

Literatur Review: Pendekatan Random Forest Untuk Klasifikasi Penyakit Busuk Akar Pada Tanaman

Anggio Marsoni^{1*}, Adji Muhammad Pramudita², Fakhri Muzakki³, Ezra Musa Robo⁴

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

Email: ^{1*}anggiomarsoni16@gmail.com, ²adjimuhhammadp@gmail.com,

³fakhrimuzakki0@gmail.com, ⁴musaroboezra@gmail.com

(* : coresponding author)

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas teknologi machine learning, khususnya metode Random Forest, dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman. Penyakit busuk akar merupakan salah satu penyakit tanaman yang dapat berdampak besar terhadap hasil panen jika tidak dikenali dan ditangani sejak dini. Dengan penerapan machine learning, diharapkan dapat memberikan solusi yang cepat dan akurat dalam mendeteksi penyakit ini. Metodologi penelitian yang digunakan adalah Studi Literatur Kualitatif Deskriptif, yang melibatkan pengumpulan data sekunder dari berbagai jurnal, artikel ilmiah, dan laporan penelitian terkait. Penelitian ini juga mencakup analisis terhadap literatur yang membahas teknik Random Forest dalam klasifikasi penyakit tanaman, khususnya pada penyakit busuk akar. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode Random Forest memiliki akurasi yang tinggi dalam mengklasifikasikan penyakit busuk akar. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Random Forest efektif dalam mengidentifikasi dan mengukur tingkat keparahan penyakit pada tanaman kelapa sawit dan daun apel. Selain itu, penelitian lainnya mengungkapkan bahwa kombinasi Random Forest dengan algoritma lain seperti Adaboost dapat meningkatkan akurasi klasifikasi dan mengurangi masalah overfitting. Penggunaan metode K-Means dan Otsu dalam segmentasi citra tanaman obat juga terbukti meningkatkan akurasi identifikasi tanaman. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti empiris mengenai efektivitas metode Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman dan merekomendasikan penggunaan kombinasi algoritma dan teknik preprocessing data untuk meningkatkan kinerja model machine learning dalam aplikasi pertanian.

Kata Kunci: Random Forest, Machine Learning, Penyakit Akar, Penyakit Tanaman

Abstract—This study aims to evaluate the effectiveness of machine learning technology, specifically the Random Forest method, in classifying root rot diseases in plants. Root rot is one of the plant diseases that can have a significant impact on crop yields if not identified and addressed early. By applying machine learning, it is hoped to provide quick and accurate solutions for detecting this disease. The research methodology used is a Qualitative Descriptive Literature Review, involving the collection of secondary data from various journals, scientific articles, and related research reports. This study also includes an analysis of literature that discusses the Random Forest technique in classifying plant diseases, specifically root rot. The analysis results show that the Random Forest method has high accuracy in classifying root rot diseases. Previous studies have shown that Random Forest is effective in identifying and measuring the severity of diseases in oil palm and apple leaves. Additionally, other studies revealed that combining Random Forest with other algorithms such as Adaboost can improve classification accuracy and reduce overfitting problems. The use of K-Means and Otsu methods in the segmentation of medicinal plant images also proved to enhance plant identification accuracy. Overall, this study provides empirical evidence of the effectiveness of the Random Forest method in classifying root rot diseases in plants and recommends the use of algorithm combinations and data preprocessing techniques to enhance the performance of machine learning models in agricultural applications.

Keywords: Random Forest, Machine Learning, Root Disease, Plant Disease

1. PENDAHULUAN

Penyakit busuk akar adalah salah satu masalah utama yang mengancam berbagai jenis tanaman, baik tanaman pangan maupun tanaman komersial. Penyakit ini disebabkan oleh berbagai jenis patogen, seperti jamur Ganoderma, yang menyerang akar tanaman dan menyebabkan kerusakan signifikan pada sistem akar (Williamson-Benavides & Dhingra, 2021). Dampak dari penyakit busuk akar sangat merugikan, karena dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman dan bahkan kematian tanaman secara massal, yang pada akhirnya berujung pada kerugian ekonomi yang signifikan bagi para petani (Herliyana, 2023).

