatihan yang tersedia.</p> <p>e. Evaluasi Kinerja: Mengukur kinerja sistem yang diusulkan melalui metrik evaluasi seperti akurasi, sensitivitas, dan presisi.</p>	<p>Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran mendalam yang diusulkan berhasil mencapai akurasi 94% dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasi penyakit jeruk. Model dievaluasi menggunakan dua dataset (citra penyakit buah dan daun) yang diperbesar menjadi 12.211 gambar. AlexNet unggul dibandingkan VGG19 dalam kinerja klasifikasi. Metrik evaluasi seperti sensitivitas dan presisi menunjukkan kemampuan model yang tinggi dalam identifikasi penyakit. Pendekatan ini juga lebih efisien dalam waktu dan biaya dibandingkan metode manual, menyoroti potensi besar penggunaan teknologi deep learning dalam pertanian.</p>

3	(Khandoker Nosiba Arifin, Sayma Akter Rupa, Md Musfique Anwar, dan Israt Jahan, 2024)	Studi Literatur, eksperimen kuantitatif	<p>a. Deteksi Dini Penyakit: Meningkatkan akurasi dan ketahanan dalam klasifikasi penyakit untuk mengurangi kerugian hasil pertanian.</p> <p>b. Penggunaan Arsitektur CNN: Memanfaatkan arsitektur jaringan saraf konvolusi (CNN) seperti VGG16, VGG19, dan ResNet50 untuk ekstraksi fitur dari gambar.</p> <p>c. Kombinasi Metode Klasifikasi: Menggabungkan beberapa algoritma pembelajaran mesin (seperti Random Forest, Naive Bayes, K-Nearest Neighbors, dan Regresi Logistik) untuk mencapai akurasi yang lebih baik dalam mengklasifikasi penyakit.</p> <p>d. Optimalisasi Sumber Daya: Mengoptimalkan alokasi sumber daya melalui deteksi dan intervensi penyakit secara dini.</p>	<p>Akurasi Klasifikasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Model menggunakan Regresi Logistik untuk dataset lemon mencapai akurasi 95,0%. -Untuk dataset jeruk, akurasi mencapai 99,69%. <p>Metrik Kinerja:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lemon: Recall: 94,10% Presisi: 94,32% Skor F1: 93,88% -Jeruk: Recall: 99,67% Presisi: 99,65% Skor F1: 99,66% <p>Perbandingan Model:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Model yang diusulkan dengan arsitektur CNN (ResNet50) dan pengklasifikasi Regresi Logistik menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan model lain yang ada, yang sebagian besar menggunakan pengklasifikasi Softmax. <p>Eksperimen dengan Dataset:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dataset lemon terdiri dari 200 gambar, sedangkan dataset jeruk terdiri dari 1614 gambar. Semua gambar digunakan untuk melatih dan menguji model.
4	(Usman Tariq, Muhammad Zia Ur Rehman, Jawad Ahmad, Iqtadar Hussain, Fawad Ahmad,	Studi Literatur	<p>a. Meningkatkan Kualitas dan Produksi: Mengurangi kerugian panen akibat penyakit tanaman jeruk melalui klasifikasi otomatis.</p> <p>b. Pengembangan Teknik Klasifikasi: Mengusulkan teknik</p>	<p>a. Akurasi Klasifikasi: Mencapai 95,7%, menunjukkan efektivitas metode dalam mendeteksi penyakit jeruk.</p> <p>b. Augmentasi Data: Teknik augmentasi gambar berhasil meningkatkan</p>

	Muhammad Attique Khan, 2022)		berbasis pembelajaran mendalam untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan enam penyakit berbeda pada tanaman jeruk c. Pemanfaatan Model Pra-terlatih: Menggunakan model deep learning pra-terlatih (seperti MobileNetv2 dan DenseNet201) untuk ekstraksi fitur dan meningkatkan akurasi klasifikasi. d. Augmentasi Data: Meningkatkan ukuran dan kualitas dataset melalui teknik augmentasi gambar untuk melatih model dengan lebih efektif. e. Optimasi Fitur: Menggunakan Algoritma Optimasi Paus (WOA) untuk memilih fitur yang paling relevan dari dataset yang diperoleh. f. Peningkatan Akurasi: Mencapai akurasi klasifikasi sebesar 95,7% dengan metode yang diusulkan, yang lebih baik dibandingkan dengan teknik terbaru yang ada..	jumlah dataset, memperkaya variasi pelatihan. c. Model Pra-terlatih: Penggunaan MobileNetv2 dan DenseNet201 menunjukkan kinerja baik dalam ekstraksi fitur. d. Pemilihan Fitur: Algoritma Optimasi Paus (WOA) berhasil mengidentifikasi fitur relevan, meningkatkan efisiensi klasifikasi. e. Deteksi Penyakit Beragam: Sistem mampu mengklasifikasikan enam jenis penyakit jeruk yang berbeda, mendukung manajemen kesehatan tanaman.
5	(Hyun Jung Min, Jianwei Qin, Pappu Kumar Yadav, Megan Dewdney,	Kualitatif Deskriptif	untuk mengeksplorasi potensi sistem pencitraan hiperspektral (HSI) yang menggabungkan	SVM mencapai akurasi 90,7%, dan analisis diskriminan 94,5%. Penyakit seperti keropeng dan

