

PENGENALAN POLA PENYAKIT DAUN JAMBU AIR MENGUNAKAN METODE PCA DAN KNN

Sriani¹, Supiyandi², Mhd.Furqan³, Wan Fadilla Rischa⁴

^{1,3,4}Fakultas Sains dan Teknologi, Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

²Fakultas Sains dan Teknologi, Teknologi Informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia
Email: ¹sriani@uinsu.ac.id, ²supiyandi.mkom@gmail.com, ³mfurqan@uinsu.ac.id, ⁴wanfadillarischa@gmail.com

Abstrak

Salah satu faktor penghambat dalam upaya peningkatan produksi tanaman seperti jambu air adalah penyakit tanaman yang dapat merusak seluruh bagian tanaman. Salah satu cara memperhatikan produksi tanaman jambu air adalah dengan proses pengenalan pola. Pengenalan pola adalah suatu ilmu untuk mengklasifikasikan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur atau sifat utama dari suatu obyek. Klasifikasi dapat diamati atau dilihat dari tekstur daun jambu air untuk membedakan ciri daun dari masing-masing jenis penyakit jambu air, dikarenakan daun merupakan suatu bentuk benda yang memiliki sifat tertentu dan ciri yang lengkap. Tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan sistem pengenalan pola yang dapat mengklasifikasikan penyakit daun jambu air menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) untuk menganalisis apakah kedua metode tersebut mampu mengklasifikasi penyakit daun jambu air dengan mendapatkan akurasi yang lebih baik. Dalam penelitian ini, ekstraksi ciri meliputi PCA untuk mengubah setiap citra menjadi data matriks untuk memperoleh nilai ciri daun. Sedangkan dalam mengklasifikasikan penyakit daun jambu air menggunakan KNN, dengan menghitung kesamaan menggunakan jarak *Euclidean*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PCA dan KNN dapat mengklasifikasikan penyakit daun jambu air dengan nilai akurasi sebesar 90,4762% dengan nilai ketetanggaan K=1 dan K=3 akurasi sebesar 85,7143% menggunakan 45 citra latih dan 21 citra uji. Dengan demikian semakin banyak nilai ketetanggaan yang digunakan semakin rendah nilai akurasi yang didapatkan.

Kata Kunci: Citra Digital, KNN, PCA, Pengenalan Pola, Penyakit Daun

Abstract

One of the inhibiting factors in efforts to increase the production of plants such as water rose is a plant disease that can damage all parts of the plant. One way to pay attention to the production of guava plants is by pattern recognition process. Pattern recognition is a science to classify something based on quantitative measurements of the main features or properties of an object. Classification can be observed or seen from the texture of guava leaves to distinguish leaf characteristics from each type of guava disease, because leaves are a form of object that has certain properties and complete characteristics. The purpose of this research is to produce a pattern recognition system that can classify water apple leaf diseases using the Principal Component Analysis (PCA) and K-Nearest Neighbor (KNN) methods to analyze whether the two methods are able to classify water apple leaf diseases by obtaining better accuracy. In this study, feature extraction includes PCA to convert each image into matrix data to obtain leaf feature values. Whereas in classifying guava leaf diseases using KNN, by calculating the similarity using the Euclidean distance. The results showed that the PCA and KNN methods could classify water guava leaf diseases with an accuracy value of 90.4762% with neighboring values K=1 and K=3 with an accuracy of 85.7143% using 45 training images and 21 test images. Thus, the more neighboring values that are used, the lower the accuracy value obtained.

Keywords: Digital Image, KNN, PCA, Pattern Recognition, Leaf Disease

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi baru akan didominasi oleh sistem dan mesin-mesin dengan kecerdasan buatan (*machine intelligence*). Teknik pengenalan pola merupakan salah satu komponen penting dari mesin atau sistem cerdas tersebut yang digunakan baik untuk mengolah data maupun dalam

pengambilan keputusan. Pengenalan pola (*pattern recognition*) adalah suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur (ciri) atau sifat utama dari suatu obyek. Pola sendiri adalah suatu entitas yang terdefinisi dan dapat

diidentifikasi serta diberi nama. Pola bisa merupakan kumpulan hasil pengukuran atau pemantauan dan bisa dinyatakan dalam notasi vektor atau matriks [1].