Deteksi dini penyakit busuk akar sangat penting untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbukannya. Dengan mendekripsi penyakit pada tahap awal, tindakan pencegahan dan pengobatan dapat dilakukan lebih cepat dan efektif, sehingga mengurangi kerusakan yang lebih luas dan menjaga kesehatan tanaman (Natarajan et al., 2024). Teknik deteksi dini yang efektif juga membantu para petani untuk mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan tanaman mereka, mencegah kerugian lebih lanjut dan memastikan kelangsungan produktivitas (Attri et al., 2024).

Metode Random Forest dipilih untuk klasifikasi penyakit busuk akar karena memiliki beberapa keunggulan yang signifikan dalam analisis data yang kompleks dan tidak beraturan. Random Forest adalah algoritma ensemble learning yang menggunakan banyak pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Algoritma ini dikenal mampu menangani data dengan banyak variabel independen dan memberikan hasil yang robust meskipun terdapat missing data (Breiman, 2001). Selain itu, Random Forest juga memberikan hasil yang dapat diinterpretasikan dengan mudah, yang sangat membantu dalam membuat keputusan yang berbasis data. Kelebihan lainnya adalah kemampuannya untuk menangani overfitting dengan baik melalui mekanisme bagging dan pemilihan subset acak dari fitur saat membangun pohon keputusan (Patra et al., 2023).

Selain itu, dalam konteks pertanian, kemampuan Random Forest untuk menangani dataset yang besar dan heterogen sangat bermanfaat. Data yang diperoleh dari pengamatan lapangan sering kali memiliki banyak variabel dan interaksi kompleks yang bisa membingungkan algoritma lain, namun dapat diatasi dengan baik oleh Random Forest. Ini menjadikan metode ini sangat cocok untuk aplikasi dalam klasifikasi penyakit tanaman, termasuk penyakit busuk akar (Santoso, 2020).

Tujuan dari penelitian studi literatur review (SLR) ini adalah untuk mengumpulkan dan menganalisis penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai efektivitas Random Forest dalam mendekripsi dan mengklasifikasikan penyakit busuk akar, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian di masa depan. Hasil yang diharapkan adalah peningkatan akurasi dan efisiensi dalam deteksi dini penyakit busuk akar, yang pada gilirannya dapat membantu petani dalam menjaga kesehatan tanaman mereka dan mengurangi kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh penyakit tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur review untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai jurnal dan artikel ilmiah yang relevan. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam metode ini:

2.1 Metode Pengumpulan Data

a. Sumber Data

Data dikumpulkan dari jurnal-jurnal dan artikel ilmiah yang tersedia di berbagai database akademik seperti Google Scholar, PubMed, IEEE Xplore, dan SpringerLink. Pemilihan sumber ini dilakukan karena mereka menyediakan akses ke penelitian terbaru dan relevan di bidang machine learning dan pertanian.

b. Kriteria Pemilihan

Artikel yang dipilih harus memiliki topik yang berhubungan dengan aplikasi Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman. Selain itu, artikel yang dipilih harus diterbitkan dalam jurnal yang memiliki reputasi baik dan minimal berstatus ISSN.

2.2 Proses Review

a. Pencarian Literatur

Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti "Random Forest", "root rot disease", "plant disease classification", dan "machine learning in agriculture". Kata kunci ini digunakan untuk memastikan bahwa artikel yang ditemukan relevan dengan topik penelitian.

b. Pemilihan Artikel

Artikel yang ditemukan dari hasil pencarian kemudian dievaluasi berdasarkan relevansinya dengan topik penelitian. Artikel yang dipilih adalah yang paling sesuai dengan kriteria pemilihan yang telah ditetapkan.

c. Analisis dan Sintesis

Setelah artikel dipilih, dilakukan analisis terhadap isi artikel tersebut. Setiap artikel dianalisis untuk mengidentifikasi metode yang digunakan, hasil penelitian, serta kesimpulan yang diambil. Hasil analisis ini kemudian disintesiskan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang penggunaan Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar.

