Router : Jurnal Teknik Informatika dan Terapan
Volume. 1 No. 4 Desember 2023
e-ISSN: 3032-3312; dan p-ISSN: 3026-3611, Hal 33-43
DOI: https://doi.org/10.62951/router.v2i2.78
Tersedia: https://journal.aptii.or.id/index.php/Router

Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Identifikasi Penyakit pada Tanaman Jeruk Berdasarkan Citra Daun

Abiyan Naufal Hilmi
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Email: h.abiyan1771@gmail.com

Eva Yulia Puspaningrum
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Email: evapuspaningrum.if@upnjatim.ac.id

Henni Endah Wahanani
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Email: henniendah@upnjatim.ac.id

Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294
Korespondensi penulis: h.abiyan1771@gmail.com

Abstract: *The development of image processing technology today can create systems that are able to effectively recognize digital images, one of which is in the field of agriculture for plant disease identification. Citrus plants experience a decrease in productivity due to pathogen attacks on leaves such as Black Spot, Cancer, and CVDP so that disease identification is needed. The classification method that can be used to classify images is the K-Nearest Neighbor (K-NN) algorithm because it is simple and has high accuracy in image management. This study aims to implement and determine the performance of the K-NN algorithm in identifying citrus plant diseases based on leaf images. This research uses a dataset from the Kaggle website of 1,096 images. There are 12 research scenarios using the comparison between test data and training data as much as 4, namely (90% training data + 10% test data, 80% training data + 20% test data, 70% training data + 30% test data, 60% training data + 40% test data) and testing with 3 random state values (42, 32, 22). The results showed that the K-NN algorithm is very effective in identifying citrus plant diseases with the highest accuracy value in the 90% training data scenario and 10% test data with a value of K = 2 which is 98.5%.*

Keywords: *Image Management, K-Nearnest Neighbor (KNN), Disease Identification, Citrus Plants, Accuracy*

Abstrak: Perkembangan teknologi pengolahan citra saat ini dapat menciptakan sistem yang mampu mengenali citra digital secara efektif, salah satunya pada bidang pertanian untuk identifikasi penyakit tanaman. Tanaman jeruk mengalami penurunan produktivitas akibat dari serangan patogen pada daun seperti Black Spot, Kanker, dan CVDP sehingga dibutuhkan identifikasi penyakit. Metode klasifikasi yang dapat digunakan untuk melakukan proses pengklasifikasian pada citra adalah algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) karena sederhana dan memiliki akurasi yang tinggi dalam pengelolaan cintra. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengetahui kinerja algoritma K-NN dalam mengidentifikasi penyakit tanaman jeruk berdasarkan citra daun. Penelitian ini menggunakan dataset dari website Kaggle sebesar 1.096 gambar. Skenario penelitian terdapat 12 skenario dengan menggunakan perbandingan antara data uji dan data latih sebanyak 4 yaitu (data latih 90% + data uji 10%, data latih 80% + data uji 20%, data latih 70% + data uji 30%, data latih 60% + data uji 40%) serta pengujian dengan 3 nilai random state (42, 32, 22). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-NN sangat efektif dalam mengidentifikasi penyakit tanaman jeruk dengan nilai akurasi tertinggi pada skenario data latih 90% dan data uji 10% dengan nilai K = 2 yaitu sebesar 98.5%.

Kata kunci: Pengolaan Citra, K-Nearnest Neighbor (KNN), Identifikasi Penyakit, Tanaman Jeruk, Akurasi

LATAR BELAKANG

Teknologi pengolahan citra saat ini memungkinkan manusia untuk mengembangkan sistem yang dapat mengenali citra digital. Pengolahan citra adalah salah satu jenis teknologi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam pemrosesan gambar. Dalam pengolahan

Received Mei 02, 2024; Accepted Juni 04, 2024; Published Juni 30, 2024

citra, gambar diolah sehingga dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut. Klasifikasi adalah bagian penting dalam analisis citra, karena pada proses ini gambar atau citra diinginkan dikelompokkan ke dalam kategori atau kelas tertentu berdasarkan fitur atau karakteristik tertentu. Contohnya, dalam industri tanaman jeruk, permintaan pasar terhadap jeruk terus meningkat, sehingga konsumen meminta ketersediaan jeruk yang bermutu. Namun, hasil produksi tanaman jeruk mengalami penurunan baik kuantitas maupun kualitas. Pada tahun 2010-2015, jumlah tanaman jeruk dan hasil produksinya terus menurun, hingga pada tahun 2015 hanya tersedia 34.416 pohon dengan hasil produksi 13.485 kuintal buah jeruk (Pradana dkk., 2022).

