



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 7359-7366

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Klasifikasi Penyakit Daun Pisang Menggunakan Radial Basis Function Neural Network (RBFNN)

Albert Willyam, Evasaria Magdalena Sipayung

¹²Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Bunda Mulia

¹albertwillyam84@gmail.com, ²11874@lecturer.ubm.ac.id

Abstrak

Penyakit daun pisang merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen, sehingga diperlukan metode deteksi yang cepat dan akurat untuk mendukung penanganan dini. Identifikasi penyakit secara konvensional masih bergantung pada pengamatan visual oleh pakar, yang bersifat subjektif, memerlukan waktu, dan sulit diterapkan secara luas. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) dalam mengklasifikasikan penyakit daun pisang berbasis citra digital serta mengembangkan aplikasi berbasis web sebagai alat bantu identifikasi bagi pengguna. Dataset yang digunakan berupa citra daun pisang yang terdiri atas beberapa kelas, yaitu daun sehat dan beberapa jenis penyakit daun seperti Sigatoka, Pestalotiopsis, dan Cordana. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pra-proses citra (resize dan normalisasi), ekstraksi fitur, pembagian data latih dan data uji, pelatihan model RBFNN, serta evaluasi kinerja sistem. Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan model Software Development Life Cycle (SDLC) Waterfall, sedangkan sistem diimplementasikan dalam bentuk aplikasi web menggunakan framework Flask. Kinerja model dievaluasi menggunakan confusion matrix dengan metrik akurasi, presisi, dan recall untuk menilai kemampuan klasifikasi pada setiap kelas penyakit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode RBFNN mampu mengklasifikasikan penyakit daun pisang dengan tingkat akurasi yang baik dan proses komputasi yang relatif cepat, sehingga layak digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam bidang pertanian. Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dan pihak terkait dapat melakukan identifikasi penyakit daun pisang secara lebih dini dan akurat, sehingga dapat mengurangi risiko kerugian akibat keterlambatan penanganan dan meningkatkan produktivitas pertanian.

Kata Kunci: Penyakit Daun Pisang, Klasifikasi Citra, RBFNN, Machine Learning.

1. Latar Belakang

Sektor pertanian, khususnya komoditas pisang, memiliki peran penting dalam ketahanan pangan dan perekonomian, namun produktivitasnya rentan terhadap penyakit daun yang dapat menurunkan kualitas dan hasil panen secara signifikan [1]. Identifikasi penyakit secara konvensional masih bergantung pada pengamatan visual pakar yang bersifat subjektif dan kurang efisien untuk skala luas [2]. Perkembangan pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan memungkinkan deteksi penyakit tanaman secara otomatis. Penelitian menggunakan metode *deep learning* dengan *Convolutional Neural Network* (CNN) umumnya membutuhkan data besar dan sumber daya komputasi tinggi [3] [4] [5] [6].

Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) menawarkan alternatif dengan kemampuan aproksimasi nonlinier yang baik, pelatihan cepat, serta kompleksitas komputasi yang lebih rendah [7]. Penelitian ini bertujuan menerapkan RBFNN untuk mengklasifikasikan penyakit daun pisang berdasarkan citra digital serta mengembangkan aplikasi berbasis web sebagai alat bantu identifikasi. Sistem dibatasi pada klasifikasi daun sehat dan beberapa jenis penyakit, dengan evaluasi kinerja menggunakan akurasi, presisi, *recall*, dan *confusion matrix* [8].

Penelitian mengenai klasifikasi penyakit daun pisang telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan berbagai metode pembelajaran mesin dan *deep learning*. Penelitian-penelitian tersebut menjadi landasan penting dalam pengembangan metode yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian penyakit daun pisang menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) bertujuan untuk mengidentifikasi penyakit *Black Sigatoka* pada tanaman pisang berdasarkan data citra daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LSTM mampu memberikan performa klasifikasi yang baik dalam mendeteksi penyakit serta membantu petani dalam pengambilan keputusan terkait penanganan penyakit [9].

Penelitian klasifikasi penyakit daun pisang menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengklasifikasikan penyakit daun pisang melalui proses ekstraksi fitur citra secara otomatis. Sistem yang dikembangkan dapat membantu petani dalam melakukan identifikasi penyakit secara cepat dan akurat [10].

