

KLASIFIKASI PENYAKIT PADA DAUN CABAI MENGUNAKAN *GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX* DAN *K-NEAREST NEIGHBOR*

Miftahul Rizky Pulungan¹, Mhd. Furqan², Mhd. Ikhsan Rifki³

^{1,2,3} Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
email : rizkymiftahul51@gmail.com ¹, mfurqan@uinsu.ac.id ², rifki.mhdikhsan@uinsu.ac.id ³

ABSTRAK

Penyakit tanaman cabai dapat menyebabkan penurunan produksi yang signifikan, sehingga membuat keberlanjutan pertanian dan pangan. Penelitian ini mengembangkan sistem untuk mengkategorikan daun cabai menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi tekstur dan *K-Nearest Neighbors* (KNN) untuk klasifikasi. Data citra daun cabai yang digunakan meliputi jenis penyakit virus mosaik cabai, layu fusarium, virus kuning, dan bercak daun. Proses tersebut meliputi pemilihan citra, ekstraksi fitur menggunakan GLCM, dan klasifikasi menggunakan KNN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio tersebut dapat mencapai hingga 90%, tergantung pada parameter K. Temuan ini penting bagi dunia pertanian, karena dapat menjadi dasar pengembangan sistem deteksi dini berbasis teknologi, sehingga petani dapat mengambil tindakan lebih cepat dan efektif dalam mengendalikan penyebaran penyakit. Implementasi metode ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman, mengurangi kerugian ekonomi, dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: Penyakit daun cabai, K-Nearest Neighbor, GLCM, Klasifikasi.

ABSTRACT

Chili plant diseases can cause significant production declines, thus making the sustainability of agriculture and food. This study develops a system to categorize chili leaves using Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) for texture extraction and K-Nearest Neighbors (KNN) for classification. The chili leaf image data used includes types of chili mosaic virus diseases, fusarium wilt, yellow virus, and leaf spots. The process includes image selection, feature extraction using GLCM, and classification using KNN. The results of the study show that the ratio can reach up to 90%, depending on the K parameter. This finding is important for the world of agriculture, because it can be the basis for the development of a technology-based early detection system, so that farmers can take faster and more effective action in controlling the spread of disease. The implementation of this method has great potential to improve the efficiency of crop management, reduce economic losses, and support sustainable agriculture.

Keywords: Chile leaf disease, K-Nearest Neighbor, GLCM, Classification.

I. PENDAHULUAN

Tanaman cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang penting dalam sektor pertanian, karena selain mudah dibudidayakan, permintaannya yang tinggi membuat cabai menjadi sumber pendapatan bagi banyak petani, namun perawatan tanaman cabai tergolong cukup rumit [1]. Selain serangan hama, kesuburan tanah juga sangat penting, karena cabai merupakan tanaman yang mudah terserang hama, yang menjadi faktor penentu bagi petani untuk mendapatkan hasil yang diharapkan [2]. Ada beberapa jenis penyakit yang menyerang tanaman cabai merah, antara lain virus mosaik cabai, virus bercak cabai, layu fusarium, dan virus kuning. Daun dapat terlihat dalam berbagai bentuk dan warna, namun bentuk dan warna daun pada Tanaman Cabai lebih konsisten [3]. Untuk mengobati virus daun mosaik cabaik, bercak daun cabaik, layu fusarium, dan virus kuning, Petani sering menggunakan obat-obatan untuk mengobati penyakit yang menyebabkan kerugian atau kerusakan tanaman.

Saat ini, teknologi pengolahan citra digital berkembang pesat. Ada beberapa aplikasi citra yang tersedia dalam format keras atau lunak, masing-masing dengan serangkaian fitur uniknya sendiri. Jenis teknologi pemrosesan gambar yang paling umum adalah visi komputer, yang sering dikenal sebagai mesin vision. Visi komputer memiliki potensi untuk meningkatkan proses kerja menggunakan sistem visual manusia. Tujuan dari visi komputer adalah untuk mengkomputerisasi persepsi manusia atau, dengan kata lain, untuk membuat gambar digital dari gambar fisik [4]. Masalah klasifikasi tanaman cabai dapat diselesaikan dengan melakukan analisis visi komputer dengan kamera telepon pintar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah matriks ko-okurensi skala abu-abu dan k-nearest neighbor, dengan klasifikasi virus termasuk cabai, bercak daun, fusarium, dan kuning. Selain itu, sistem penelitian ini dapat berfungsi sebagai referensi bagi pasien mengenai perkembangan dan perkembangan penyakit yang terklasifikasi oleh sistem [5].