Penyakit yang sering menyerang tanaman jeruk adalah penyakit Black Spot yang disebabkan oleh jamur Guignardia Citricarpa, penyakit Kanker yang disebabkan oleh infeksi bakteri bernama X. axonopodis pv. citri., dan penyakit Huanglongbing (HLB) atau CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration) yang disebabkan oleh infeksi bakteri bernama Candidatus Liberibacter spp. (Febrinanto dkk., 2018). Penyakit Black Spot dapat menyebabkan kerusakan pada daun, buah, dan ranting pada tanaman jeruk. Penyakit Kanker ini menimbulkan gejala, seperti bercak putih pada sisi bawah daun, warna hijau gelap dan kadang berwarna kuning di pinggiran daun tepi bercak berwarna kuning yang akan berubah menjadi coklat hitam dan terbentuknya lesi nekrotik. Sedangkan Penyakit CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration) ini menimbulkan gejala, seperti daun menguning dan pertumbuhan terhambat (Jagoueix dkk., 1996; Teixeira dkk., 2005).

Seiring perkembangan teknologi, banyak inovasi yang dikembangkan manusia, karena teknologi membawa kemudahan untuk mendukung aktivitas manusia. Metode yang sangat fleksibel adalah kecerdasan buatan yang mencangkup banyak bidang ilmiah. Karena data yang akan diolah dalam penelitian ini adalah data pengolahan citra digital, maka metode yang akan digunakan yaitu klasifikasi. Metode klasifikasi yang digunakan untuk melakukan proses pengklasifikasian pada citra menggunakan algoritma K-NN karena algoritma tersebut merupakan salah satu metode klasifikasi citra yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Berbagai penelitian terbaru yang menggunakan algoritma K-NN mengatakan hasil akurasi pengolahan citra sangat baik (Hasna dkk., 2022).

KAJIAN TEORITIS

Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra adalah proses perbaikan kualitas citra agar manusia atau mesin dapat dengan mudah mengidentifikasi atau mempresentasikan citra tersebut. Pengolahan citra ini

menggunakan citra sebagai input dan menghasilkan citra yang memiliki kualitas lebih baik sebagai output. Contohnya, jika citra mengandung derau (noise/bintik-bintik putih), citra blur/kabur yang mungkin disebabkan oleh proses pengambilan citra, atau warna citra kurang pekat, maka pengolahan citra diperlukan untuk memperbaiki citra agar mudah diimplementasikan baik oleh manusia maupun mesin (Ikhsan dkk., 2020).

Citra mempunyai banyak informasi, tetapi kebanyakan citra yang kita miliki mengalami degradasi, seperti cacat, noise, warna kurang tajam dan kabur. Kondisi ini membuat citra tersebut sulit diimplementasikan atau diinterpretasikan, sehingga informasi dari citra tersebut berkurang. Untuk memudahkan implementasi dan interpretasi citra yang kurang sempurna atau cacat, diperlukan pengolahan citra digital untuk meningkatkan kualitas citra (Raharja & Harsadi, 2018).

Resizing

Resizing adalah proses mengubah dimensi suatu citra, baik memperbesar maupun memperkecil ukurannya dari ukuran aslinya. Mengubah ukuran ini dapat menyebabkan pergeseran nilai warna, yang pada gilirannya mengubah konten digital dalam citra tersebut (Wijaya & Prayudi, 2015).

