

Penerapan Metode *Probabilistic Neural Network* (PNN) untuk Deteksi Penyakit Tanaman Ubi Kayu

Yuslena Sari^{1*}, Muhammad Alkaff², Muhammad Arif Rahman³
^{1, 2, 3}Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Lambung Mangkurat
*e-mail: yuzlena@ulm.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.31603/komtika.v5i1.4605>

Received: 02-02-2021, Revised: 14-06- 2021, Accepted: 03-07- 2021

ABSTRACT

Cassava (manihot esculanta crantz) has decreased productivity, this is due to the plant disease. Cassava disease can be seen from the leaves in the form of spots. This study proposes automatic cassava disease detection to make it easier for farmers to find out the diseases of their cassava plants. Cassava disease detection proposed based on image with artificial intelligence method. The process flow begins with the image data acquisition of cassava leaves with a classification of six diseases. Extraction of image features to the matrix uses the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) method. This feature becomes an input parameter in the classification. The classification method uses the Probabilistic Neural Network (PNN). The performance of PNN in the detection of cassava leaf disease is very good with an accuracy of 83.33%

Keywords: Cassava Disease, Image, GLCM, PNN

ABSTRAK

Tanaman ubi kayu (*manihot esculanta crantz*) mengalami penurunan produktivitas, hal ini disebabkan oleh penyakit tanaman tersebut. Penyakit dari ubi kayu dapat dilihat dari daun yang berupa bercak. Penelitian ini mengusulkan deteksi penyakit ubi kayu secara otomatis agar memudahkan para petani dalam mengetahui penyakit tanaman ubi kayu mereka. Deteksi penyakit ubi kayu yang diusulkan berbasis citra dengan metode kecerdasan buatan. Alur proses dimulai dengan akuisisi data citra daun ubi kayu dengan klasifikasi enam penyakit. Ekstraksi fitur citra ke matrik menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Fitur tersebut menjadi parameter input dalam klasifikasi. Metode klasifikasi menggunakan *Probabilistic Neural Network* (PNN). Kinerja PNN dalam deteksi penyakit daun ubi kayu sangat baik dengan akurasi 83,33%

Kata-kata kunci: Penyakit Ubi Kayu, Citra, GLCM, PNN

PENDAHULUAN

Ubi kayu yang memiliki penyebutan umum di Indonesia berupa singkong (*manihot esculanta crantz*) diketahui pertama kali tumbuh di kawasan Amerika Selatan yang tepatnya kini menjadi negara Brazil dan Paraguay pada masa prasejarah di Indonesia. Ubi kayu diperkenalkan dan dibawa oleh bangsa Portugis dari Brazil sekitar abad enam belas. Kemudian ubi kayu sekitar tahun 1810 ditanam secara komersial di wilayah Indonesia [1]. Menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2018, produktivitas ubi kayu secara nasional Indonesia dari rentang tahun 2014 hingga 2018 terlihat fluktuatif dengan adanya penurunan ditahun 2015 dan data sementara pada tahun 2018. Penurunan produktivitas secara umum diakibatkan oleh terjadinya kebakaran lahan dan hutan yang relatif besar pada tahun tersebut.

Berdasarkan angka sementara di tahun 2018 terjadi penurunan produktivitas dengan sebesar - 1,05% dari pada tahun sebelumnya [2].