Teknik pemrosesan gambar juga dapat dilakukan dengan menentukan teks suatu objek menggunakan metode rumit. Suatu pola atau teks yang telah teridentifikasi dapat diubah menjadi skala abu-abu dengan menyajikannya menggunakan metrik yang dapat diperoleh dengan menggunakan algoritma *Gray Level Co-occurrence Matrix* [6]. Langkah terakhir dalam klasifikasi pola adalah menentukan apakah suatu objek termasuk dalam kelas tertentu atau tidak. Metode klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) digunakan untuk

mengkategorikan objek berdasarkan banyaknya nilai k yang telah ditentukan sebelumnya yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kelas-kelas baru [7].

Klasifikasi penyakit daun cabai dapat menjadi komponen ekosistem big data. Data yang dikumpulkan dari berbagai lokasi (menggunakan drone, Internet of Things, atau telepon pintar) dapat digabungkan dengan data cuaca, tanah, dan pola serangan hama. Analisis big data dapat memberikan informasi terperinci tentang bagaimana penyakit tanaman bermanifestasi [8]. Dalam konteks yang lebih luas, analisis big data sering digunakan untuk menganalisis sentimen publik seputar isu-isu tertentu di media sosial.

II. TINJAUAN TEORI

A. Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura termasuk salah satu jenis tanaman yang ditanam di area pekarangan atau lahan tertentu. Tanaman hortikultura mempunyai sifat pembusukan yang cepat oleh karena itu, tanaman harus cepat dipanen untuk menghindari pembusukan, mengandung unsur gizi yang dibutuhkan manusia, serta mudah dalam pengolahan dan penanganannya. Selain untuk memenuhi kebutuhan pangan dan gizi masyarakat, tanaman hortikultura yang ditanam di kawasan pekarangan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat [9].

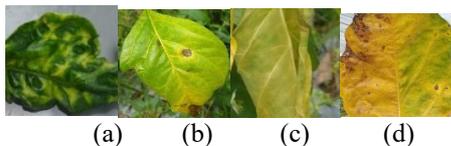
B. Cabai Merah

Cabai merah besar (*Capsicum annum*) adalah salah satu jenis tanaman hortikultura yang dikenal karena rasa pedas dan panasnya, disebabkan oleh kandungan kapsaisin dalam getahnya. Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 48 Tahun 2016 tentang Penegasan kepada Perum Bulog mengenai Persediaan Pangan Nasional, cabai merah termasuk dalam daftar 12 bahan pangan pokok yang memerlukan perhatian khusus terkait ketersediaan dan kestabilannya. Hal ini karena cabai merupakan komoditas hortikultura strategis dengan nilai ekonomi tinggi, yang penting untuk memenuhi kebutuhan domestik, industri, dan ekspor [10].

C. Penyakit Pada Daun Cabai

Chili Mosaic Virus (CMV) merupakan penyebab penyakit virus mosaik pada cabai tanaman. Gejala penyakit ini antara lain perubahan bentuk daun yang bisa menjadi cekung, keriting, atau memanjang, serta perubahan warna daun yang tidak jauh berbeda antara tua dan muda hijau.

Fusarium oxysporum, juga dikenal sebagai Ralstonia solanacearum, merupakan patogen penyebab fusarium lay pada tanaman. Ini termasuk daun yang menguning dan layu mulai dari bagian atas tanaman [11]. Virus kuning merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus Gemini. Gejala awalnya terdiri dari pemutihan pada daun tulang, yang diikuti dengan perubahan daun menjadi kuning, pemutihan pada daun tulang, dan daun yang menggerakkan daun ke arah atas [12]. Penyakit bercak daun pada tanaman cabai ditandai dengan gejala awal bercak-bercak kecil berbentuk bulat yang disebabkan oleh klorosis, yang kemudian berkembang menjadi nekrosis dan terbentuknya lubang pada daun [13].



Gambar 1. (a). virus mosaik cabai, (b) bercak daun, (c) layu fusarium, (d) virus kuning.

D. Citra RGB

Citra RGB, atau citra berwarna, menggunakan model warna aditif yang terdiri dari tiga kanal: merah, hijau, dan biru. Setiap kanal warna memiliki intensitas piksel dengan kedalaman 8-bit, memungkinkan 256 tingkat variasi warna untuk setiap kanal (dari 0 hingga 255).