Penelitian klasifikasi jenis pisang berdasarkan fitur warna, tekstur, bentuk citra menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Penelitian ini membandingkan performa metode SVM dan KNN dalam mengklasifikasikan citra daun pisang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SVM memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan KNN pada Dataset yang digunakan, terutama ketika menggunakan kombinasi fitur warna dan tekstur [11].

Berdasarkan uraian beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa berbagai metode telah berhasil diterapkan dalam klasifikasi penyakit daun pisang dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Namun, masih terdapat peluang untuk mengembangkan metode alternatif yang memiliki performa tinggi dengan kompleksitas yang lebih rendah. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan RBFNN sebagai pendekatan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi sekaligus menekan kebutuhan komputasi dan waktu pelatihan model.

2. Metode Penelitian

Pengembangan sistem klasifikasi penyakit daun pisang menggunakan metode Radial Basis Function Neural Network (RBFNN). Proses penelitian ini dibagi ke dalam empat tahap utama, yaitu pengumpulan dan pembersihan data, pra-pemrosesan lanjutan serta ekstraksi fitur, pelatihan model dengan optimasi parameter, serta evaluasi hasil klasifikasi ditunjukkan pada Gambar 1.

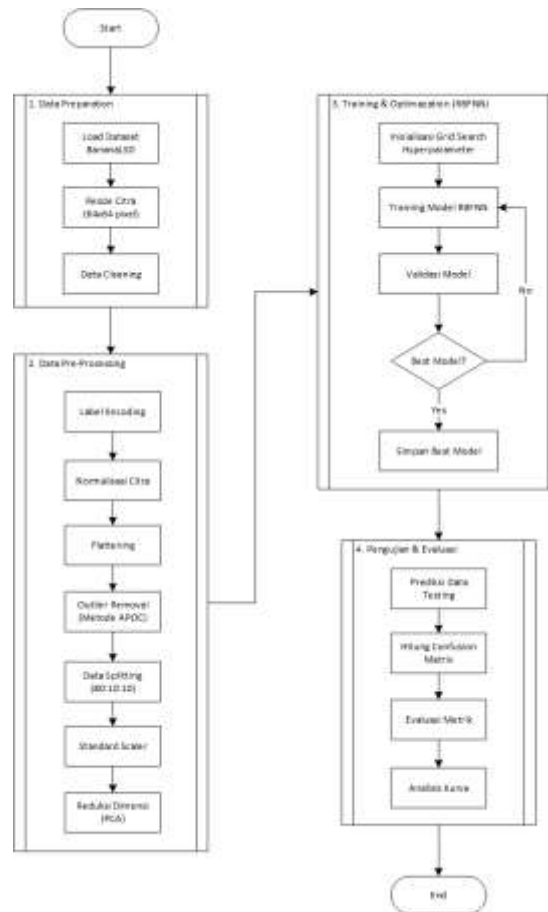
Tahap pertama melibatkan pengumpulan data citra dari Banana Leaf Spot Dataset (BananaLSD) yang terdiri dari gabungan data asli (original set) dan data augmentasi (augmented set). Citra yang terkumpul kemudian melalui proses penyeragaman dimensi (resizing) menjadi ukuran 64x64 piksel untuk menyeimbangkan detail visual dengan efisiensi komputasi. Selain itu, dilakukan pembersihan data (data cleaning) untuk menghapus citra yang rusak atau memiliki nilai piksel kosong (NaN), sehingga data yang masuk ke tahap selanjutnya dipastikan memiliki kualitas yang baik.

Tahap kedua adalah pra-pemrosesan lanjutan dan ekstraksi fitur, yang bertujuan untuk menyiapkan data agar optimal saat dipelajari oleh model. Pada tahap ini, citra dinormalisasi agar nilai pikselnya berada pada rentang 0 hingga 1, dilanjutkan dengan proses flattening untuk mengubah matriks citra menjadi vektor. Langkah krusial pada tahap ini adalah penerapan metode Average Pairwise Outlier Cleaner (APOC) untuk membuang 5% data outlier yang tidak representatif, serta penggunaan teknik Principal Component Analysis (PCA) untuk mereduksi dimensi fitur menjadi 50 komponen utama. Tahapan ini sangat penting untuk meringankan beban komputasi tanpa menghilangkan informasi ciri penyakit yang signifikan.