Ruang Warna *Hue Saturation Value* (HSV)

Hue, Saturation, Value (HSV) adalah salah satu dari banyak sistem warna yang digunakan untuk mengklasifikasikan warna. Sistem ini lebih mendekati cara mata manusia memvisualisasikan dan membedakan warna, sehingga lebih sering digunakan (Wardhani, 2019). HSV color space adalah hasil transformasi dari RGB color space, mengubah bentuknya dari kubus menjadi kerucut (Sanusi, 2020).

K-*Nearest Neighbour* (KNN)

K-Nearest Neighbors (K-NN) adalah metode klasifikasi yang menggunakan data pelatihan untuk menentukan kelas objek berdasarkan jarak terdekat. Proses ini melibatkan transformasi data pelatihan ke ruang multidimensi, di mana setiap dimensi mewakili karakteristik data. Algoritma K-NN relatif sederhana dan bekerja dengan menghitung jarak terdekat antara objek query dan sample pelatihan untuk menentukan jumlah tetangga yang optimal. Kemudian, mayoritas dari tetangga yang ditemukan digunakan sebagai prediksi untuk objek query. Untuk menentukan nilai k yang optimal, dapat digunakan optimasi parameter seperti k-fold cross validation. Tujuan K-NN adalah melakukan klasifikasi berdasarkan atribut dan sample pelatihan, tanpa menggunakan apapun untuk mencocokkan dan hanya berdasarkan pada memori(Syafitri, 2010). Prinsip dasar metode KNN adalah mencari jarak terdekat antara

data uji dan k tetangga terdekat dalam data latih. Berikut langkah-langkah algoritma KNN (Priandana dkk., 2016):

1. Menentukan nilai k untuk KNN.
2. Menghitung jarak antara data uji dengan setiap data latih.
3. Mencari k data yang memiliki jarak terdekat.
4. Kelas yang paling banyak muncul adalah kelas dari data uji.
5. Kelas yang paling banyak muncul ditentukan sebagai kelas dari data uji.

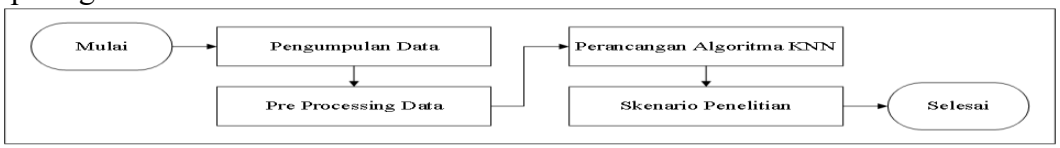
Euclidean Distance

Euclidean Distance digunakan dalam proses klasifikasi atau identifikasi dengan menghitung jarak antara vektor pelatihan dan vektor uji pada basis data yang ada. Perhitungan Euclidean Distance dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut: (Wibowo & Usman, 2010):

$$d\ (P,Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (P_i - Q_i)^2}$$

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan sebuah penelitian, diperlukan langkah kerja yang dilakukan oleh peneliti untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Tahapan alur dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Tahapam Penelitian

Tahapan Penelitian

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan gambar daun jeruk dari empat kategori: sehat, terkena penyakit Black Spot, Kanker, dan CVPD. Data diambil dari dua sumber di website Kaggle, yaitu “Dtrilsbeek” dan “My Project Dictionary”. Dari "Dtrilsbeek", terdapat 46 gambar daun sehat, 136 gambar dengan Black Spot, 130 gambar dengan Kanker, dan 163 gambar dengan CVPD. Dari "My Project Dictionary", terdapat 58 gambar daun sehat, 169 gambar dengan Black Spot, 163 gambar dengan Kanker, dan 204 gambar dengan CVPD. Total dataset yang digunakan adalah 1.069 gambar.

Pre-Processing Data

Pada tahap ini, terdiri dari beberapa sub-bab tahapan yang dilakukan pada tahap pre-processing data, antara lain adalah pemuatan data, akuisisi data, mengubah ukuran citra, ekstraksi histogram warna.

1. Pemuatan Data

Pemuatan data merupakan tahapan awal yang harus dilakukan pada tahap pre-processing data. Tahap ini dilakukan dengan pengambilan data dari website kaggle, lalu memuat dataset ke dalam Google Drive.