Jambu air merupakan salah satu jenis buah yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Satu pohon jambu air dapat memproduksi sekitar 80–100 kg buah per tahun dalam keadaan ideal, yang merupakan tingkat produksi buah yang cukup tinggi untuk sebuah pohon [2]. Namun produksi buah jambu air terancam oleh penyakit tanaman. Penyakit tanaman adalah suatu keadaan yang mengakibatkan timbulnya gejala dan menunjukkan bahwa jaringan dan sel tanaman tidak berfungsi dengan baik sebagai akibat gangguan terus-menerus oleh faktor lingkungan atau agen patogen. Demikian juga dengan penyakit yang menyerang daun jambu air, yaitu penyakit Antraknosa (*Gloeosporium sp*) yang menyebabkan bercak coklat kehitaman pada daun, sehingga mengakibatkan buah busuk dan rontok, pucuk mengering dan mati. Penyakit Embun Jelaga (*Capnodium sp*) yang menghalangi sinar matahari ke daun, yang mencegah fotosintesis, menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi lambat. Karat Merah (*Cephaleorus sp*) yang menyebabkan perkembangan lambat pada pucuk dan daun muda [3][4].

Berdasarkan penyakit tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas maupun kuantitas [5]. Pengklasifikasian dapat dilakukan dengan cara mengenali ciri-ciri struktur daun yaitu bentuk dan tekstur daun, karena seperti yang dikemukakan oleh [6] dalam penelitiannya, Ia menulis bahwa daun merupakan suatu bentuk benda yang memiliki sifat tertentu dan ciri yang lengkap. Selain itu, metode statistik dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola atau tekstur objek secara jelas untuk melakukan teknik pengolahan citra. Pola yang telah diidentifikasi dapat dihitung tingkat keabuannya dan direpresentasikan dengan sebuah matriks yang dapat dilakukan dengan algoritma *Principal Component Analysis* (PCA) untuk proses ekstraksi ciri (*features*) yang menghasilkan karakteristik dari citra daun.

Klasifikasi adalah langkah terakhir dalam pengenalan pola untuk menentukan apakah suatu objek citra termasuk dalam kelas tertentu atau tidak. Metode yang digunakan dalam klasifikasi penyakit daun jambu air yaitu *K-Nearest Neighbor* (KNN) dengan menggunakan data pembelajaran untuk mengklasifikasikan objek yang paling dekat dengan objek tersebut ke dalam kelas baru [7].

Adapun beberapa referensi dari penelitian sebelumnya yang membahas tentang penerapan *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN), yaitu: Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [8] tentang klasifikasi kualitas buah tomat menggunakan metode PCA dan *backpropagation*, temuan

penelitiannya mengungkapkan tingkat akurasi dengan akurasi mencapai 76,7%. Penelitian yang dilakukan oleh [9] tentang klasifikasi jenis pisang menggunakan karakteristik warna, tekstur, dan bentuk citra, SVM dan KNN, ditemukan nilai akurasi klasifikasi jenis pisang menggunakan SVM, masing-masing dari fitur warna, tekstur, dan bentuk adalah 41,67%, 33,3%, 8,3%. Selain itu, hasil pengkategorian jenis pisang menggunakan KNN menunjukkan bahwa karakteristik warna sebesar 55,95%, karakteristik tekstur sebesar 58,33%, dan karakteristik bentuk sebesar 45,24% untuk nilai K terbaik adalah 2.

Penelitian yang dilakukan oleh [10] Prediksi Penjualan Produk Unilever Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor*. Temuan penelitian tersebut berdasarkan klasifikasi penjualan produk yang memiliki nilai akurasi tertinggi, 86,66% dan nilai akurasi terendah, 40%. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [11] tentang faktor-faktor yang mempengaruhi sikap siswa saat memutuskan tinggal di Kota Malang untuk pendidikan lanjut dengan menggunakan metode PCA. Dalam penelitiannya ditemukan bahwa 5 komponen telah diproduksi, dan terdapat sebesar 81,015% yaitu (20,011% + 19,692% + 15,935% + 14,632% + 10,745%) variabel yang dapat menjelaskan variasi. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh [12] menggunakan pendekatan PCA dalam penelitiannya untuk mengidentifikasi komponen utama dalam kasus penggalangan dana di Dompot Dhuafa, Jawa Barat. Menurut temuan kajiannya, zakat memiliki persentase sebesar 40% dari faktor dominan di Dompot Dhuafa. sehingga kesalahan relatif penelitian adalah 0,035 yang sama dengan data asli.