E. Citra Grayscale

Citra grayscale, atau graylevel, terdiri dari warna-warna piksel dalam rentang gradasi antara hitam dan putih. Citra ini juga dikenal sebagai derajat keabuan karena meliputi berbagai nuansa abu-abu antara warna hitam (minimum) dan putih (maksimum). Dalam citra grayscale 8-bit, rentang dari hitam hingga putih dibagi menjadi 256 tingkat abu-abu, di mana warna hitam sempurna diwakili oleh nilai 0 dan putih sempurna oleh nilai 255.

F. Gray Level Co-Occurrence Matrix

Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik tekstual pada dokumen digital. Metode ini menganalisis distribusi spasial keabuan (gray level) pada citra. Gray Level Co-Occurrence Matrix atau GLCM merupakan matriks yang menunjukkan hubungan antara titik-titik pada suatu grafik pada berbagai sudut (θ 0°, 45°, 90°, dan 135°) dan jarak (d). GLCM citra $f(x,y)$ merupakan GLCM dua dimensi (x,y) yang menghitung probabilitas

intensitas x dan y pada d dan sudut θ tertentu. Setiap area memiliki matriks GLCM untuk setiap nilai yang diambil dari d dan sudut [14].

Prinsip kerja GLCM adalah sebagai berikut:

1. Citra dikonversi menjadi citra keabuan (grayscale) dengan rentang nilai piksel tertentu, misalnya 0-255.
2. Matriks *co-occurrence* (kebersamaan) dihitung untuk suatu arah dan jarak spasial tertentu. Matriks ini menunjukkan seberapa sering suatu nilai keabuan tetangga muncul dalam citra.
3. Berbagai fitur statistik dihitung dari matriks co-occurrence, seperti kontras, energi, entropi, homogenitas, dll. Fitur-fitur ini kemudian digunakan untuk mendeskripsikan tekstur citra.

Contrast : mengurangi intensitas kontras antara piksel dan tetangganya di seluruh gambar; mengevaluasi variabel lokal.

$$Contrast = \sum \sum (i - j) 2 p_{ij} \quad (1)$$

Correlation : Memeriksa bagaimana piksel berkorelasi dengan lingkungan di sekitarnya, menilai kemungkinan penggabungan berdasarkan lokasi piksel.

$$Correlation = \sum \sum (i - \mu_i)(j - \mu_j) \sqrt{(\sigma_i^2)(\sigma_j^2)} p_{ij} \quad (2)$$

Energy : dikenal juga sebagai keseragaman atau momen sudut kedua: ia memengaruhi jumlah elemen dalam GLCM.

$$Energy = \sum \sum p_{ij}^2 \quad (3)$$

Homogeneity : mengukur kedekatan distribusi elemen dalam GLCM ke GLCM diagonal.

$$Homogeneity = \sum \sum \frac{1}{1 + (i - j)^2} p_{ij} \quad (4)$$

G. K-Nearest Neighbor

Berdasarkan analisis beberapa fitur yang ada, metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) digunakan untuk membandingkan kedekatan antara kasus baru dan kasus lama [15]. K-NN melakukan klasifikasi dengan meletakkan data pembelajaran dalam rentang berbasis tinggi, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil yang memenuhi kriteria pembelajaran. Setiap bagian data pembelajaran disajikan sebagai titik dalam dimensi yang relevan.

Dalam proses pengkategorian penyakit tanaman cabai, KNN digunakan untuk mencari jarak *Euclidean*, kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis penyakit tanaman cabai, dan terakhir dilakukan evaluasi kinerja sistem berdasarkan klasifikasi penyakit tanaman cabai.

Jarak Manhattan :

$$nd(x,y) = \sum |x_i - y_i| \quad i = 1 \quad (5)$$

Jarak Euclidean :

$$n(x, y) = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2} \quad i = 1 \quad (6)$$

Jarak Minkowski:

$$n(x, y) = (\sum |x_i - y_i|^r)^{\frac{1}{r}} \quad i = 1 \quad (7)$$

Jarak Chebychev :

$$d(x, y) = \max^n |x_i - y_i| \quad (8)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan secara sistematis dengan menggabungkan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) untuk menelusuri ciri tekstur dan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) untuk mengklasifikasikan penyakit pada daun cabai. Dataset yang digunakan terdiri dari 129 gambar daun cabai, yang semuanya memiliki kondisi terserang penyakit virus mosaik cabai, layu fusarium, bercak daun, dan virus kuning. Data dibagi menjadi data latih dan data uji untuk mengevaluasi performa sistem.