Tahap ketiga merupakan perancangan dan pelatihan model RBFNN menggunakan pendekatan eksperimental. Pada tahap ini, pelatihan dilakukan dengan metode Grid Search untuk mencari kombinasi hyperparameter terbaik, meliputi jumlah center, nilai sigma, dan parameter regularisasi. Algoritma RBFNN dilatih melalui tiga langkah matematis, yaitu penentuan pusat hidden neuron menggunakan K-Means clustering, perhitungan lebar fungsi basis, dan penentuan bobot output menggunakan Ridge Regression. Model dievaluasi secara berulang menggunakan data validasi untuk memastikan model yang terpilih adalah model dengan generalisasi terbaik.

Tahap terakhir adalah evaluasi performa model klasifikasi. Pengujian dilakukan secara objektif dengan memprediksi data uji (testing set) yang belum pernah dilihat model sebelumnya. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi terhadap label sebenarnya menggunakan confusion matrix serta metrik ukur seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-Score. Selain itu, analisis kurva ROC dan nilai mean Average Precision (mAP) juga dilakukan untuk menilai keandalan model dalam membedakan setiap kelas penyakit daun pisang secara akurat.

Pada penelitian ini menggunakan *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) dalam melakukan pengolahan dataset berupa citra digital daun pisang. Hasil pengolahan data berupa model yang dievaluasi dengan menggunakan *confusion matrix*. Model yang didapatkan digunakan dalam pengembangan sistem untuk digunakan dalam melakukan klasifikasi.



Gambar 1. Flowchart Klasifikasi dengan RBFNN

2.1. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra digital daun pisang yang terdiri dari empat kelas, yaitu daun sehat, Sigatoka, Pestalotiopsis, dan Cordana dtunjukkan pada Gambar 2. Data diperoleh dari sumber dataset terbuka dan dikurasi kembali untuk memastikan kualitas citra yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian model. *Ratio* pembagian dataset 80% untuk data latih, 10% untuk data validasi dan 10% untuk data uji.

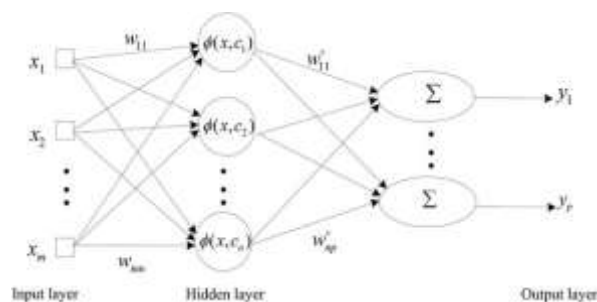


Gambar 2. Kelas Penyakit Daun Pisang

Tahapan pra-pemrosesan dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dan menyeragamkan ukuran data sebelum masuk ke tahap ekstraksi fitur dan klasifikasi. Proses pra-pemrosesan meliputi [12]:

1. *Resize*, untuk menyamakan dimensi citra agar sesuai dengan input model.
2. Normalisasi, untuk menyesuaikan rentang nilai piksel sehingga mempercepat proses konvergensi saat pelatihan model

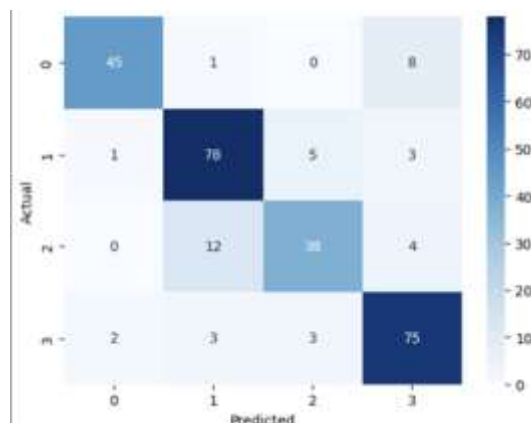
Ekstraksi fitur dilakukan untuk memperoleh representasi numerik dari citra daun pisang yang menggambarkan karakteristik warna dan tekstur daun. Fitur-fitur ini kemudian digunakan sebagai input pada model RBFNN [13]. Dataset dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih (*training set*) dan data uji (*testing set*), dengan perbandingan tertentu agar model dapat dilatih dan dievaluasi secara objektif. Model *Radial Basis Function Neural Network* digunakan sebagai *classifier* utama. RBFNN terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi dengan fungsi basis radial (Gaussian), dan lapisan output [14]. Proses pelatihan dilakukan untuk menentukan pusat (*center*), lebar (*spread*), dan bobot optimal sehingga kesalahan klasifikasi dapat diminimalkan [15]. Arsitektur *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN)