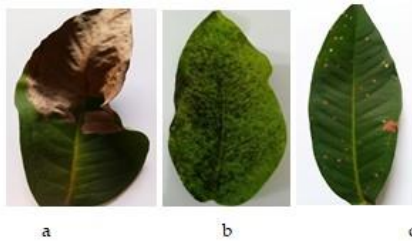
Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengenalan pola yang dapat mengklasifikasikan penyakit daun jambu air menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) untuk menganalisis apakah kedua metode tersebut mampu mengklasifikasi penyakit daun jambu air dengan mendapatkan akurasi yang lebih baik. Kemampuan sistem untuk mengklasifikasikan jenis penyakit dari tanaman jambu air menjadi topik utama penelitian ini. Sistem akan melakukan pengenalan pola daun dengan menggunakan kombinasi metode PCA sebagai ekstraksi ciri dan metode klasifikasi yaitu KNN.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan dengan meninjau dan mengamati daun tanaman jambu air secara langsung. Data yang digunakan berupa citra penyakit daun jambu air yaitu 45 citra latihan dan 21 citra uji. Pengamatan dilakukan dengan melihat

gejala-gejala pada daun. Pengambilan gambar penyakit daun jambu air menggunakan kamera *handphone* dengan jarak 10-20 cm. Berikut gambar 1 hasil observasi penyakit daun jambu air:



Gambar 1. a. Penyakit Antraknosa; b. Embun Jelaga; c. Karat Merah
(Sumber : dokumentasi pribadi)

Berdasarkan gambar 1 (a) penyakit antraknosa dengan gejala bercak coklat kehitaman pada daun, (b) embun jelaga dengan gejala yang muncul berupa klorosis pada daun, berwarna hitam pekat seperti jelaga dan menutupi daun jambu air, dan (c) karat merah, gejala yang ditimbulkan meluas pada permukaan daun berupa bintik-bintik merah.

2.2 Kebutuhan Analisis

Analisis kebutuhan merupakan suatu proses yang dilaksanakan untuk memperoleh informasi tentang apa saja yang diperlukan untuk membangun suatu sistem sehingga dapat mendukung bagaimana sistem itu seharusnya berfungsi.

- Algoritma Principal Component Analysis* (PCA) merupakan pola data dapat ditemukan menggunakan PCA, yang kemudian mengungkapkan data dengan cara yang berbeda untuk melihat perbedaan dan persamaan antar pola. Agar lebih mudah mendeskripsikan data, PCA bertujuan untuk mengubah dimensi ruang data yang besar (variabel yang diamati) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (variabel independen). Fitur yang digunakan sebagai parameter klasifikasi disebut ruang fitur. Metode ini sering digunakan sebagai sarana untuk mengurangi ukuran data di berbagai bidang nilai. Metode ini menghitung matriks kovarian dari data kemudian mencari vektor eigen dan nilai eigen [13].

Langkah pertama menghitung nilai rata-rata dengan menjumlahkan seluruh *dataset* untuk setiap citra, lalu membaginya dengan jumlah total citra, seperti pada persamaan 1.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (1)$$

Menghitung matriks selisih :

$$\Phi = \Gamma_i - \Psi \quad (2)$$

Menentukan nilai matriks konvarian :

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \phi_n \phi_n^T = AA^T \quad (3)$$

Hitung nilai eigen (λ) dan vektor eigen (V) :

$$C V = V \lambda \quad (4)$$

Principal Component (PC) :

$$PC = A^T * V \quad (5)$$

Menghitung PCA :

$$PCA = A * PC \quad (6)$$

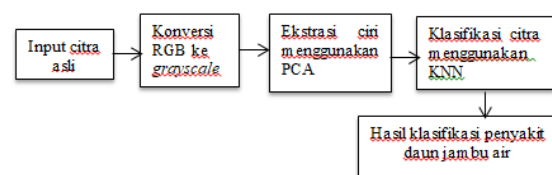
- K-Nearest Neighbor* (KNN) merupakan teknik mengklasifikasikan sesuatu berdasarkan data pembelajaran (tetangga) yang paling dekat dengan item tersebut dikenal dengan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Jarak *Euclidean* biasanya digunakan untuk menghitung seberapa dekat atau jauh tetangga. Sebagai mekanisme pencarian informasi, diperlukan sistem klasifikasi. Pembelajaran (*training*) dan klasifikasi atau pengujian (*testing*) adalah dua langkah dari teknik KNN. Algoritma ini mengklasifikasikan input pembelajaran dan hanya menyimpan vektor fitur selama fase pembelajaran. Karakteristik yang sama dihasilkan untuk data uji (yang klasifikasinya tidak pasti) selama fase klasifikasi. K tetangga terdekat ditentukan dengan menghitung jarak antara vektor baru dan semua vektor data pembelajaran [14][15].