2. Akuisisi Data

Tahap akuisisi data adalah tahap proses pembagian dataset dan membuat tabel untuk setiap file dataset yang telah dimuat dalam Google Drive. Data dibagi menjadi data latih dan data uji yang memiliki keseluruhan data sebanyak 1069 data citra. Data latih merupakan kumpulan data yang digunakan untuk melatih model. Data uji merupakan kumpulan data yang digunakan untuk menguji model. Singkatnya, model dilatih menggunakan data training, kemudian hasil model akhir akan diuji menggunakan data test. Hasil pembagian data kemudian disimpan pada folder yang diberi variabel sesuai dengan nama dari masing-masing jenis data.

3. Mengubah Ukuran Citra

Pada tahap ini, mengubah ukuran dari citra yang akan digunakan pada proses pelatihan. Ukuran citra berbentuk simetris dimana pada penelitian ini, menggunakan ukuran gambar yang berukuran 32 × 32 piksel sehingga beban terhadap proses perhitungan semakin kecil dan waktu eksekusi semakin cepat dan dapat mengetahui apakah hasil gambar tersebut dapat dikenali atau tidak.

4. Ekstraksi Histogram Warna

Dalam ekstraksi histogram warna ini dilakukan perubahan citra dengan ekstraksi histogram warna yang bertujuan untuk menghasilkan representasi numerik dari distribusi warna dalam gambar. Dalam ekstraksi histogram warna dilakukan tahap konversi citra menjadi citra HSV. Histogram warna dihitung dalam ruang HSV (Hue, Saturation, Value) dengan menggunkan 8 bin untuk Hue, 8 bin untuk Saturation, dan 8 bin untuk Value.

Perancangan Algoritma KNN

Langkah pertama dalam proses klasifikasi menggunakan KNN adalah menentukan nilai K yaitu K=1 sampai K=15, kemudian menghitung jarak antara data latih dengan data uji menggunakan euclidean distance. Setelah jarak euclidean distance sudah dihitung dilanjutkan dengan mengurutkan hasil perhitungan secara berurutan dari jarang terkecil hingga jarak terbesar. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan mencari kumpulan data jarak terkecil

berdasarkan nilai K. Berdasarkan hasil jarak terkecil tersebut akan didapatkan hasil klasifikasi dan hasil akurasi jenis penyakit daun jeruk.

Skenario Penelitian

Skenario penelitian mengacu pada rancangan yang diambil oleh peneliti untuk mengumpulkan data, menganalisis informasi, dan menyusun kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan. Skenario penelitian yang dibuat yaitu menguji coba pada algoritma K-*Nearest Neighbour* yang dilakukan berdasarkan dataset dengan perbandingan antara data latih dengan data uji yang memiliki 4 skenario perbandingan yaitu data latih 90% dengan data uji 10%, data latih 80% dengan data uji 20%, data latih 70% dengan data uji 30%, dan data latih 60% dengan data uji 40%.

Kemudian setiap 4 skenario perbandingan data latih dan data uji akan dilakukan pengujian dengan nilai random state sebesar 42, 32, dan 22. Sehingga jumlah keseluruhan skenario pengujian untuk algoritma K-nearest Neighbour berjumlah 12 skenario pengujian. Untuk detail skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 1. Skenario Penelitian

Skenario Penelitian	Model	Random State	Splitting Data	
			Data Latih	Data Uji
1	*K-nearest Neighbour*	42	90%	10%
2			80%	20%
3			70%	30%
4			60%	40%
5		32	90%	10%
6			80%	20%
7			70%	30%
8			60%	40%
9		22	90%	10%
10			80%	20%
11			70%	30%
12			60%	40%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyiapan Dataset