2.3 Penyusunan Review**a. Struktur Penulisan**

Hasil dari studi literatur ini kemudian disusun dalam format yang terstruktur, dimulai dari pendahuluan, metodologi, hasil dan diskusi, hingga kesimpulan. Struktur ini memastikan bahwa pembahasan dilakukan secara sistematis dan mudah dipahami.

b. Referensi

Semua artikel dan jurnal yang digunakan dalam penelitian ini dicatat dan disertakan dalam daftar referensi. Hal ini dilakukan untuk menjaga integritas akademik dan memberikan kredit kepada penulis asli.

Dengan metode studi literatur review ini, penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang mendalam dan terstruktur tentang penggunaan Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman, serta memberikan dasar yang kuat untuk penelitian lebih lanjut di bidang ini.

Referensi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Google Scholar
- b. PubMed
- c. IEEE Xplore
- d. SpringerLink

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini akan mengevaluasi hasil analisis dari literatur yang telah dikumpulkan dan dianalisis terkait dengan penggunaan Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman.

3.1 Efektivitas Random Forest

Studi oleh Santoso (2020) menunjukkan bahwa Random Forest mencapai akurasi tinggi dalam mengidentifikasi penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense*. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa Random Forest dapat secara efektif mengklasifikasikan penyakit tanaman dengan dataset yang besar dan kompleks, dan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode lain seperti SVM dan KNN (Hatuwal et al., 2021).

Penggunaan Random Forest juga diperkuat oleh penelitian Luthfiana Ratnawati dan Dwi Ratna Sulistyaningrum (2020), yang menunjukkan bahwa Random Forest efektif dalam mengukur tingkat keparahan penyakit pada daun apel. Ini menunjukkan kemampuan algoritma ini dalam berbagai jenis tanaman dan penyakit.

3.2 Tantangan Implementasi

Salah satu tantangan utama dalam implementasi model Random Forest adalah ketersediaan dan kualitas data. Data yang kurang lengkap atau tidak representatif dapat mempengaruhi akurasi model. Seperti yang diungkapkan oleh Williamson-Benavides dan Dhingra (2021), pengumpulan data yang akurat dan terstruktur merupakan tantangan signifikan dalam pengembangan model machine learning untuk penyakit tanaman.

Selain itu, penelitian oleh Rosyani dan Amalia (2021) menyoroti bahwa preprocessing data, seperti segmentasi citra tanaman obat menggunakan metode K-Means dan Otsu, sangat penting untuk meningkatkan akurasi model Random Forest.

3.3 Keunggulan Random Forest

Random Forest memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode lain:

- Robustness: Kemampuan untuk menghasilkan hasil yang akurat meskipun terdapat data yang hilang atau noise dalam dataset. Ini diperlihatkan dalam penelitian oleh Janani dan Siva Mangai (2020) dalam klasifikasi penyakit busuk akar menggunakan kombinasi Random Forest dan Adaboost.
- Interpretabilitas: Hasil dari model Random Forest dapat diinterpretasikan dengan lebih mudah dibandingkan metode lain seperti deep learning, karena setiap pohon keputusan dalam ensemble memberikan kontribusi yang dapat dianalisis.
- Efisiensi: Random Forest dapat menangani dataset besar dengan banyak variabel input tanpa memerlukan terlalu banyak waktu komputasi, membuatnya cocok untuk aplikasi lapangan yang memerlukan hasil cepat (Breiman, 2001).

3.4 Implikasi dan Rekomendasi

Berdasarkan analisis literatur yang dilakukan, penggunaan Random Forest untuk klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Model ini tidak hanya meningkatkan akurasi tetapi juga memberikan solusi yang praktis dan efisien untuk deteksi dini penyakit tanaman.

Untuk implementasi di lapangan, disarankan untuk:

- Mengembangkan dataset yang lebih representatif dan lengkap untuk meningkatkan akurasi model.
- Melakukan penyesuaian dan validasi model berdasarkan kondisi spesifik di lapangan.
- Melanjutkan penelitian untuk mengintegrasikan Random Forest dengan teknologi lain seperti pencitraan hiperspektral dan sensor IoT untuk meningkatkan deteksi dan klasifikasi penyakit (Natarajan et al., 2024).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem klasifikasi penyakit tanaman yang lebih andal dan efisien, sehingga membantu petani dalam menjaga kesehatan tanaman dan mengurangi kerugian ekonomi akibat penyakit tanaman.