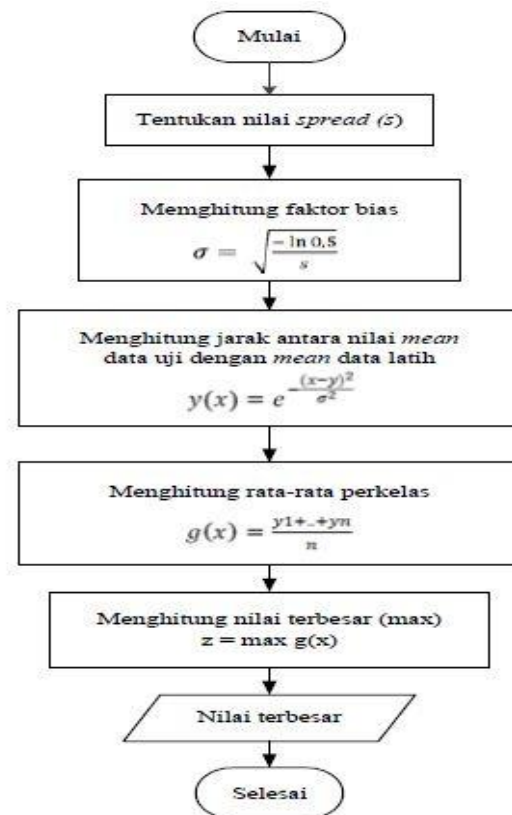
Selain umbinya, daun dari ubi kayu biasanya juga dapat dimakan sebagai sayur yang mengandung protein [3],[4]. Lebih dari itu daun ubi kayu dapat menjadi indikator dari kesehatan tanaman tersebut. Dari perubahan yang terjadi pada daun ubi kayu dapat dideteksi penyakit apa yang menyerangnya. Penyakit yang umum menyerang tanaman ubi kayu di Indonesia dengan gejala yang tampak pada daunnya yaitu hama tungau merah (*tetranychus urticae koch*), bercak daun coklat (*brown leaf-spot*), bercak daun baur (*diffuse leaf-spot*), bercak daun putih (*white leaf-spot*), dan bakteri hawar daun (*cassava bacteriak blight*) [5]. Bersumber dari pembahasan mengenai kerusakan tanaman ubi kayu yang diakibatkan oleh hama dan penyakit tanaman, maka di perlukan referensi dari penelitian yang sudah dilakukan sebelum ini yang berkaitan dengan kerusakan tanaman dengan gejala yang tampak pada daun. Objek yang sama yaitu pada daun ubi kayu ada penelitian tentang penyakit ubi kayu di negara Tanzania. Penelitian ini menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai fitur ekstraksi dan untuk proses identifikasi menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Hasil dari penelitian tersebut diperoleh akurasi tertinggi pada penyakit bercak daun coklat dan penyakit stik (batang) coklat sebesar 98% [6]. Selanjutnya ada penelitian lain yang masih berkaitan dengan kerusakan tanaman dengan gejala yang tampak pada daun oleh [7]. Pada penelitian identifikasi jenis penyakit tembakau berdasar dari citra daun menggunakan ekstraksi fitur *Gray Lavel Co-occurrence Matrix* (GLCM) berbasis hubungan piksel ketetanggaan dan SVM dengan *gaussian* (RBF) dan *polynomial*. Akurasi tertinggi yang diperoleh sebesar 80% pada kernel *polynomial* [8]. Selain itu masih ada lagi penelitian berkaitan dengan penggunaan ekstraksi fitur GLCM untuk melakukan indentifikasi penyakit cabai dari gejala bercak daun dan munculnya conidia dengan proses identifikasi menggunakan *Probabilistic Neural Network* (PNN) dengan akurasi yang dihasilkan sebesar 94,74% untuk pengenalan bercak daun, sedangkan untuk pengenalan *conidia* akurasi yang didapat sebesar 95,31% [9].