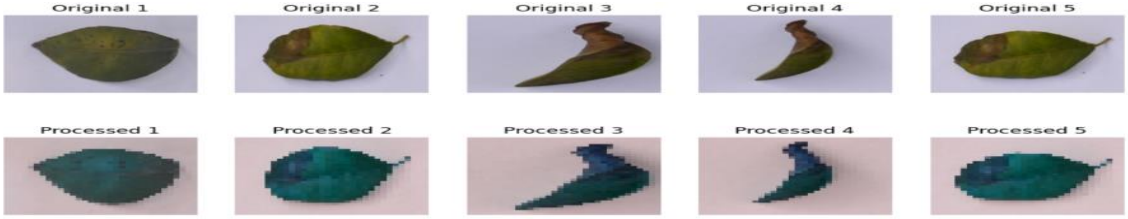


Gambar 2. Sampel Data

Penelitian ini menggunakan data dari Kaggle yang terdiri dari empat kategori: daun sehat, daun dengan penyakit Black Spot, Kanker, dan CVPD, dengan total 1.069 gambar dari dua sumber. Dari “Dtrilsbeek” terdapat 46 gambar daun sehat, 136 gambar dengan Black Spot, 130 gambar dengan Kanker, dan 163 gambar dengan CVPD. Dari “My Project Dictionary” terdapat 58 gambar daun sehat, 169 gambar dengan Black Spot, 163 gambar dengan Kanker, dan 204 gambar dengan CVPD. Semua gambar dikumpulkan dalam satu folder yang dibedakan per kelas dan diunggah ke Google Drive untuk memudahkan proses selanjutnya.

Pre-Processing Data

Setelah menyiapkan dataset, langkah selanjutnya adalah melakukan tahapan pra-proses data melalui program. Alur pra-proses data yang pertama pemuatan data yang terdiri dari 4 kelas, yaitu daun yang sehat, daun yang terkena penyakit Black Spot, daun yang terkena penyakit kanker, dan daun yang terkena penyakit CVPD. Jumlah data yang dikumpulkan sebanyak 1069 data dan dimuat ke dalam Google Drive. Dataset diperoleh dari website kaggle yang terdiri dari dua sumber data yang berbeda, sumber yang pertama dari ”Dtrilsbeek” dan sumber yang kedua dari ”My Project Dictionary”. Alur kedua yaitu akuisisi data yang dilakukan untuk membagi dataset dan membuat tabel untuk setiap file dataset yang telah dimuat dalam Google Drive menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Alur ketiga mengubah ukuran citra menggunakan ukuran gambar yang berukuran 32 × 32 piksel sehingga beban terhadap proses perhitungan semakin kecil dan waktu eksekusi semakin cepat dan dapat mengetahui apakah hasil gambar tersebut dapat dikenali atau tidak. Alur yang keempat ekstraksi histogram warna yang dimana dilakukan tahap konversi citra menjadi citra HSV. Histogram warna dihitung dalam ruang HSV (Hue, Saturation, Value) dengan menggunkan 8 bin untuk Hue, 8 bin untuk Saturation, dan 8 bin untuk Value. Hasil dari tahap pra-proses yang



telah melalui tahap mengubah ukuran citra dan ekstraksi histogram warna seperti gambar berikut.

Gambar 3. Hasil Pra-Proses

Perancangan Algoritma KNN

Pada penelitian ini, dilakukan proses identifikasi jenis citra daun jeruk menggunakan algoritma KNN untuk menentukan hasil uji citra yang merupakan jenis daun Black Spot, Kanker, CVPD atau Greening, dan Healthy dengan total 1069 data. Dari citra yang akan diuji diambil nilai dari ekstraksi histogram warna dengan ekstraksi HSV yang kemudian diidentifikasikan sesuai dengan kelas terdekatnya. Kemudian menghitung jarak antara data latih dengan data uji menggunakan euclidean distance. Setelah jarak euclidean distance sudah dihitung dilanjutkan dengan mengurutkan hasil perhitungan secara berurutan dari jarang terkecil hingga jarak terbesar. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan mencari kumpulan data jarak terkecil berdasarkan nilai K. Berdasarkan hasil jarak terkecil tersebut didapatkan hasil klasifikasi dan hasil akurasi jenis penyakit daun jeruk.