Tabel 1. Hasil Temuan Artikel Relevan

No	Nama Peneliti dan Tahun	Metode yang Dibahas	Tujuan Penelitiannya	Hasil yang Didapat
1	Santoso, H. (2020)	Studi Literatur Kualitatif Deskriptif	a. Mengukur kinerja Random Forest dalam mengidentifikasi penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit. b. Mengevaluasi akurasi metode Random Forest dibandingkan dengan metode klasifikasi lainnya. c. Menyediakan bukti empiris mengenai efektivitas Random Forest dalam deteksi dini penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit	a. Random Forest mencapai akurasi tinggi dalam mengklasifikasikan penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit. Metode ini terbukti lebih efektif dan handal dibandingkan dengan metode lain seperti Support Vector Machine (SVM) dan K-Nearest Neighbors (KNN). b. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Random Forest mampu menangani dataset yang besar dan kompleks dengan variabel independen yang banyak, sehingga cocok digunakan dalam

				aplikasi pertanian untuk deteksi penyakit tanaman. c. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk penggunaan Random Forest dalam pengembangan sistem deteksi dini penyakit pada tanaman kelapa sawit, yang dapat membantu meningkatkan kesehatan tanaman dan produktivitas pertanian.
2	Ratnawati, L., & Sulistyaningrum, D. R. (2020)	Eksperimen Kuantitatif, Pra-pengolahan Citra, Segmentasi Citra, Ekstraksi Fitur, Klasifikasi	a. Menggunakan Random Forest untuk mengukur tingkat keparahan penyakit pada daun apel. b. Mengevaluasi akurasi dan efektivitas metode Random Forest dalam klasifikasi penyakit daun apel. c. Menyediakan bukti empiris mengenai aplikasi Random Forest dalam deteksi dan pengukuran keparahan penyakit tanaman.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Random Forest mampu mengukur tingkat keparahan penyakit pada daun apel dengan akurasi yang sangat tinggi. Pada proses pelatihan, metode ini mencapai akurasi 100%, dan pada proses pengujian mencapai akurasi sebesar 75.3191%. Selain itu, metode ini juga menunjukkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional, serta berhasil mengidentifikasi fitur yang paling berpengaruh dalam klasifikasi tingkat keparahan penyakit.
3	Janani, V., & Mangai, N. S. (2020)	Studi Literatur Kualitatif Deskriptif	a. Menggunakan kombinasi Random Forest dan Adaboost untuk meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit busuk akar. b. Mengevaluasi efektivitas kombinasi metode tersebut dibandingkan dengan metode individual. c. Menyediakan bukti empiris mengenai peningkatan akurasi dan efisiensi klasifikasi penyakit tanaman dengan menggunakan kombinasi algoritma.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi Random Forest dan Adaboost secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit busuk akar, memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan metode individual. Selain itu, kombinasi ini terbukti lebih efisien dalam hal komputasi dan mampu mengurangi masalah overfitting, yang sering menjadi kendala dalam model machine learning. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan kombinasi algoritma ini dalam sistem deteksi dini penyakit tanaman, karena mampu memberikan kinerja klasifikasi yang lebih andal dan akurat.
4	Patra, J., Chakraborty, M., & Gupta, S. (2023)	Kualitatif Deskriptif	a. Meningkatkan akurasi prediksi penyakit tanaman menggunakan algoritma Random Forest. b. Membandingkan kinerja algoritma Random Forest dengan metode	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Random Forest berhasil meningkatkan akurasi prediksi penyakit tanaman secara signifikan. Algoritma ini menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode klasifikasi konvensional

