

Artikel Penelitian (Teknik Informatika)

Klasifikasi Kerusakan (Cacat) pada Biji Kopi Arabika Menggunakan Algoritma KNN (K-Nearest Neighbor)

Wilda Rina Hasibuan^{1*}, Indah Purnama Sari², Mhd Basri²

¹ Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Sistem Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

² Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 26 Maret 2025

Revisi Akhir: 20 April 2025

Diterbitkan Online: 07 Mei 2025

KATA KUNCI

K-Nearest Neighbor (KNN)

Teachable Machine

Dataset MNIST

Citra Digital

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 853-7272-7267

E-mail: wildarina@umsu.ac.id

A B S T R A K

Penelitian ini mengkaji klasifikasi cacat pada biji kopi Arabika menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) di Koperasi Usaha Tani Gayo, Aceh Tengah. Kopi Arabika, dengan nilai ekonomis tinggi, sering kali dinilai secara subyektif oleh petani menggunakan indra manusia, yang kurang efektif. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode KNN untuk meningkatkan akurasi klasifikasi cacat biji kopi. Metode KNN, yang merupakan algoritma supervised, mengklasifikasikan objek berdasarkan kategori tetangga terdekatnya. Penelitian ini menggunakan citra digital berwarna yang diolah dengan web-tools Teachable Machine dan dataset MNIST. Dataset ini dibagi menjadi tiga bagian: pelatihan, validasi, dan pengujian. Gambar cacat biji kopi diklasifikasikan ke dalam 16 kelas, seperti Full Sour Bean, Full Black Bean, dan lainnya. Evaluasi menunjukkan bahwa model KNN memiliki akurasi tinggi dalam klasifikasi cacat biji kopi, meskipun membutuhkan waktu komputasi yang signifikan. Hasil penelitian diimplementasikan dalam aplikasi mobile berbasis Flutter dan bahasa pemrograman Dart, yang mempermudah proses klasifikasi cacat biji kopi Arabika di Koperasi Tani Gayo, meningkatkan kualitas dan efisiensi penentuan biji kopi.

PENDAHULUAN

Kopi adalah salah satu komoditas perkebunan yang sangat dibutuhkan oleh para petani kopi dan memiliki nilai ekonomi yang cukup besar. Kopi sangat populer di kalangan masyarakat, baik lokal maupun internasional. Kopi memiliki peran penting sebagai penyumbang devisa bagi negara. Selain itu, kopi juga menjadi sumber pendapatan utama bagi para petani kopi di Indonesia serta membuka peluang kerja bagi masyarakat. Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah merupakan wilayah dengan produksi kopi tertinggi di Provinsi Aceh. Luas lahan tanaman kopi di kedua kabupaten ini mencapai 80% atau sekitar 96 ribu hektar. Perkebunan kopi yang ada secara keseluruhan adalah milik masyarakat, yang melibatkan sebanyak 77 ribu kepala keluarga [1].

Koperasi Usaha Tani Gayo merupakan sebuah entitas bisnis yang berfokus pada proses serta ekspor komoditas kualitas kopi tidak semata-mata ditentukan oleh jenisnya. Kopi juga ditentukan berdasarkan kualitas dari kopi [2]. Kurang telitinya para petani dalam mengidentifikasi kualitas biji Kopi Arabika dengan menggunakan panca Indra seperti tangan, mata, aroma, sentuhan dan penciuman. Maka kurang efektif cara pemilihan biji kopi arabika terbaik.

Citra digital untuk menemukan suatu matriks yang di mana indeks baris dan kolomnya menunjukkan suatu lokasi pada citra tersebut. Elemen-elemen dalam matriks ini (elemen pada suatu gambar) merepresentasikan tingkat kecerahan pada lokasi yang bersangkutan. Dalam penelitian ini, digunakan gambar berwarna. Gambar berwarna terdiri dari tiga warna dasar, yaitu Merah, Hijau, dan Biru.

Dengan ini kita bisa Menggunakan pendekatan KNN (K-Nearest Neighbor) yang merupakan salah satu teknik dari algoritma pembelajaran terawasi (supervised learning), di mana hasil dari query instance dikelompokkan berdasarkan kategori mayoritas dari K tetangga terdekat. Algoritma ini dirancang untuk mengelompokkan objek-objek anyar berdasarkan karakteristik dan contoh yang diambil dari data pelatihan. Proses pengklasifikasian dilakukan dengan menentukan tetangga terdekat dari sampel data uji yang baru. Kedekatan atau jarak tetangga dihitung menggunakan jarak Euclidean [3,4,5].

TINJAUAN PUSTAKA

Machine Learning

Machine Learning adalah pendekatan yang menggunakan komputer, di mana perangkat tersebut dilengkapi kemampuan untuk belajar dari data tanpa perlu diprogram sebelumnya. Algoritma Machine Learning mengembangkan model matematis berdasar pada kumpulan data yang disebut "data pelatihan" untuk menghasilkan prediksi atau keputusan tanpa perlu diprogram secara langsung untuk melaksanakan tugas tersebut [6,7].