Berdasarkan pembahasan tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan penerapan pengolahan citra daun untuk indentifikasi penyakit tanaman ubi kayu. Pada tahap awal dilakukan ekstraksi fitur tekstur citra daun untuk mendapatkan nilai fitur yang dibutuhkan dalam mengenali jenis penyakit pada tanaman ubi kayu. Citra daun akan melalui proses ekstraksi fitur menggunakan GLCM [10]–[11] pada bagian daun yang dicurigai sebagai bercak atau daerah daun yang menampilkan gejala penyakit dari tanaman tersebut. Setelah didapat nilai dari ekstraksi fitur GLCM selanjutnya dilakukan proses identifikasi menggunakan metode *Probabilistic Neural Network* (PNN) [12]–[14]. Ada cukup banyak teknik analisis tekstur. Yang paling umum adalah statistik orde pertama, GLCM metode yang digunakan untuk mengekstrak sembilan tekstur [15], [16]. Pendekatan ini akan membantu untuk mengekstrak fitur daun yang berguna meningkatkan akurasi klasifikasi daun sehingga didapat hasil identifikasi jenis penyakit yang menyerang. Klasifikasi menggunakan metode PNN, dimana kelebihan PNN adalah memiliki proses pelatihan yang lebih cepat dibandingkan dengan metode implementasi dari algoritma statistik lainnya seperti *Back-Propagation Neural Network* (BPNN) dan *Multi Layer Perceptron* (MLP) [17]–[19]. Hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi para petani ubi kayu dan pihak yang terlibat dapat mengidentifikasi penyakit yang menyerang tanaman ubi kayu sehingga dapat dilakukan pencegahan sedini mungkin untuk dapat meningkatkan produktivitas hasil panen ubi kayu.

METODE

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang berguna dalam proses pengidentifikasian penyakit tanaman ubi kayu berdasarkan pada citra daun. Adapun perangkat keras yang digunakan meliputi komputer dengan spesifikasi minimum Dual Core, RAM 2GB dan kamera ponsel tipe Xiaomi Redmi 4 Prime 13 MP. Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan adalah Matlab R2018a

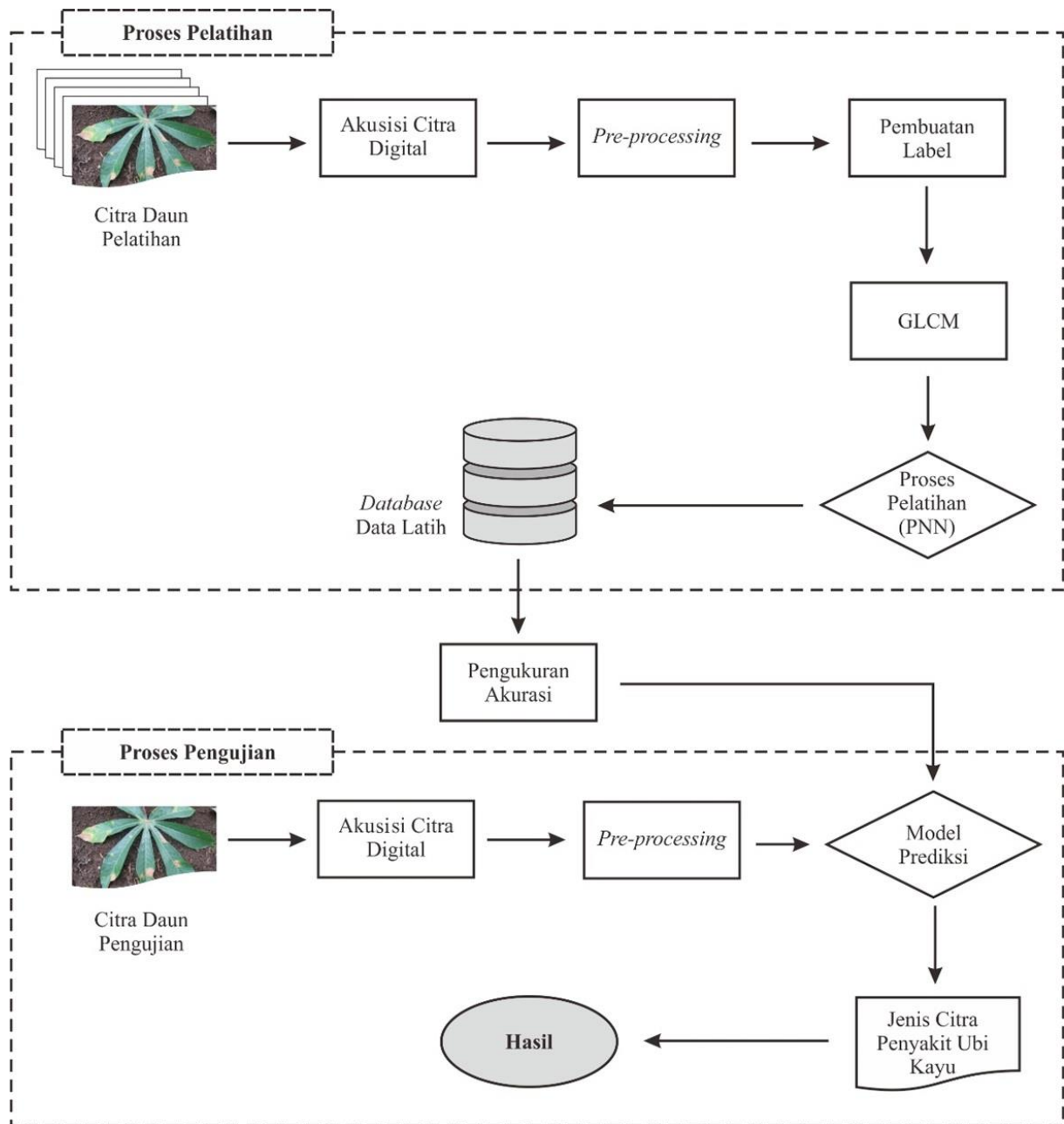
Deteksi penyakit ubi kayu dilakukan dengan menggunakan metode *Probabilistic Neural Network* (PNN). Adapun alur dari metode PNN ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur metode *Probabilistic Neural Network* (PNN)