2.2. Evaluasi Model

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan *confusion matrix* [16], *confusion matrix* dari model ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Confusion matrix

Metrik tersebut digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasikan setiap kelas penyakit secara benar. Evaluasi kinerja menunjukkan nilai akurasi sebesar 87% pada data pelatihan dan 85% pada data pengujian, yang menandakan bahwa model mampu mengklasifikasikan penyakit daun pisang dengan tingkat ketepatan yang memadai. Sementara itu, nilai presisi, *recall*, dan *F1-score* yang diperoleh masing-masing sebesar 85%, 85%, dan 85%, menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengenali setiap kelas penyakit daun pisang.

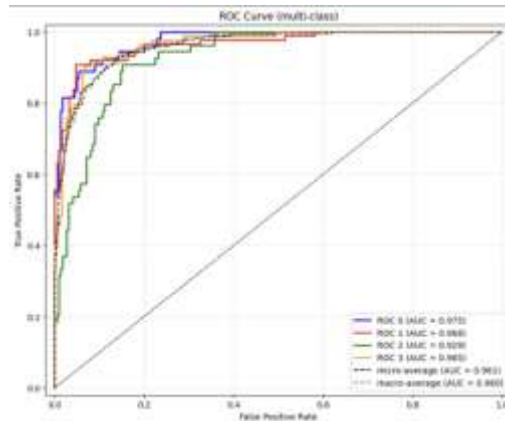
Kurva ROC multikelas yang dihasilkan menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan diskriminatif yang baik dalam membedakan masing-masing kelas penyakit.

Perhitungan titik koordinat kurva ROC menggunakan rumus 1 dan 2 (Tharwat, 2020):

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{2}{3} = 0.67 \quad (1)$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} = \frac{1}{2} = 0.50 \quad (2)$$

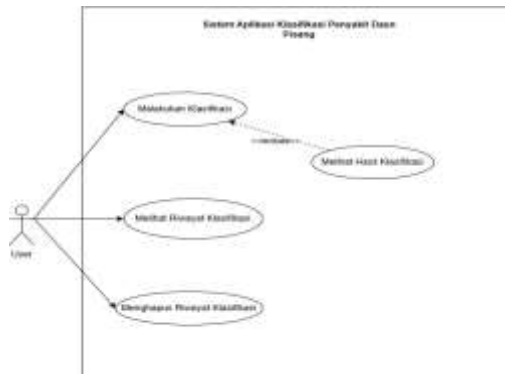
Titik (0.50, 0.67) inilah yang menjadi salah satu pembentuk kurva ROC dalam evaluasi model ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Receiver Operation Characteristic (ROC)

2.3. Pengembangan Aplikasi

Sistem dikembangkan menggunakan metode SDLC model *Waterfall* yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [17].



Gambar 6. Use case Diagram

Pengguna dapat berinteraksi dengan sistem untuk melakukan klasifikasi, melihat hasil klasifikasi, melihat riwayat hasil klasifikasi, dan menghapus riwayat klasifikasi yang pernah dilakukan. Interaksi pengguna digambarkan dengan *use case diagram* sistem ditunjukkan pada Gambar 6.

Aplikasi diimplementasikan berbasis web menggunakan *framework Flask* agar dapat diakses dengan mudah oleh pengguna [18]. Tampilan hasil klasifikasi penyakit daun pisang ini ditunjukkan pada Gambar 7.