Untuk menghitung jarak *Euclidean* :

$$dis(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (7)$$

2.3 Perancangan

Perancangan sistem merupakan sekumpulan aktivitas yang menjelaskan secara rinci bagaimana suatu sistem berjalan. Adapun diagram perancangan sistem klasifikasi penyakit jambu air adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Perancangan Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

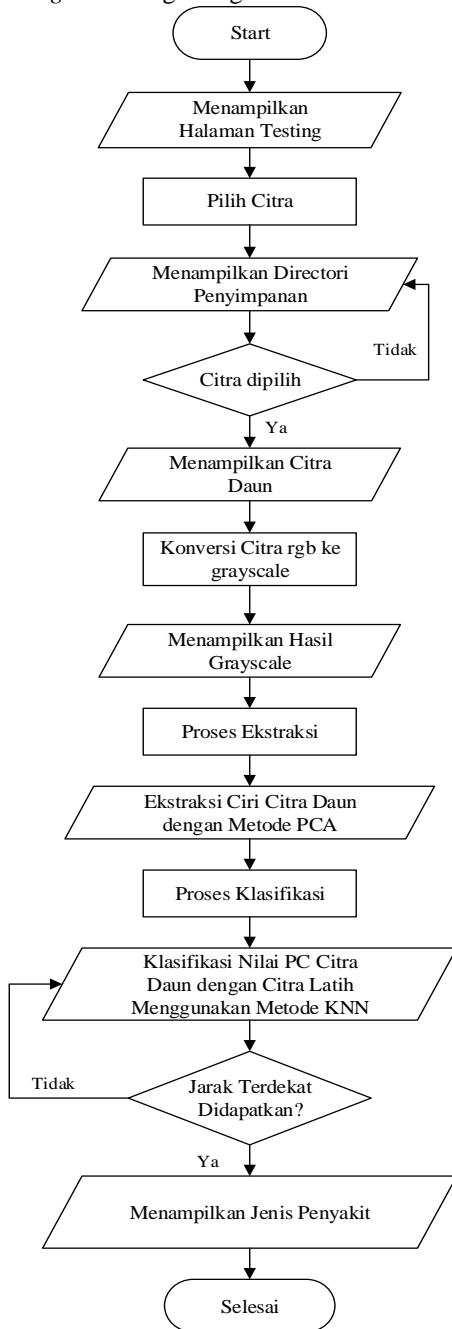
3.1 Perancangan Sistem

Untuk memudahkan implementasi, perancangan sistem bertujuan untuk memberikan gambaran tentang semua kondisi dan menunjukkan alur proses dari sistem yang akan dibuat. Diagram alir (*flowchart*) sistem digunakan untuk merancang pemodelan sistem dan terdiri dari dua bagian :

3.1.1 Fowchart Halaman Testing

Alur proses saat user mengklasifikasikan citra penyakit daun jambu air ditampilkan pada

flowchart halaman *testing*. Diagram alir halaman *testing* dirancang sebagai berikut:

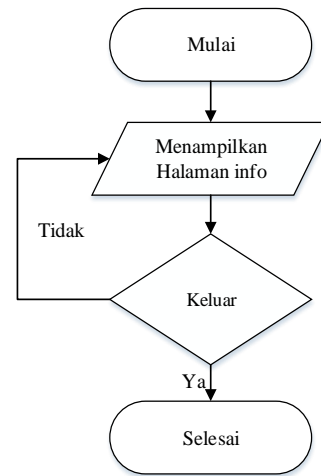


Gambar 3. Flowchart Pengujian

Berdasarkan dengan gambar *flowchart* halaman *testing*, langkah pertama bagi pengguna adalah memilih citra daun jambu air, mengubah citra rgb menjadi *grayscale*, dan kemudian mengolahnya menggunakan metode PCA. Hasil ekstraksi dengan metode PCA akan diklasifikasikan dengan jarak terdekat pada citra latih menggunakan metode KNN, sehingga menghasilkan jenis penyakit jambu air yang sesuai dengan citra daun jambu air yang di input.