Alur sistem dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2. Proses pada identifikasi penyakit ubi kayu dibagi menjadi dua yaitu proses pelatihan dan pengujian. Metode PNN termasuk dalam pembelajaran terawasi, dengan label yang telah diketahui. Data akan dibagi menjadi dua terlebih dahulu, yaitu data berlabel digunakan dalam proses pelatihan dan data yang tidak berlabel digunakan dalam proses pengujian. Data citra daun terlebih dahulu melalui proses akuisisi citra yaitu membaca citra kemudian tahap *pre-processing*. Tahap *pre-processing* berguna untuk mempermudah proses identifikasi citra. Pada tahap ini citra yang telah diinputkan berupa citra berwarna atau *Red Green Blue* (RGB) dan selanjutnya dikonversi menjadi citra keabuan (*grayscale*). Semua data yang sudah dikonversi akan diberikan label sesuai dengan jenis penyakit tanaman ubi kayu serta daun sehat yang dikelompokkan menjadi enam kelas yang terdiri dari lima jenis penyakit tanaman ubi kayu dan satu kelas berupa daun sehat. Citra *grayscale* tersebut akan diproses dengan GLCM untuk mendapatkan nilai-nilai fitur yang berupa *Angular Second Moment* (ASM), *contras*, *Inverse Different Moment* (IDM), *entropy*, dan *correlation*. Setelah membentuk matrik akan

diklasifikasikan dengan PNN untuk mendeteksi setiap citra dan mengukur hasil berdasarkan label. Model pada proses pelatihan ini diterapkan dalam proses pengujian untuk data yang tidak berlabel.