	Thomas Burks, Quentin Frederick , 2024)		reflektansidan fluoresensi, serta teknik pembelajaran mesin, untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai penyakit pada daun jeruk. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan deteksi penyakit seperti kanker, Huanglongbing (HLB), bercak berminyak, melanosa, keropeng, dan defisiensi seng, guna membantu pengelolaan kebun jeruk secara lebih efektif dan akurat.	melanosa terklasifikasi dengan akurasi di atas 90%. HSI terbukti efektif dan tidak merusak, memungkinkan deteksi dini penyakit.
--	---	--	---	---

4. KESIMPULAN

esimpulanya, berdasarkan literatur ini penerapan berbagai metode teknik machine learning untuk melakukan klasifikasi penyakit karat pada tanaman jeruk menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi proses indentifikasi dan klasifikasi penyakit tersebut. Namun, efektivitas teknik ini sangat bergantung pada data yang digunakan, dan optimalisasi terhadap algoritma untuk menyesuaikan kondisi lingkungan. literatur ini juga menunjukkan pentingnya pengembangan metode yang lebih terintegrasi serta teroptimisasi demi dapat memberikan hasil yang lebih akurat.

Dengan demikian, literatur ini tidak hanya memberikan pemahaman efektivitas machine learning, namun dapat memberikan dasar bagi penelitian lanjutan untuk lebih menyesuaikan metode yang telah ada sebelumnya terhadap klasifikasi penyakit karat daun pada tanaman jeruk.

REFERENCES

- Arifin, K. N., Rupa, S. A., Anwar, M. M., & Jahan, I. (2024). Lemon and Orange Disease Classification using CNN-Extracted Features and Machine Learning Classifier. *arXiv preprint arXiv:2408.14206*.
- Elaraby, A., Hamdy, W., & Alanazi, S. (2022). Classification of citrus diseases using optimization deep learning approach. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1), 9153207.
- Hilmi, A. N., Puspaningrum, E. Y., & Wahanani, H. E. (2024). Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Identifikasi Penyakit pada Tanaman Jeruk Berdasarkan Citra Daun. *Router: Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*, 2(2), 107-117.
- Min, H. J., Qin, J., Yadav, P. K., Frederick, Q., Burks, T., Dewdney, M., ... & Kim, M. (2024). Classification of Citrus Leaf Diseases Using Hyperspectral Reflectance and Fluorescence Imaging and Machine Learning Techniques. *Horticulturae*, 10(11), 1124.
- Rehman, M. Z. U., Ahmed, F., Khan, M. A., Tariq, U., Jamal, S. S., Ahmad, J., & Hussain, I. (2021). Classification of citrus plant diseases using deep transfer learning.

- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2022). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 33(2), 207–222.
- Lee, K., Kim, H., & Park, J. (2021). Application of Machine Learning Techniques for the Detection and Classification of Plant Leaf Diseases: A Review. *Agronomy*, 11(5), 936.
- Zhang, Y., Wang, L., & Huang, J. (2021). Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for CitrusDisease Detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106474.
- Li, X., Chen, Q., & Liu, Z. (2022). A Review of Deep Learning Approaches for Detecting Diseases in CitrusPlants. *Journal of Plant Pathology*, 104(3), 625–636.
- Rosyani, P. (2021). Klasifikasi Citra Menggunakan Metode Random Forest dan Sequential Minimal Optimization (SMO). *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, 9(2), 132-134.
- Rosyani, P., & Saprudin, S. (2020). Deteksi Citra Bunga Menggunakan Analisis Segmentasi Fuzzy C-Means dan Otsu Threshold. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 20(1), 27-34.
- Ningrum, F. C., Suherman, D., Aryanti, S., Prasetya, H. A., & Saifudin, A. (2019). Pengujian black box pada aplikasi sistem seleksi sales terbaik menggunakan teknik equivalence partitions. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 4(4), 125-130.