B. Analisis dan Perancangan

Tahapan analisis data adalah proses yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang kebutuhan yang diperlukan dalam mengidentifikasi masalah-masalah penelitian. Metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dipilih untuk analisis jenis cabai merah berdasarkan tekstur buahnya karena metode ini sering digunakan dalam pengenalan tekstur dan menghasilkan presentasi yang baik. Proses perancangan sistem ini biasanya dilakukan oleh pengembang sistem dan mencakup analisis sistem, desain sistem, serta tahap implementasi sistem. Tujuan pengembangan sistem adalah untuk menciptakan sistem yang efisien dan efektif yang memenuhi kebutuhan penggunanya.



Gambar 2. Flowchart system

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pengklasifikasian penyakit daun pada tanaman cabai berdasarkan tekstur daun, terdapat 4 langkah yaitu: ekstraksi fitur tekstur daun, perhitungan jarak *Euclidean* dari citra daun dan pengklasifikasian daun. Ada 4 jenis penyakit daun pada tanaman cabai yang menjadi subjek penelitian ini yaitu virus mosaik cabai, bercak daun, layu fusarium dan virus kuning. Pembangunan sistem aplikasi pengklasifikasian penyakit daun pada tanaman cabai dilakukan dengan menggunakan sistem ekstraksi fitur MATLAB dan PYTHON untuk klasifikasi.

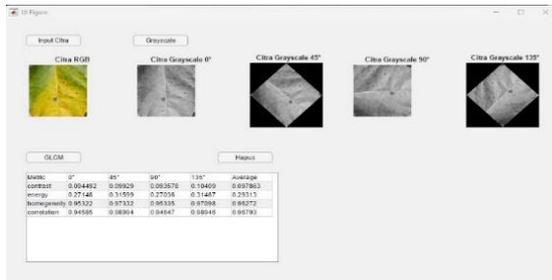
Dalam proses penerapan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM), penulis akan menggunakan satu piksel untuk melakukan ekstraksi fitur citra daun cabai dengan menggunakan derajat arah sebagai berikut: 00, 450, 900, dan 1350. Citra yang digunakan sebagai peringatan kemudian diubah menjadi citra skala abu-abu dengan ukuran piksel 400x400 yang digunakan untuk pengumpulan data. Selama proses klasifikasi, KNN digunakan dengan persamaan Euclidean K=1, K=3, dan K=5.

Pengujian klasifikasi penyakit pada daun cabai menggunakan 129 citra daun yaitu 102 data latih dan 27 citra data uji. Pengujian klasifikasi penyakit pada daun cabai juga menggunakan 4 jenis penyakit yaitu virus mosaik cabai, bercak daun, layu fusarium, dan virus kuning.

A. Pengujian GUI Matlab

Pada tahapan ini akan dilakukan proses pengujian terhadap citra daun cabai dengan format (*.jpg) yang berukuran 400x400 piksel. Adapun

proses pengujian GLCM pada GUI Matlab dan K-NN pada python menggunakan Google Colab. GUI Matlab digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur GLCM pada citra daun cabai dan hasil ekstraksi tersebut akan dilakukan proses klasifikasi penyakit pada daun menggunakan algoritma K-NN menggunakan Google Colab.



Gambar 3. Proses Ekstraksi GLCM pada citra daun cabai

Pada Gambar 3 tampilan GUI pada Matlab menunjukkan gambar awal daun cabai yang masih berwarna. Saat memilih opsi pada kolom Grayscale maka Gambar yang awalnya berwarna akan menjadi abu-abu dan menampilkan gambar pada keempat sudut yaitu sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° . Lalu saat memilih opsi GLCM maka akan menampilkan nilai ekstraksi fitur GLCM pada gambar dengan masing-masing sudut yang telah tertera.