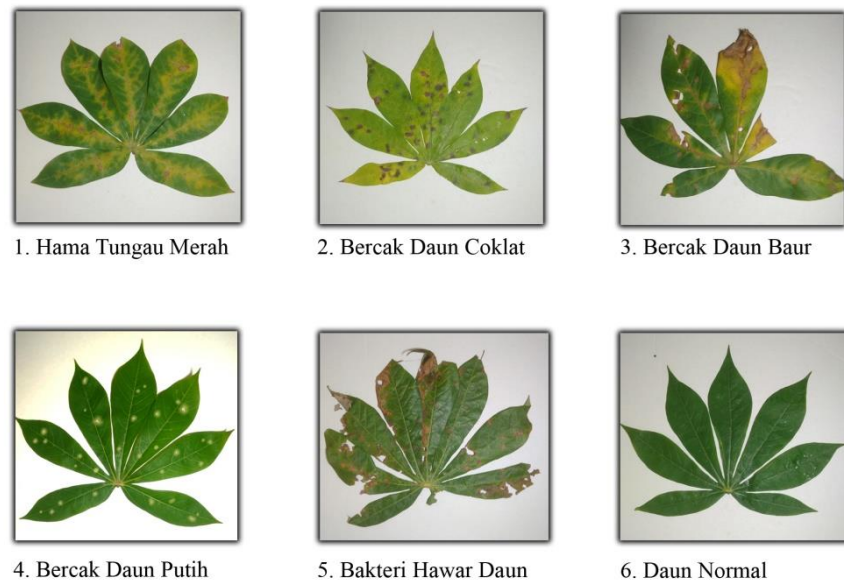


Gambar 2. Alur Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dari penelitian ini berupa data daun ubi kayu yang dilakukan di lokasi pertanian tanaman ubi kayu yang berada di desa Sidomulyo, kabupaten Barito Kuala, provinsi Kalimantan Selatan selama 3 hari. Data daun yang didapat tersebut kemudian diambil citranya dengan menggunakan latar putih untuk dijadikan data citra daun ubi kayu. Untuk keperluan sistem disiapkan berupa data latih sebanyak 120 citra yang terdiri dari 25 citra daun terserang penyakit yang disebabkan oleh tungau merah, 25 citra daun terserang penyakit

bercak daun coklat, 15 citra daun terserang penyakit daun baur, 13 citra daun terserang penyakit bercak daun putih, 17 citra daun terserang penyakit bakteri hawar daun, dan 25 citra daun normal atau tidak terserang penyakit tanaman ubi kayu. Sedangkan untuk data uji digunakan sebanyak 30 citra daun ubi kayu yang terbagi menjadi 5 buah citra daun untuk setiap jenisnya. Data citra daun ubi kayu yang digunakan adalah seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Data Citra Daun Ubi Kayu

Data citra yang telah diperoleh dalam penelitian ini akan melalui proses pengolahan data menggunakan Matlab R2018a. Dalam penelitian ini dibuat suatu aplikasi yang memberikan gambaran bagaimana penerapan metode GLCM untuk ekstraksi fitur dan metode identifikasi PNN yang diterapkan pada data citra daun ubi kayu. Sistem deteksi penyakit ubi kayu dibagi menjadi dua tahap yaitu pelatihan terlebih dahulu dan kemudian melakukan pengujian. Pada tahap awal, data citra daun terlebih dahulu dibagi menjadi dua kelompok menjadi data citra pelatihan dan data citra pengujian. Kemudian data yang ada pada data latih dan data uji tadi dikelompokkan lagi menjadi enam jenis sesuai dengan jenis penyakit daun yang akan diidentifikasi. Untuk Citra daun ubi kayu yang dimasukkan pada data latih akan menghasilkan nilai dari fitur ekstraksi GLCM yang terdiri dari *contras*, *correlation*, *dissimilarity*, *energy*, dan *entropy* yang selanjutnya digunakan untuk identifikasi penyakit tanaman ubi kayu menggunakan PNN. Hasil dari data latih tersebut disimpan dalam *database* sistem. Untuk pengujian data pada sistem terlebih dahulu pilih data citra yang ingin diuji, kemudian citra tersebut dicari nilai ekstraksi fiturnya menggunakan GLCM setelah nilai *contras*, *correlation*, *dissimilarity*, *energy*, dan *entropy* dan selanjutnya melakukan identifikasi PNN hingga didapat hasil identifikasi jenis penyakit apa yang menyerang tanaman ubi kayu tersebut dan sistem akan menampilkan cara penanggulangannya.