Skenario Penelitian

Skenario penelitian ini menguji Algoritma K-Nearest Neighbour (KNN) berdasarkan dataset dengan nilai K=1 terlebih dahulu dan kombinasi skenario yang telah dirancang. Pada akhir pengujian, akan dilakukan perulangan terhadap kombinasi yang digunakan dengan rentang nilai K=1 hingga K=15, dan hasilnya akan menampilkan nilai K terdekat yang memiliki akurasi tertinggi. Penelitian juga membandingkan data latih dengan data uji dalam 4 skenario: data latih 90% dengan data uji 10%, data latih 80% dengan data uji 20%, data latih 70% dengan data uji 30%, dan data latih 60% dengan data uji 40%. Setiap skenario ini akan diuji dengan nilai random state sebesar 42, 32, dan 22. Dengan demikian, jumlah keseluruhan skenario penelitian untuk algoritma KNN berjumlah 12 skenario.

Tabel 2. Hasil Skenario Penelitian

Skenario Penelitian	Model	Random State	Splitting Data		K terdekat	Akurasi
			Data Latih	Data Uji		
1	*K-nearest Neighbour*	42	90%	10%	2	98.5%
2			80%	20%	2	97.8%
3			70%	30%	2	95.6%
4			60%	40%	2	94.8%
5		32	90%	10%	2	92.6%
6			80%	20%	2	97.8%
7			70%	30%	2	95.6%
8			60%	40%	2	94.9%
9		22	90%	10%	2	97.8%
10			80%	20%	2	94.9%
11			70%	30%	2	93.4%
12			60%	40%	2	92.7%

Pada skenario pertama akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 90% dan data uji sebanyak 10% dengan besaran nilai random state 42 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 98.5%. Pada skenario kedua akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 80% dan data uji sebanyak 20% dengan besaran nilai random state 42 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 97.8%. Pada skenario ketiga akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 70% dan data uji sebanyak 30% dengan besaran nilai random state 42 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 95.6%. Pada skenario keempat akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 60% dan data uji sebanyak 40% dengan besaran nilai random state 42 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 94.8%.

Kemudian pada skenario lima akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 90% dan data uji sebanyak 10% dengan besaran nilai random state 32 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 92.6%. Pada skenario enam akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 80% dan data uji sebanyak 20% dengan besaran nilai random state 32 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 97.8%. Pada skenario tujuh akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 70% dan data uji sebanyak 30% dengan besaran nilai random state 32 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 95.6%. Pada skenario delapan akan dilakukan pembagian data

latih sebanyak 60% dan data uji sebanyak 40% dengan besaran nilai random state 32 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 94.9%.

Selanjutnya pada skenario sembilan akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 90% dan data uji sebanyak 10% dengan besaran nilai random state 22 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 97.8%. Pada skenario sepuluh akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 80% dan data uji sebanyak 20% dengan besaran nilai random state 22 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 94.9%. Pada skenario sebelas akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 70% dan data uji sebanyak 30% dengan besaran nilai random state 22 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 93.4%. Dan pada skenario terakhir yakni duabelas akan dilakukan pembagian data latih sebanyak 60% dan data uji sebanyak 40% dengan besaran nilai random state 22 dan nilai K=2 mendapatkan akurasi sebesar 92.7%.

Setelah melalui 12 skenario pengujian yang berbeda akan ditemukan kombinasi pembagian data latih, data uji dan random state yang paling maksimal dalam menghasilkan bobot akurasi pengujian menggunakan algoritma KNN. Sehingga dapat ditemukan bahwa hasil akurasi tertinggi didapatkan dengan kondisi data latih sebesar 90% dan data uji sebesar 10% dengan nilai K = 2 sehingga mendapatkan bobot akurasi sebesar 98.5% untuk Algoritma KNN dalam pengujian jenis penyakit daun jeruk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman jeruk berdasarkan citra daun, dapat disimpulkan bahwa Algoritma KNN efektif dan dapat diterapkan dengan baik dalam tugas ini. Hasil penelitian menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 98.5% dengan kondisi data latih sebesar 90% dan data uji sebesar 10% serta nilai K = 2. Variasi random state (42, 32, dan 22) tidak secara signifikan mengubah pola akurasi, menunjukkan kestabilan model KNN terhadap variasi random state dalam pembagian dataset. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambah jumlah dataset dengan pemilihan data gambar yang lebih luas untuk meningkatkan akurasi dan prediksi, menggunakan pengambilan dataset secara real dengan mengambil gambar daun jeruk langsung dari kebun jeruk menggunakan smartphone, serta menambahkan kelas penyakit lain selain yang diuji (Black Spot, Kanker, CVPD) dalam penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

Febrinanto, F. G., Dewi, C., & Wiratno, A. T. (2018). Implementasi Algoritme K-Means Sebagai Metode Segmentasi Citra Dalam Identifikasi Penyakit Daun Jeruk. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2548(964X).