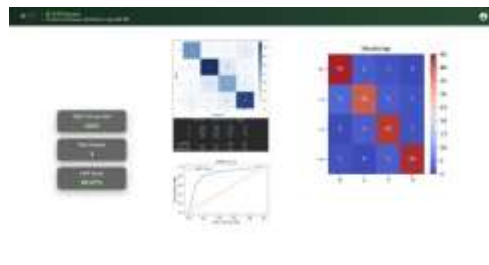
Gambar 7. Tampilan Hasil Klasifikasi

Tampilan yang ditunjukkan pada Gambar 7 digunakan oleh pengguna untuk mengunggah citra daun pisang dan memperoleh hasil klasifikasi penyakit secara otomatis dari sistem. Pada bagian tengah halaman terdapat sebuah panel utama bertuliskan “*Banana Leaf Disease Classifier*” yang berfungsi sebagai area interaksi pengguna dengan sistem. Panel ini menyediakan komponen *Choose File* untuk memilih citra daun pisang dari perangkat pengguna serta tombol *Predict* untuk memulai proses klasifikasi.



Gambar 8. Riwayat Klasifikasi

Klasifikasi yang dilakukan pengguna akan disimpan dan halaman riwayat klasifikasi ini ditunjukkan pada Gambar 8. pengguna dapat melakukan penelusuran hasil klasifikasi sebelumnya, membandingkan berbagai kondisi daun pisang yang telah dianalisis, serta mengelola data klasifikasi secara mandiri. Halaman ini melengkapi fungsi utama sistem dengan menyediakan dokumentasi hasil klasifikasi yang tersimpan secara otomatis di dalam basis data aplikasi.



Gambar 9. Performa Model

Performa model pada sistem ini ditunjukkan pada Gambar 9, sistem menampilkan ringkasan metrik utama evaluasi model dalam bentuk tiga kartu informasi, yaitu *Total Training Data* yang menunjukkan jumlah data latih yang digunakan sebanyak 2.224 citra, *Total Classes* yang menunjukkan jumlah kelas penyakit sebanyak 4 kelas, serta *mAP Score* sebesar 88,57% yang merepresentasikan tingkat ketepatan keseluruhan model dalam melakukan klasifikasi multi-kelas. Informasi ini memberikan gambaran singkat namun penting mengenai kapasitas dataset dan kualitas performa model RBFNN.

Visualisasi *heatmap confusion matrix*, yang menunjukkan distribusi hasil prediksi model terhadap label aktual untuk setiap kelas penyakit. Warna yang semakin gelap menunjukkan jumlah prediksi yang semakin tinggi, sehingga dapat dengan mudah mengidentifikasi kelas yang memiliki tingkat klasifikasi benar tinggi maupun kelas yang masih sering mengalami kesalahan prediksi. Grafik *ROC Curve (Receiver Operating Characteristic)* yang menggambarkan hubungan antara *true positive rate* dan *false positive rate* dari model RBFNN. Grafik ini digunakan untuk menilai kemampuan model dalam membedakan antar kelas penyakit berdasarkan probabilitas

prediksi yang dihasilkan. Kurva ROC yang mendekati sudut kiri atas menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang baik.

Secara keseluruhan, tampilan ini tidak hanya menyajikan nilai evaluasi numerik seperti mAP, tetapi juga menampilkan visualisasi penting berupa *confusion matrix* dan *ROC curve*. Dengan demikian, administrator dapat melakukan analisis performa model RBFNN secara komprehensif, baik dari sisi akurasi klasifikasi, distribusi kesalahan prediksi, maupun kemampuan pemisahan antar kelas penyakit daun pisang.

3. Hasil dan Diskusi

Model *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) dilatih menggunakan data latih yang telah melalui tahap prapemrosesan (resize dan normalisasi), ekstraksi fitur, serta reduksi dimensi menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Proses pelatihan dilakukan dengan menentukan pusat fungsi radial menggunakan algoritma k-means, menghitung parameter lebar (spread/sigma), serta melakukan pembelajaran bobot keluaran menggunakan regresi Ridge untuk meminimalkan kesalahan klasifikasi. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan data uji dengan metrik *confusion matrix*, akurasi, presisi, recall, *F1-score*, serta kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Evaluasi kinerja menunjukkan nilai akurasi sebesar 87% pada data pelatihan dan 85% pada data pengujian. Nilai presisi, recall, dan *F1-score* yang diperoleh masing-masing sebesar 85%, 85%, dan 85%, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengenali dan membedakan setiap kelas penyakit daun pisang.