Teachable Machine

Teachable machine adalah sebuah perangkat yang memungkinkan pengguna untuk membuat model klasifikasi dengan cara yang sederhana, yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan aplikasi pembelajaran mesin. Machable machine yang disediakan oleh Google memanfaatkan sistem pembelajaran untuk menganalisis data tanpa perlu pengaturan yang jelas dalam pemrogramannya. Teachable Machine adalah alat yang dapat menangani berbagai jenis input, seperti gambar, suara, dan juga gerakan. Tujuannya adalah untuk mempermudah dalam mengklasifikasi model.

Metode KNN (K-Nearest Neighbor)

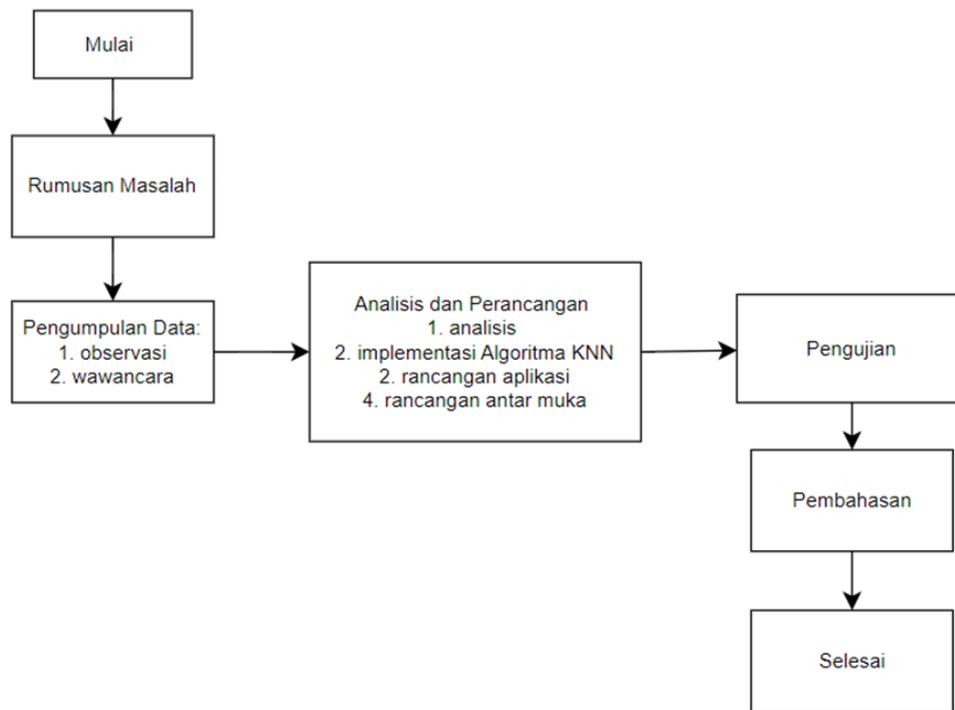
Metode K-Nearest Neighbor (KNN) adalah suatu teknik untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan data pelatihan yang memiliki jarak terdekat dengan objek yang sedang dianalisis. Nearest neighbor adalah metode yang digunakan untuk menemukan kasus dengan cara mengukur kesamaan antara kasus baru dan kasus yang sudah ada, dengan mempertimbangkan nilai serta bobot yang serupa. Sasaran dari metode KNN (K-Nearest Neighbor) adalah untuk mengklasifikasikan objek baru dengan menggunakan atribut serta sampel pelatihan [8,9].

Prinsip dasar K-Nearest Neighbor (KNN) adalah mengidentifikasi jarak terdekat antara data yang sedang dianalisis dengan K tetangga terdekat yang ada dalam dataset pelatihan. Metode ini tergolong dalam kategori klasifikasi nonparametrik. Metode KNN cukup mudah dipahami, beroperasi dengan cara mengukur jarak terdekat antara instance yang dicari dan sampel pelatihan untuk mengidentifikasi KNN-nya [10,11].

METODOLOGI

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan-Tahapan Penelitian

Gambar diatas merupakan kerangka berpikir dari penelitian yang saya lakukan. Dimulai dari rumusan masalah kemudian mengumpulkan data dengan cara observasi dan melakukan wawancara kepada pihak yang terkait. Setelah itu melakukan analisis dan merancang sistem. Setelah sistem dibangun maka tahap selanjut nya melakukan pengujian sistem. Kemudian mendapatkan hasil dan pembahasan tentang sistem tersebut dan selesai.