3.1.2 Flowchart Halaman Info

Proses yang dilakukan pengguna saat membuka halaman info ditampilkan di diagram alir. Diagram alir halaman info dirancang sebagai berikut:

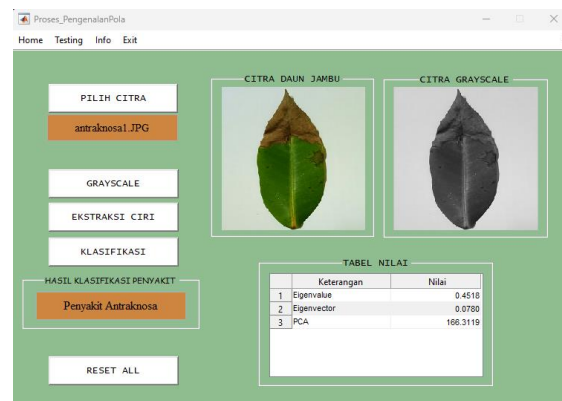


Gambar 4. Flowchart Info

Berdasarkan gambar *flowchart* pada halaman info digunakan untuk memberikan informasi kepada pengguna tentang penyakit jambu air.

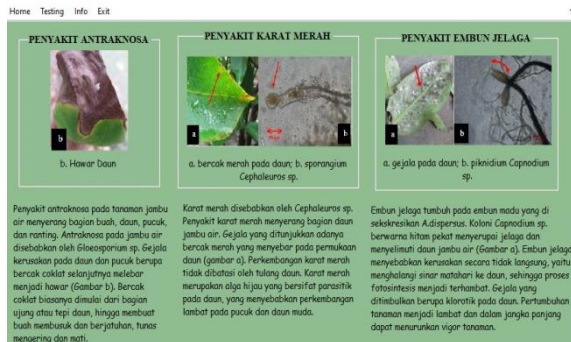
3.2 Implementasi

Adapun proses implementasi metode PCA dan KNN dalam klasifikasi penyakit daun jambu air, dengan menggunakan sebanyak 45 citra latih dan 21 citra uji. Pengujian dengan menggunakan aplikasi GUI Matlab. Sistem dirancang terdiri dari beberapa tahap, yaitu input citra, konversi citra grayscale, ekstraksi ciri, dan proses menentukan hasil klasifikasi. Proses diawali dengan menginput citra daun jambu air yang akan dilakukan pengujian. Selanjutnya citra dikonversi menjadi citra *grayscale*. Hasil citra *grayscale* dilakukan ekstraksi ciri untuk menampilkan nilai *Eigenvector1* dan *Eigenvector2*, kemudian klasifikasi untuk menghasilkan klasifikasi jenis penyakit jambu air seperti terlihat pada gambar berikut:



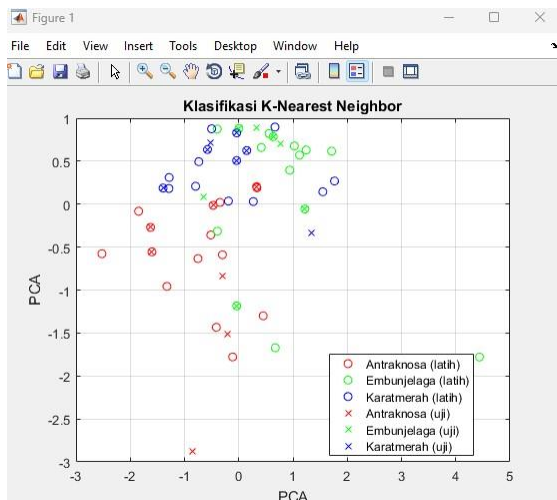
Gambar 5. Hasil Pengujian pada GUI Matlab

Sesuai dengan gambar di atas, proses klasifikasi berhasil diterapkan pada sistem aplikasi, dimana jenis penyakit antraknosa berhasil diklasifikasikan sebagai jenis “Penyakit Antraknosa”, menandakan bahwa klasifikasi sistem sudah benar. Berikut tampilan halaman info.