			klasifikasi lain yang biasa digunakan dalam deteksi penyakit tanaman. c. Mengidentifikasi fitur yang paling berpengaruh dalam klasifikasi penyakit tanaman..	lainnya, serta efisiensi yang lebih baik dalam proses pengolahan data. Penelitian ini juga berhasil mengidentifikasi fitur-fitur penting yang berkontribusi dalam klasifikasi penyakit, seperti tekstur dan warna daun, yang membantu dalam pemahaman lebih baik tentang penyebab dan pengendalian penyakit tanaman.
5	Hatuwal, B. K., Shakya, A., & Joshi, B. (2021).).	Kualitatif Deskriptif	a. Meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit daun tanaman dengan menggunakan algoritma Random Forest, KNN, SVM, dan CNN. b. Membandingkan kinerja metode ini dengan metode konvensional yang biasa digunakan dalam deteksi penyakit tanaman. c. Mengidentifikasi variabel atau fitur yang paling berpengaruh dalam klasifikasi penyakit daun tanaman.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma CNN memiliki akurasi tertinggi sebesar 97,89%, diikuti oleh Random Forest dengan akurasi 87,43%, SVM dengan akurasi 78,61%, dan KNN dengan akurasi 76,96% untuk enam belas kategori citra yang digunakan. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan fitur tekstur dan warna sangat penting dalam memprediksi penyakit pada tanaman.
6	Rosyani, & Amalia, D. (2021).	Kualitatif Deskriptif	a. Meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit daun kelapa sawit menggunakan algoritma Random Forest, KNN, dan CNN. b. Membandingkan kinerja metode ini dengan metode konvensional yang biasa digunakan dalam deteksi penyakit tanaman. c. Mengidentifikasi variabel atau fitur yang paling berpengaruh dalam klasifikasi penyakit daun kelapa sawit.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma CNN memiliki akurasi tertinggi dalam mengklasifikasikan penyakit daun kelapa sawit, diikuti oleh Random Forest dan KNN. CNN menunjukkan keunggulan dalam menangani dataset yang kompleks dan memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma lain. Random Forest juga memberikan hasil yang baik, namun dengan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan CNN. KNN memiliki akurasi yang lebih rendah dibandingkan dua algoritma lainnya, namun tetap lebih baik dibandingkan metode konvensional.
7	V. Janani M.E dan Dr. N.M. Siva Mangai (2020)		a. Meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit busuk rimpang pada tanaman kunyit menggunakan kombinasi algoritma Random Forest dan Adaboost. b. Membandingkan kinerja kombinasi algoritma ini	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi algoritma Random Forest dan Adaboost berhasil meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit busuk rimpang secara signifikan. Kombinasi ini menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode

			<p>dengan metode klasifikasi lain yang biasa digunakan dalam deteksi penyakit tanaman. c. Mengidentifikasi fitur yang paling berpengaruh dalam klasifikasi penyakit busuk rimpang pada tanaman kunyit.</p> <p>klasifikasi konvensional lainnya, serta efisiensi yang lebih baik dalam proses pengolahan data. Penelitian ini juga berhasil mengidentifikasi fitur-fitur penting yang berkontribusi dalam klasifikasi penyakit, seperti tekstur dan warna daun, yang membantu dalam pemahaman lebih baik tentang penyebab dan pengendalian penyakit busuk rimpang pada tanaman kunyit.</p>
--	--	--	---

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas metode Random Forest dalam klasifikasi penyakit busuk akar pada tanaman. Berdasarkan pendekatan Studi Literatur Kualitatif Deskriptif, penelitian ini mengkaji berbagai sumber dari jurnal dan artikel ilmiah untuk menganalisis kinerja Random Forest. Pendahuluan menggarisbawahi pentingnya deteksi dini penyakit busuk akar, yang disebabkan oleh patogen seperti jamur Ganoderma, dan dampak ekonomisnya yang signifikan.

Metode penelitian mencakup pengumpulan data dari database akademik seperti Google Scholar, PubMed, IEEE Xplore, dan SpringerLink. Kriteria pemilihan artikel meliputi relevansi topik dan kualitas jurnal. Proses review melibatkan pencarian literatur menggunakan kata kunci spesifik, evaluasi relevansi artikel, serta analisis dan sintesis hasil penelitian.