B. Pengujian klasifikasi K-NN dengan Python

Untuk menguji klasifikasi penyakit pada daun cabai menggunakan algoritma K-NN penulis memakai bahasa pemrograman Python dengan Google Colab sebagai IDE. Untuk proses pengujian penulis mengambil nilai ketetangaan (K) sebesar 1, 3, dan 5. Kemudian akan dilakukan pengujian keakuratan atau keberhasilan proses klasifikasi menggunakan confusion matrix seperti berikut:

Akurasi model KNN dengan K=1: 84.62%

Hasil Klasifikasi:

	precision	recall	f1-score	support
Bercak Daun	1.00	0.75	0.86	8
Layu Fusarium	0.75	1.00	0.86	3
Mosaik Cabai	0.83	0.83	0.83	6
Virus Kuning	0.80	0.89	0.84	9
accuracy			0.85	26
macro avg	0.85	0.87	0.85	26
weighted avg	0.86	0.85	0.85	26

Gambar 4. Pengujian K-NN (K=1)

Akurasi model KNN dengan K=3: 88.46%

Hasil Klasifikasi:

	precision	recall	f1-score	support
Bercak Daun	1.00	0.88	0.93	8
Layu Fusarium	0.75	1.00	0.86	3
Mosaik Cabai	0.83	0.83	0.83	6
Virus Kuning	0.89	0.89	0.89	9
accuracy			0.88	26
macro avg	0.87	0.90	0.88	26
weighted avg	0.89	0.88	0.89	26

Gambar 5. Pengujian K-NN (K=3)

Akurasi model KNN dengan K=5: 57.69%

Hasil Klasifikasi:

	precision	recall	f1-score	support
Bercak Daun	0.80	0.50	0.62	8
Layu Fusarium	0.43	1.00	0.60	3
Mosaik Cabai	0.50	0.83	0.62	6
Virus Kuning	0.75	0.33	0.46	9
accuracy			0.58	26
macro avg	0.62	0.67	0.58	26
weighted avg	0.67	0.58	0.56	26

Gambar 6. Pengujian K-NN (K=5)

Berdasarkan hasil klasifikasi, tingkat ketajaman paling tinggi adalah K=1, K=3, dan K=5, sedangkan tingkat ketajaman paling rendah adalah K=5.

C. Referensi

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas secara umum kategorisasi jenis cabai dengan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN). seperti penelitian yang berjudul “Klasifikasi Pisang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, Bentuk Citra Menggunakan SVM dan KNN” [16], “Diagnosis Cabai Menggunakan Fuzzy K-Nearest Neighbor (FKNN)” [17], “Klasifikasi Mutu Buah Jambu Biji Getas Merah Berdasarkan Tekstur Menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dengan klasifikasi [6], dan “Ekstraksi Fitur Warna dan GLCM dalam Algoritma KNN Untuk Klasifikasi Rambutan” [18].

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengujian yang telah dilakukan, maka Kesimpulan dalam penelitian ini sebagai berikut: Dengan menggunakan metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM), lima tahapan digunakan untuk menentukan probabilitas hubungan antara dua titik pada $d = 1$ dan orientasi θ pada 0° , 45° , 90° , dan 135° , sehingga menghasilkan matriks korelasi. Fitur yang dihasilkan digunakan untuk menghitung jarak Euclidean dan menentukan klasifikasi dengan parameter K=1,3,K =3, dan K= 5. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tertinggi

sebesar 100%, yang mana 84.62% pada K=1, sementara akurasi pada K=3 sebesar 88,46%, dan pada K=5 sebesar 57,69%. Penurunan akurasi pada K=5 dibanding K=3 dan K=1 menunjukkan sensitivitas metode terhadap parameter K. Visualisasi matriks probabilitas dan hasil klasifikasi dapat digunakan untuk memperjelas kinerja sistem. Akurasi 84.62% pada K=1 menyoroti potensi metode ini untuk aplikasi deteksi dini penyakit secara akurat.