Gambar 6. Tampilan Halaman Info

Gambar diatas adalah tampilan halaman info yang dibuat ke dalam program menggunakan Matlab. Berikut adalah grafik hasil klasifikasi keseluruhan citra uji.



Gambar 7. Grafik Hasil Klasifikasi Keseluruhan Data

Berikut tabel hasil klasifikasi penyakit daun jambu air pada program matlab:

Tabel 1. Hasil Keseluruhan Klasifikasi Data Uji

No	Nama Citra	Hasil Klasifikasi	Keterangan
1	Antraknosa1.jpg	Antraknosa	Benar
2	Antraknosa2.jpg	Antraknosa	Benar
3	Antraknosa3.jpg	Antraknosa	Benar
4	Antraknosa4.jpg	Antraknosa	Benar
5	Antraknosa5.jpg	Antraknosa	Benar
6	Antraknosa6.jpg	Antraknosa	Benar
7	Antraknosa7.jpg	Antraknosa	Benar
8	Embunjelaga1.jpg	Embun Jelaga	Benar
9	Embunjelaga2.jpg	Embun Jelaga	Benar
10	Embunjelaga3.jpg	Embun Jelaga	Benar

11	Embunjelaga4.jpg	Embun Jelaga	Benar
12	Embunjelaga5.jpg	Embun Jelaga	Benar
13	Embunjelaga6.jpg	Karat Merah	Salah
14	Embunjelaga7.jpg	Embun Jelaga	Benar
15	Karatmerah1.jpg	Karat Merah	Benar
16	Karatmerah2.jpg	Karat Merah	Benar
17	Karatmerah3.jpg	Embun Jelaga	Salah
18	Karatmerah4.jpg	Karat Merah	Benar
19	Karatmerah5.jpg	Karat Merah	Benar
20	Karatmerah6.jpg	Karat Merah	Benar
21	Karatmerah7.jpg	Karat Merah	Benar

Sesuai dengan tabel hasil pengujian klasifikasi keseluruhan citra uji di atas, langkah selanjutnya menghitung tingkat akurasi menggunakan citra uji. Berikut ini persamaannya :
Akurasi =

$$\frac{\text{jumlah data uji yang benar}}{\text{jumlah data uji keseluruhan}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{19}{21} \times 100\% = 90,4762\%$$

Berdasarkan hasil uji akurasi, menunjukkan bahwa proses klasifikasi penyakit daun jambu air diperoleh nilai akurasi sebesar 90,4762% dengan 45 citra latih dan 21 citra uji daun jambu air dengan nilai ketetangaan k=1.

Tabel 2. Hasil Pengujian

Nilai K	Citra Latih	Citra Uji	Jumlah Citra Uji yang Benar	Akurasi
1	45	21	19	90,4762%
3	45	21	18	85,7143%

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa penentuan nilai K (jumlah tetangga paling dekat) berpengaruh terhadap akurasi dari sebuah sistem yang menggunakan metode klasifikasi KNN. Dimana nilai ketetangaan K=1 dengan jumlah 45 citra latih dan 21 citra uji mendapatkan akurasi 90,4762%, dan K=3 dengan jumlah 45 citra latih dan 21 citra uji mendapatkan akurasi 85,7143%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan klasifikasi penyakit daun jambu air menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) didapatkan kesimpulan bahwa penerapan metode PCA dan KNN dapat mengklasifikasikan penyakit daun jambu air, dengan proses citra dikonversi menjadi *grayscale*, kemudian ekstraksi ciri menggunakan PCA yaitu mencari nilai *mean*, nilai *covarian*, *eigenvalue*, *eigenvector*, nilai PC dan tranformasi PCA, dan proses klasifikasi penyakit daun jambu air menggunakan KNN dengan menentukan nilai ketetangaan kemudian mencari nilai terdekat dari citra uji yang ditransformasi PCA terhadap citra

latih yang disimpan. Serta mampu mempertahankan akurasi klasifikasi dengan melakukan ekstraksi ciri dari citra daun jambu air yang ditransformasi menggunakan metode PCA. Dengan menggunakan 45 data citra latih dan 21 data citra uji, klasifikasi penyakit daun jambu air seperti penyakit antraknosa, embun jelaga, dan karat merah mampu mencapai nilai akurasi sebesar 90,4762% dengan K=1 dan K=3 dengan akurasi 85,7143% yang tergolong baik. Dengan demikian pada penelitian ini, semakin besar nilai ketetanggaan yang digunakan semakin rendah akurasi yang di dapatkan.