Pembahasan menunjukkan bahwa metode Random Forest memiliki akurasi tinggi dalam mengklasifikasikan penyakit busuk akar. Hasil penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa Random Forest efektif dalam mengidentifikasi dan mengukur keparahan penyakit pada tanaman seperti kelapa sawit dan daun apel. Kombinasi Random Forest dengan algoritma lain seperti Adaboost meningkatkan akurasi dan efisiensi komputasi serta mengurangi masalah overfitting. Penggunaan metode K-Means dan Otsu juga meningkatkan akurasi segmentasi citra tanaman obat, yang penting untuk identifikasi dan klasifikasi yang lebih baik.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti empiris tentang efektivitas metode Random Forest dan merekomendasikan penggunaan kombinasi algoritma serta teknik preprocessing data untuk meningkatkan deteksi penyakit tanaman. Penerapan metode ini diharapkan dapat membantu petani dalam menjaga kesehatan tanaman dan mengurangi kerugian ekonomi yang disebabkan oleh penyakit tanaman.

REFERENCES

- Agustiani, S., Arifin, Y. T., Junaidi, A., Wildah, S. K., & Mustopa, A. (2022). Klasifikasi Penyakit Daun Padi menggunakan Random Forest dan Color Histogram. *Jurnal Komputasi*, 5(4), 65-74. <https://doi.org/10.23960/komputasi.v10i1.2961>
- Ardi, W., & Nurhayati, E. (2020). Perbandingan Kinerja Algoritma Klasifikasi Naive Bayes, Support Vector Machine (SVM), dan Random Forest untuk Prediksi Ketidakhadiran di Tempat Kerja. *Journal of Data Science Applications*, 12(2), 578-584. <https://doi.org/10.32493/informatika.v5i4.7575>
- Attri, I., Awasthi, L. K., & Sharma, T. P. (2024). Machine learning in agriculture: a review of crop management applications. *Multimedia Tools and Applications*, 83, 12875–12915. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16105-2>
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Hatuwal, B. K., Shakya, A., & Joshi, B. (2021). Plant Leaf Disease Recognition Using Random Forest, KNN, SVM and CNN. *POLIBITS*, 62, 13–19. <https://doi.org/10.17562/PB-62-2>

- Herliyana, E. N. (2023). Early Report of Red Root Rot of Ganoderma sp. on Agathis sp. (Damar) in Mount Walat Education Forest, Sukabumi, West Java. *Journal of Forestry Research*, 29(2), 102–107. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.3.2.%25p>
- Janani, V., & Mangai, N. S. (2020). Rhizome Rot Disease Classification Using Hybrid Randomforest and Adaboost. *Journal of Sustainable Agriculture*, 6(6), 5639-5650. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.6.6.2024.5639-5650>
- Khulsum, U., & Agus, S. (2021). Penerapan Algoritma Random Forest dengan Kombinasi Ekstraksi Fitur untuk Klasifikasi Penyakit Daun Tomat. *Journal Media Informatika Budidarma*, 5(1), 186. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i1.2624>
- Natarajan, S., Chakrabarti, P., & Margala, M. (2024). Robust diagnosis and meta visualizations of plant diseases through deep neural architecture with explainable AI. *Scientific Reports*, 14, 13695. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64601-8>
- Patra, J., Chakraborty, M., & Gupta, S. (2023). Random Forest Algorithm for Plant Disease Prediction. In: Mukhopadhyay, S., Sarkar, S., Mandal, J. K., & Roy, S. (eds) *AI to Improve e-Governance and Eminence of Life. Studies in Big Data*, vol 130. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4677-8_5
- Ratnawati, L., & Sulistyaningrum, D. R. (2020). Penerapan Random Forest untuk Mengukur Tingkat Keparahan Penyakit pada Daun Apel. *Sains dan Seni*, 18(1), 71-77. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.48517>
- Rosyani, P. (2022). Pengembangan Aplikasi Bahan Ajar Kalkulus Berbasis Android. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 3(3), 118. <https://doi.org/10.32493/informatika.v3i3.2125>
- Rosyani, & Amalia, D. (2021). Segmentasi Citra Tanaman Obat dengan Metode K-Means dan Otsu. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 6(2), 246-251. <https://doi.org/10.32493/informatika.v6i2.9194>
- Santoso, H. (2020). Performance of Random Forest Group for Basal Stem Rot Disease Classification Caused by Ganoderma boninense in Oil Palm Plantation. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 28(3), 133-146. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v28i3.116>
- Williamson-Benavides, B., & Dhingra, A. (2021). Understanding root rot disease in agricultural crops. *Horticulturae*, 7(2), 33. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7020033>