Hasil *confusion matrix* menunjukkan bahwa sebagian besar citra pada kelas daun sehat, Pestalotiopsis, Cordana, dan Sigatoka berhasil diklasifikasikan dengan benar, meskipun masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi antar kelas penyakit yang memiliki kemiripan pola visual, khususnya pada area bercak dan perubahan warna daun. Hal ini menunjukkan bahwa variasi tekstur dan intensitas warna antar penyakit dapat mempengaruhi tingkat kesalahan prediksi model. Kurva ROC multikelas yang dihasilkan menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan diskriminatif yang baik dalam membedakan masing-masing kelas penyakit. Nilai *Area Under Curve* (AUC) yang mendekati 1 pada sebagian besar kelas mengindikasikan bahwa probabilitas prediksi yang dihasilkan model cukup stabil dan konsisten. Selain evaluasi performa, dilakukan pula analisis terhadap jumlah center pada lapisan tersembunyi RBFNN.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jumlah center yang kecil (sekitar 120–150), nilai error validasi masih relatif tinggi dan berfluktuasi, menandakan bahwa kapasitas model belum cukup untuk merepresentasikan kompleksitas data citra daun pisang. Seiring peningkatan jumlah center menjadi sekitar 180–200, nilai error validasi mengalami penurunan dan cenderung stabil, yang menunjukkan bahwa model mulai mampu menangkap karakteristik pola penyakit dengan lebih baik. Namun, pada jumlah center yang lebih besar (sekitar 250), penurunan error tidak lagi signifikan dan bahkan cenderung stagnan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penambahan center yang berlebihan meningkatkan kompleksitas model tanpa memberikan peningkatan akurasi yang berarti. Oleh karena itu, jumlah center pada kisaran 180–200 dipilih sebagai konfigurasi optimal.

Dari sisi komputasi, RBFNN menunjukkan waktu pelatihan yang relatif cepat dibandingkan metode deep learning seperti CNN, karena struktur jaringan yang lebih sederhana dan jumlah parameter yang lebih sedikit. Hal ini menjadikan RBFNN lebih sesuai untuk diimplementasikan pada sistem dengan sumber daya terbatas. Model yang telah dilatih kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan *framework Flask*. Sistem memungkinkan pengguna untuk mengunggah citra daun pisang dan memperoleh hasil klasifikasi secara langsung, sedangkan administrator dapat memantau performa model melalui halaman dokumentasi yang menampilkan *confusion matrix*, heatmap, ROC curve, dan nilai mean average precision (mAP).

Berdasarkan hasil pengujian, metode RBFNN terbukti mampu memberikan performa klasifikasi yang baik dengan tingkat akurasi di atas 80% pada data pengujian. Meskipun nilai akurasi ini masih berada di bawah beberapa pendekatan deep learning yang dilaporkan pada penelitian lain, RBFNN menawarkan keunggulan pada aspek efisiensi komputasi, kesederhanaan arsitektur, dan kemudahan implementasi. Perbedaan nilai akurasi antara data pelatihan dan data pengujian dipengaruhi oleh variasi kualitas citra, perbedaan pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta kemiripan visual antar jenis penyakit daun pisang. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas dataset dan keragaman data latih sangat berpengaruh terhadap kemampuan generalisasi model.

4. Kesimpulan

Model *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) yang digunakan dalam penelitian ini mampu memberikan performa klasifikasi penyakit daun pisang yang baik berdasarkan data citra daun pisang. Evaluasi kinerja menunjukkan nilai akurasi sebesar 87% pada data pelatihan dan 85% pada data pengujian, dengan *ratio* pembagian

Dataset 80% untuk data latih, 10% untuk data validasi, dan 10% untuk data uji. Sementara itu, nilai presisi, recall, dan F1-score yang diperoleh masing-masing sebesar 85%, 85%, dan 85%, menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengenali setiap kelas penyakit daun pisang. Perbedaan nilai kinerja antara data pelatihan dan data pengujian dipengaruhi oleh variasi kualitas citra serta perbedaan karakteristik data. Secara keseluruhan, model RBFNN terbukti efektif dalam melakukan klasifikasi penyakit daun pisang dan dapat digunakan sebagai alat bantu identifikasi penyakit secara otomatis.