5. REFERENCES

- [1] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI, 2010. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Pengolahan_Citra_Digital/NectMutqXJAC?hl=id&gbpv=1
- [2] S. Wahyuni, "Sosialisasi Pemanfaatan Jambu Air Menjadi Nata De *Syzygium*," *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 1, pp. 209–213, Apr. 2020, doi: 10.31849/dinamisia.v4i1.3285.
- [3] Kridaningtyas Purwandari, "Hama dan Penyakit Jambu Air (*Syzygium Samarangense* (Blume) Merr. & L.M. Perry) di Kabupaten Demak, Jawa Tengah," vol. 151, pp. 10–17, 2015, [Online]. Available: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/77626>
- [4] R. Pradana, Suwanto, E. W. Tini, and W. S. Suharti, "Inventarisasi dan Identifikasi Penyakit Akibat Jamur pada Tanaman Jambu Air Varietas Citra Di Desa Kajongan dan Cipawon, Kabupaten Purbalingga," *Agron. (Jurnal Budid. Pertan. Berkelanjutan)*, vol. 21, no. 2, pp. 19–26, 2022, [Online]. Available: <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/agro/article/view/6758>
- [5] H. M. Hanifa and S. Haryanti, "Morfoanatominya Daun Jambu Air (*Syzygium samarangense*) var. Demak Normal dan Terserang Hama Ulat," *Bul. Anat. dan Fisiol.*, vol. 1, no. 1, p. 24, Oct. 2016, doi: 10.14710/baf.1.1.2016.24-29.
- [6] L. Sahrani, "Classification of Tomato Leaf Based on Gabor Filter Extraction And Support Vector Machine Algorithm," *Int. J. Inf. Syst. Technol. Akreditasi*, vol. 4, no. 2, pp. 677–681, 2021, [Online]. Available: <https://ijistech.org/ijistech/index.php/ijistech/article/view/173>
- [7] L. S. H. Mhd. Furqan, Sriani, "Klasifikasi Daun Bugenvil Menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* dan *K-Nearest Neighbor*," *J. CoreIT*, vol. 6, no. 1, pp. 22–29, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.uinsuska.ac.id/index.php/coreit/article/view/9296>
- [8] U. Murdika, Muhammad Alif, Yessi Mulyani, "Identifikasi Kualitas Buah Tomat dengan Metode PCA (*Principal Component Analysis*) dan *Backpropagation*," *Electrician*, vol. 15, no. 3, pp. 175–180, Oct. 2021, doi: 10.23960/elc.v15n3.2240.
- [9] 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.
- [10] A. Alfani W.P.R., F. Rozi, and F. Sukmana, "Prediksi Penjualan Produk Unilever Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor*," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 155–160, Jun. 2021, doi: 10.29100/jupi.v6i1.1910.
- [11] F. Badri and S. U. R. Sari, "Penerapan Metode *Principal Component Analysis* (PCA) Untuk Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Sikap Mahasiswa Memilih Melanjutkan Studi ke Kota Malang," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 426–431, Dec. 2021, doi: 10.47065/bits.v3i3.1139.
- [12] G. Enzellina and D. Suhaedi, "Penggunaan Metode *Principal Component Analysis* dalam Menentukan Faktor Dominan," *J. Ris. Mat.*, pp. 101–110, 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i2.1192.
- [13] D. A. Nugraha and A. S. Wiguna, "Seleksi Fitur Warna Citra Digital Biji Kopi Menggunakan Metode *Principal Component Analysis*," *Res. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 3, no. 1, p. 24, Apr. 2020, doi: 10.25273/research.v3i1.5352.
- [14] M. M. Baharuddin, H. Azis, and T. Hasanuddin, "Analisis Performa Metode *K-Nearest Neighbor* Untuk Identifikasi Jenis Kaca," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 11, no. 3, pp. 269–274, Dec. 2019, doi: 10.33096/ilkom.v11i3.489.269-274.
- [15] S. A. Rosiva Srg, M. Zarlis, and W. Wanayumini, "Identifikasi Citra Daun dengan GLCM (*Gray Level Co-Occurrence*) dan K-NN (*K-Nearest Neighbor*)," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 21, no. 2, pp. 477–488, 2022, doi: 10.30812/matrik.v21i2.1572.