Dalam proses identifikasi penyakit pada citra tanaman ubi kayu, total data latih yang digunakan adalah sebanyak 120 buah citra data latih sedangkan total data uji yang digunakan adalah sebanyak 30 buah citra data uji. Hasil pengujian untuk masing-masing jenis penyakit tanaman ubi kayu disajikan dalam Tabel 1 sampai Tabel 5.

Untuk Hama Tungau Merah (*Tetranychus urticae* Koch), dari 25 buah data latih dan 5 data uji menghasilkan 5 buah data hasil sistem jenis penyakit tanaman ubi kayu yang terindikasi terserang penyakit hama tungau merah. Adapun perbandingan hasil *ground truth* dengan hasil sistem terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian Hama Tungau Merah

Data Citra Daun Ubi Kayu	<i>Ground Truth</i>	Hasil
1	Hama Tungau Merah	Hama Tungau Merah
2	Hama Tungau Merah	Hama Tungau Merah
3	Hama Tungau Merah	Hama Tungau Merah
4	Hama Tungau Merah	Hama Tungau Merah
5	Hama Tungau Merah	Hama Tungau Merah

Pada penyakit bercak daun cokelat (*Brown leaf-spot*), dari 25 buah data latih dan 5 data uji menghasilkan 5 buah data hasil jenis penyakit tanaman ubi kayu yang terindikasi terserang penyakit bercak daun cokelat dan bakteri hawar daun. Hasil perbandingan *ground truth* dengan hasil sistem terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian Bercak Daun Cokelat

Data Citra Daun Ubi Kayu	<i>Ground Truth</i>	Hasil
1	Bercak Daun Cokelat	Bercak Daun Cokelat
2	Bercak Daun Cokelat	Bakteri Hawar Daun
3	Bercak Daun Cokelat	Bercak Daun Cokelat
4	Bercak Daun Cokelat	Bercak Daun Cokelat
5	Bercak Daun Cokelat	Bercak Daun Cokelat

Untuk Bercak Daun Baur (*Diffuse leaf-spot*), dari 15 data latih dan 5 data uji menghasilkan 5 data hasil sistem jenis penyakit tanaman ubi kayu yang terindikasi terserang penyakit bercak daun baur dan bakteri hawar daun. Adapun perbandingan hasil *ground truth* dengan hasil sistem terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Bercak Daun Baur

Data Citra Daun Ubi Kayu	<i>Ground Truth</i>	Hasil
1	Bercak Daun Baur	Bercak Daun Baur
2	Bercak Daun Baur	Bercak Daun Baur
3	Bercak Daun Baur	Bakteri Hawar Daun
4	Bercak Daun Baur	Bercak Daun Baur
5	Bercak Daun Baur	Bercak Daun Baur

Penyakit Bercak Daun Putih (*White leaf-spot*) diperoleh hasil dari 13 buah data latih dan 5 data uji menghasilkan 5 buah data hasil sistem jenis penyakit tanaman ubi kayu yang terindikasi terserang penyakit bercak daun putih, hama tungau merah dan bercak daun coklat. Hasil perbandingan *ground truth* dengan hasil sistem terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Bercak Daun Putih

Data Citra Daun Ubi Kayu	Ground Truth	Hasil
1	Bercak Daun Putih	Bercak Daun Putih
2	Bercak Daun Putih	Bercak Daun Putih
3	Bercak Daun Putih	Hama Tungau Merah
4	Bercak Daun Putih	Bercak Daun Putih
5	Bercak Daun Putih	Bercak Daun Cokelat

Untuk bakteri Hawar Daun (*Cassava Bacterial Blight=CBB*), dari tahap pengujian diperoleh hasil sistem jenis penyakit tanaman ubi kayu yang terindikasi terserang penyakit bakteri hawar daun dan bercak daun coklat. Adapun perbandingan hasil *ground truth* dengan hasil sistem tampak pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Bakteri Hawar Daun