Hahn, P. (2019). Artificial intelligence and machine learning. ... fur Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefasse .... Retrieved from https://europepmc.org/article/med/30786288

Hasna, U., Siregar, A. C., & Octariadi, B. C. (2023). Klasifikasi Bentuk Daun Tanaman Begonia (Begoniaceae) Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. Digital Intelligence, 3(1), 57-64.

Ikhsan, D., Utami, E., & Wibowo, F. W. (2020). Metode Klasifikasi Mutu Greenbean Kopi Arabika Lanang Dan Biasa Menggunakan K-Nearest Neighbor Berdasarkan Bentuk. Jurnal Ilmiah SINUS, 18(2), 1. https://doi.org/10.30646/sinus.v18i2.456

Jagoueix, S., Bove´, J. M., & Garnier, M. (1996). PCR detection of the two Candidatus Liberobacter species associated with greening disease of citrus. Molecular and Cellular Probes, 10(1), 43-50.

Pradana, I. M. A., & Karmini, N. L. (2022). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pendapatan petani jeruk di Desa Belok Sidan Kecamatan Petang Kabupaten Badung. E-Jurnal EP Unud, 10(12), 4977-5005. https://ojs.unud.ac.id/index.php/eep/article/view/77159

Priandana, K., Zulfikar, A., & Sukarman. (2016). Android-Based Mobile Munsell Soil Color Chart by Using HVC Color Model Histogram with KNN Classification. Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika, 3(2), 93-101.

Raharja, B. D., & Harsadi, P. (2018). Implementasi Kompresi Citra Digital Dengan Mengatur Kualitas Citra Digital. Jurnal Ilmiah SINUS, 16(2), 71–77. https://doi.org/10.30646/sinus.v16i2.363

Retnoningsih, E., & Pramudita, R. (2020). Mengenal Machine Learning Dengan Teknik Supervised Dan Unsupervised Learning Menggunakan Python. Bina Insani Ict Journal. Retrieved from http://101.255.92.196/index.php/BIICT/article/view/1422

Sanusi, H., Suryadi, H. S., & Susetianingtias, D. T. (2020). Pembuatan Aplikasi Klasifikasi Citra Daun Menggunakan Ruang Warna RGB Dan HSV. Jurnal Ilmiah Informatika Komputer, 24(3), 180-190.

Syafitri, N. (2010). Perbandingan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) dan Metode Nearest Cluster Classifier (NCC) dalam Pengklasifikasian Kualitas Batik Tulis. Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan, 2(1), 43-53.

Teixeira, D. C., Danet, J. L., Eveillard, S., Martins, E. C., de Jesus Jr., W. C., Yamamoto, P. T., ... & Bove, J. M. (2005). Citrus huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' Liberibacter species associated with the disease. Molecular and Cellular Probes, 19(3), 173-179.

Wardhani, I. P., & Widayati, S. (2019). Segmentasi Warna Citra HSV dan Deteksi Objek Kupu-Kupu Dengan Metode Klasifikasi K-Means. Prosiding SeNTIK, 3(1), 125-131.

Wibowo, S. A., & Usman, K. (2010). Voice Activity Detection G729B Improvement Technique Using K-Nearest Neighbor Method. International Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications (DFmA).

Wijaya, E. S., & Prayudi, Y. (2015). Integrasi Metode Steganografi DCS Pada Image Dengan Kriptografi Blowfish Sebagai Model Anti Forensik Untuk Keamanan Ganda Konten Digital. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi), pp. D11-D17.