Referensi

1. X. Zhao, L. Wang, Y. Zhang, X. Han, M. Deveci, and M. Parmar, "A review of convolutional neural networks in computer vision," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 57, p., 2024, doi: 10.1007/s10462-024-10721-6.
2. A. Drenth and G. Kema, "The vulnerability of bananas to globally emerging disease threats," *Phytopathology*, p., 2021, doi: 10.1094/phyto-07-20-0311-rvw.
3. K. L. Narayanan et al., "Banana Plant Disease Classification Using Hybrid Convolutional Neural Network," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/9153699.
4. E. M. Sipayung and E. Christopher R., "Klasifikasi Image Jenis Kayu pada Furnitur dengan Convolutional Neural Network," *Jurnal Telematika*, vol. 18, no. 2, pp. 82–87, Jan. 2024, doi: 10.61769/telematika.v18i2.617.
5. Y. A. Suwito and F. J. Kaunang, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Daun Dengan Metode Data Mining SEMMA Menggunakan Keras," *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 109–121, Nov. 2022, doi: 10.31603/komtika.v6i2.8054.
6. D. C. Sulaiman and T. M. S. Mulyana, "Web-Based Writing Learning Application of Basic Hanacaraka Using Convolutional Neural Network Method," *Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika*, vol. 15, no. 1, pp. 28–34, Jun. 2023, doi: 10.31937/ti.v15i1.2993.
7. T. Vignesh, E. Srie, and V. Janani, "Segmentation and Classification of Leaf Disease Using Radial Basis Function neural Network," 2023.
8. V. Raja, D. M. G. Solaimalai, D. Rani, P. Deepa, and R. Vidhya, "Machine Learning Revolutionizing Performance Evaluation: Recent Developments and Breakthroughs," 2024 2nd International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS), pp. 780–785, 2024, doi: 10.1109/icscss60660.2024.10625103.
9. A. Kafilah Ba et al., "Prediksi Penyakit Daun Pisang Menggunakan Metode LSTM (Long Short-Term Memory)," 2025.
10. Pratama, M. Duta, Gustriansyah, Rendra, Purnamasari, Evi, "Klasifikasi Penyakit Daun Pisang menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," 2024, *Journal of Integrated Technology*, doi: 10.54914/jtt.v10i1.1167.
11. K. Jenis et al., "Classification of Banana Types Based on Color, Texture, Image Shape Features Using SVM and KNN," 2021.
12. Rio Subandi, Herman, and Anton Yudhana, "Pre-Processing Pada Klasifikasi Citra Medis Pneumonia," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 86–93, Nov. 2023, doi: 10.51454/decode.v4i1.198.
13. A. Ciputra, D. Rosal, I. M. Setiadi, E. H. Rachmawanto, and A. Susanto, "KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH APEL MANALAGI DENGAN ALGORITMA NAIVE BAYES DAN EKSTRAKSI FITUR CITRA DIGITAL," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 9, no. 1, 2018.
14. Z. Wang, M. Chen, and J. Chen, "Solving multiscale elliptic problems by sparse radial basis function neural networks," *ArXiv*, vol. abs/2309.03107, p., 2023, doi: 10.1016/j.jcp.2023.112452.
15. S. Aisyah, S. Wahyuningsih, and F. Amijaya, "PERAMALAN JUMLAH TITIK PANAS PROVINSI KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN METODE RADIAL BASIS FUNCTION NEURAL NETWORK," *Jambura Journal of Probability and Statistics*, p., 2021, doi: 10.34312/jjps.v2i2.10292.
16. A. Tharwat, "Classification assessment methods," *Applied Computing and Informatics*, p., 2020, doi: 10.1016/j.aci.2018.08.003.
17. M. I. Hossain, "Software Development Life Cycle (SDLC) Methodologies for Information Systems Project Management," 2023. [Online]. Available: www.ijfmr.com
18. A. Agarwal, A. Agarwal, D. K. Verma, D. Tiwari, and R. Pandey, "A Review on Software Development Life Cycle," *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, p., 2023, doi: 10.32628/cseit2390387.