Data Citra Daun Ubi Kayu	Ground Truth	Hasil
1	Bakteri Hawar Daun	Bakteri Hawar Daun
2	Bakteri Hawar Daun	Bakteri Hawar Daun
3	Bakteri Hawar Daun	Bakteri Hawar Daun
4	Bakteri Hawar Daun	Bercak Daun Cokelat
5	Bakteri Hawar Daun	Bakteri Hawar Daun

Hasil pengujian untuk daun normal diperoleh bahwa sistem jenis penyakit tanaman ubi kayu normal atau tidak teridikasi terserang penyakit. Perbandingan hasil manual dengan hasil sistem terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian Daun Normal

Data Citra Daun Ubi Kayu	Ground Truth	Hasil
1	Daun Normal	Daun Normal
2	Daun Normal	Daun Normal
3	Daun Normal	Daun Normal
4	Daun Normal	Daun Normal
5	Daun Normal	Daun Normal

Secara keseluruhan, hasil pengujian untuk tiap - tiap jenis penyakit yang menyerang tanaman ubi kayu dinyatakan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Seluruh Pengujian

	Hama Tungau Merah	Bercak daun cokelat	Bercak Daun Baur	Bercak Daun Putih	Bakteri Hawar Daun	Daun Normal
Hama Tungau Merah	5	0	0	0	0	0
Bercak daun cokelat	0	4	0	0	1	0
Bercak Daun Baur	0	0	4	0	1	0
Bercak Daun Putih	1	1	0	3	0	0
Bakteri Hawar Daun	0	1	0	0	4	0
Daun Normal	0	0	0	0	0	5

Berdasarkan Tabel 7 maka dapat dilakukan perhitungan akurasi secara keseluruhan menggunakan perhitungan akurasi klasifikasi [20]–[22]. Hasil akurasi yang diperoleh adalah 83,33% dengan jumlah *True Positive* (TP) sebanyak 25 citra daun ubi kayu yang terdeteksi benar dari seluruh citra daun ubi kayu yang diuji yaitu sebanyak 30 citra.

KESIMPULAN

Dari penelitian tentang deteksi penyakit tanaman ubi kayu (*manihot esculanta crantz*) yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa identifikasi penyakit tanaman ubi kayu berdasarkan pada citra daun menggunakan metode *Probabilistic Neural network* (PNN) dapat memberikan hasil berupa identifikasi penyakit yang menyerang tanaman ubi kayu. Sistem yang telah dibuat berhasil menerapkan metode PNN sebagai metode identifikasi dengan tingkat akurasi sebesar 83,33%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bargumono, Wongsowijaya, dan Suryadi, *9 Umbi Utama Sebagai Pangan Alternatif Nasional*. Yogyakarta: Leutikaprio, 2013.
- [2] BPS, “Data Statistik Produktivitas Ubi Kayu Menurut Provinsi Tahun 2013-2017,” *Data BPS*, vol. 2017, no. 124, hal. 2017, 2017.
- [3] N. Hamidah, A. M Legowo, dan S. Anwar, “Tepung ubi kayu (*manihot esculenta*) dan tepung tempe kedelai mempengaruhi pengembangan volume dan mutu gizi protein roti tawar,” *J. Gizi Indones. (The Indones. J. Nutr.)*, 2016, doi: 10.14710/jgi.4.1.55-62.
- [4] F. J. Polnaya, R. Breeme, G. H. Augustyn, dan H. C. D. Tuhumury, “Karakteristik Sifat-Sifat Fisikokimia Pati Ubi Jalar, Ubi Kayu, Keladi dan Sagu,” *Agrinimal*, 2015.
- [5] N. Saleh, M. Rahayu, S. W. Indiaty, B. S. Radjit, dan S. Wahyuningsih, *Hama, Penyakit, dan Gulma pada Tanaman Ubi Kayu Identifikasi dan Pengendaliannya*, 2013 ed. Jakarta: IAARD Press, 2013.
- [6] A. Ramcharan, K. Baranowski, P. McCloskey, B. Ahmed, J. Legg, dan D. P. Hughes, “Deep Learning for Image-Based Cassava Disease Detection,” *Front. Plant Sci.*, vol. 8, no. Original Research, hal. 1–7, 2017, doi: 10.3389/fpls.2017.01852.
- [7] N. Z. Kurniawan, S. T. Rasmana, dan Y. Triwidyastuti, “Identifikasi Jenis Penyakit Daun Tembakaumenggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Dan Support Vector Machine (SVM),” *J. Control Netw. Syst.*, vol. 5, no. 1, hal. 158–163, 2016.
- [8] J. Permadi dan A. Harjoko, “Identifikasi Penyakit Cabai Berdasarkan Gejala Bercak Daun dan Penampakan Conidia Menggunakan Probabilistic Neural Network,” *SEMNASKIT 2015*, no. Pattern Recognition, hal. 49–53, 2015.
- [9] E. Hossain, M. F. Hossain, dan M. A. Rahaman, “A Color and Texture Based Approach for the Detection and Classification of Plant Leaf Disease Using KNN Classifier,” 2019, doi: 10.1109/ECACE.2019.8679247.
- [10] P. Mohanaiah, P. Sathyanarayana, dan L. Gurukumar, “Image Texture Feature Extraction Using GLCM Approach,” *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 3, no. 5, hal. 1–5, 2013, doi: 10.1.1.414.96981.
- [11] E. K. Sharma, E. Priyanka, E. A. Kalsh, dan E. K. Saini, “GLCM and its Features,” vol. 4, no. 8, hal. 2180–2182, 2015.
- [12] X. F. Gu, L. Liu, J. P. Li, Y. Y. Huang, dan J. Lin, “Data classification based on