REFERENSI

- [1] L. Marianah, "Serangga Vektor dan Intensitas Penyakit Virus pada Tanaman Cabai Merah," *AgriHumanis J. Agric. Hum. Resour. Dev. Stud.*, vol. 1, no. 2, pp. 127–134, 2020, doi: 10.46575/agrihumanis.v1i2.70.
- [2] M. Misbahul Munir, P. Kasih, and A. Sanjaya, "Penerapan Arsitektur Mobilenet Dalam Cnn Pada Klasifikasi Penyakit Daun Cabai," *Agustus*, vol. 8, pp. 2549–7952, 2024, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek>
- [3] A. T. R. Dzaky, "Deteksi Penyakit Tanaman Cabai Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 3039–3055, 2021, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/14701/14478>
- [4] F. Marpaung, F. Aulia, and R. C. Nabila, *Computer Vision Dan Pengolahan Citra Digital*. 2022. [Online]. Available: www.pustakaaksara.co.id
- [5] F. Zikra, K. Usman, and R. Patmasari, "Deteksi Penyakit Cabai Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix Dan Support Vector Machine," *Semin. Nas. Has. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, pp. 105–113, 2021.
- [6] I. G. Wirayudhana, "Klasifikasi Mutu Buah Jambu Biji Getas Merah Berdasarkan Tekstur Menggunakan Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dengan Klasifikasi KNN," *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 2, no. 6, pp. 953–964, 2021, doi: 10.36418/jist.v2i6.166.
- [7] M. Furqan, S. Sriani, and S. M. Sari, "Analisis Sentimen Menggunakan K-Nearest Neighbor Terhadap New Normal Masa Covid-19 Di Indonesia," *Techno.Com*, vol. 21, no. 1, pp. 51–60, 2022, doi: 10.33633/tc.v21i1.5446.
- [8] M. Furqan and A. F. A. Nasir, "Big Data Approach To Sentiment Analysis in Machine Learning-Based Microblogs: Perspectives of Religious Moderation Public Policy in Indonesia," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 955–965, 2024, doi: 10.37385/jaets.v5i2.4498.
- [9] T. Rahayu, U. N. Solikah, S. J. Rachmawatie, T. Pamujiasih, and M. Ihsan, "Intensifikasi Lahan Pekarangan Dengan Tanaman Hortikultura," *Darmabakti J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 32–36, 2022, doi: 10.31102/darmabakti.2022.3.1.32-36.
- [10] M. Royun Nuha, T. Andita Putri, and A. Dwi Utami, "Pendapatan Usahatani Cabai Merah Berdasarkan Musim di Provinsi Jawa Tengah," *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 28, no. 2, pp. 323–334, 2023, doi: 10.18343/jipi.28.2.323.
- [11] S. Susanna, A. Alfizar, and E. Fitriadi, "Efektivitas Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk Kompos Trico-Glio untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium sp.*) pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*)," *Agrikultura*, vol. 34, no. 3, p. 435, 2023, doi: 10.24198/agrikultura.v34i3.42422.
- [12] N. A. Multazam, H. Nirwanto, and S. Wiyatiningsih, "Deteksi Pola Sebaran Penyakit Virus Kuning pada Tanaman Cabai Rawit Berbasis Analisis Geostatistika Detection of Yellow Virus Disease Patterns in Chili Plants Based on Geostatistical Analysis," vol. 6, no. 2, pp. 470–478, 2023.
- [13] D. Lestari and L. Q. Aini, "PENGUJIAN KONSORSIUM BAKTERI ANTAGONIS UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT BERCAK DAUN CERCOSPORA DAN VIRUS KUNING PADA TANAMAN CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annum L.*) DI KECAMATAN DAMPIT KABUPATEN MALANG," *J. Hama dan Penyakit Tumbuh.*, vol. 9, no. 3, pp. 107–114, 2021, doi: 10.21776/ub.jurnalhpt.2021.009.3.5.
- [14] T. D. Novianto and I. M. S. Erawan, "Perbandingan Metode Klasifikasi pada Pengolahan Citra Mata Ikan Tuna," *Pros. SNFA (Seminar Nas. Fis. dan Apl.)*, vol. 5, pp. 216–223, 2020, doi: 10.20961/prosidingnsnfa.v5i0.46615.
- [15] A. I. Putri, M. Furqan, and Suhardi, "Application of Data Mining to Predict Birth Rates in Medan City Using the K-Nearest Neighbor Method," *J. Comput. Sci. Inf. Technol. Telecommun. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 504–509, 2024, doi: 10.30596/jcositte.v5i1.17991.
- [16] Y. E. Yana and N. Nafi'iyah, "Klasifikasi Jenis Pisang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, Bentuk Citra Menggunakan SVM dan KNN," *Res. J. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 4, no. 1, p. 28, 2021, doi: 10.25273/research.v4i1.6687.
- [17] W. G. Akbari, N. Hidayat, and N. Santoso, "Diagnosis Penyakit Cabai Menggunakan Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor (FKNN)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 1070–1074, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [18] H. P. Hadi and E. H. Rachmawanto, "Ekstraksi Fitur Warna Dan Glcm Pada Algoritma Knn Untuk Klasifikasi Kematangan Rambutan," *J. Inform. Polinema*, vol. 8, no. 3, pp. 63–68, 2022, doi: 10.33795/jip.v8i3.949.