- artificial neural networks,” *2008 Int. Conf. Apperceiving Comput. Intell. Anal. ICACIA 2008*, hal. 223–226, 2008, doi: 10.1109/ICACIA.2008.4770010.
- [13] D. Li, M. R. Azimi-Sadjadi, dan M. Robinson, “Comparison of different classification algorithms for underwater target discrimination,” *IEEE Trans. Neural Networks*, 2004, doi: 10.1109/TNN.2003.820621.
- [14] D. Alzubaydi, “Probabilistic Neural Network with GLCM and Statistical Measurements for Increasing Accuracy of Iris Recognition System,” vol. 136, no. 12, 2016.
- [15] F. Tang, C. Bai, X. X. Zhao, dan W. F. Yuan, “Artificial Intelligence and Myocardial Contrast Enhancement Pattern,” *Current Cardiology Reports*. 2020, doi: 10.1007/s11886-020-01306-0.
- [16] A. E. Minarno, Y. Munarko, A. Kurniawardhani, F. Bimantoro, dan N. Suciati, “Texture feature extraction using co-occurrence matrices of sub-band image for batik image classification,” 2014, doi: 10.1109/ICoICT.2014.6914074.
- [17] Q. Sun, C. Wu, dan Y. L. Li, “A new probabilistic neural network model based on backpropagation algorithm,” *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 2017, doi: 10.3233/JIFS-151415.
- [18] D. F. Specht, “Probabilistic neural networks,” *Neural Networks*, 1990, doi: 10.1016/0893-6080(90)90049-Q.
- [19] M. A. F. Azlah, L. S. Chua, F. R. Rahmad, F. I. Abdullah, dan S. R. W. Alwi, “Review on techniques for plant leaf classification and recognition,” *Computers*. 2019, doi: 10.3390/computers8040077.
- [20] D. Lu dan Q. Weng, “A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance,” *International Journal of Remote Sensing*. 2007, doi: 10.1080/01431160600746456.
- [21] A.-M. Šimundić, “Measures of Diagnostic Accuracy: Basic Definitions.,” *EJIFCC*, 2009.
- [22] K. J. Drobatz, “Measures of accuracy and performance of diagnostic tests,” *J. Vet. Cardiol.*, 2009, doi: 10.1016/j.jvc.2009.03.004.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