Teknik Analisis Data

Penulis menerapkan teknik analisis data melalui metode KNN dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan parameter dengan jumlah tetangga terdekat.
2. Menghitung kuadrat jarak setiap objek terhadap data sampel yang telah disediakan dengan memanfaatkan rumus di atas.
3. Selanjutnya mengelompokkan objek-objek tersebut berdasarkan jarak terdekat.
4. Mengumpulkan kategori klasifikasi KNN.
5. Dengan memanfaatkan kategori K-Nearest Neighbor yang paling berpengaruh, maka nilai query yang sudah dihitung dapat diprediksi.

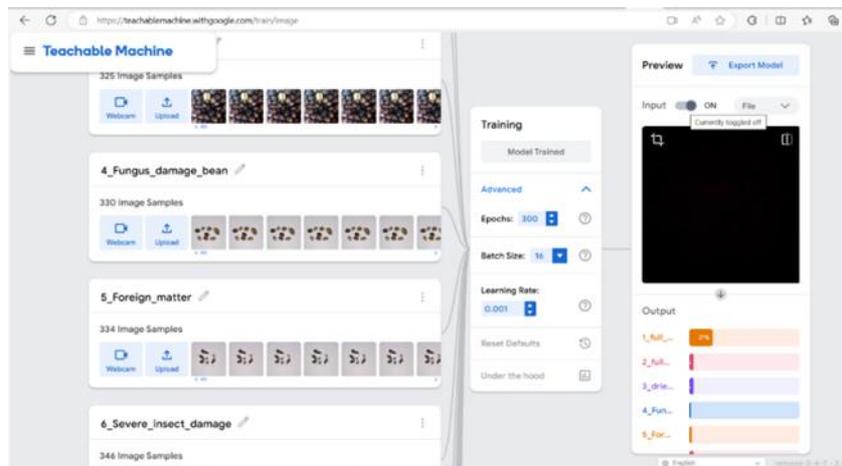
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Persiapan Dataset

Pada tahap ini data yang berupa gambar akan dilakukan proses training agar dapat menghasilkan model yang sesuai. Proses ini menggunakan sebuah web-tools teachable machine yakni sebuah aplikasi berbasis web yang digunakan untuk membuat model klasifikasi. Dan dataset yang digunakan adalah MNIST, yang terdiri dari gambar digit tulisan tangan berukuran 28x28 piksel. Kumpulan data ini terbagi menjadi tiga kategori: set pelatihan, set validasi, dan set pengujian. Data pelatihan dipakai untuk melatih model, sementara data validasi berfungsi untuk menguji model selama sesi pelatihan. Sedangkan data pengujian digunakan untuk menilai sejauh mana kinerja model setelah pelatihan selesai.

Gambar yang akan diklasifikasi berupa gambar defect pada kopi yang terbagi menjadi 16 class Full Sour Bean, Full Black Bean, Dried Cherry Pod, Fungus Damage Bean, Foreign Matter, Severe Insect Damage, Partian Black Bean, Partial Sour Bean, Parchment Pergamino Bean, Floater Bean, Immature Unripe Bean, Whitered Bean, Shell, Broken Chipped Cut, Hull Husk, Slight Insect Damage. Pengelompokkan cacat pada kopi yang dikategorikan pada bentuk defect. Sehingga

dapat membedakan objek gambar yang akan dihasilkan. Berikut ini merupakan tampilan web tools teachable machine pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Web Teachable Machine

Berdasarkan Gambar 2 merupakan tampilan dari hasil input dataset cacat pada kopi yang akan di-training menggunakan web tools teachable machine pada proses ini dataset di-training dengan mempertimbangkan jenis dataset, batch size dan juga learning rate.

Analisis Object Classification Class 1 Full Sour Bean

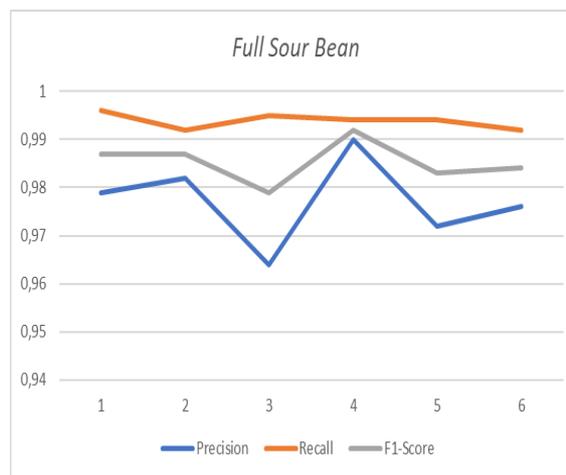
Pada penelitian ini menggunakan klasifikasi gambar pada kopi yang mempunyai defect yaitu Full Sour Bean. Hasil penelitian akan ditunjukkan menggunakan confusion matrix per objek dari klasifikasi gambarnya. Penelitian ini mengacu pada parameter dari object classification class 1 Full Sour Bean, oleh sebab itu parameter hasil dari confusion matrix didapatkan dari hasil training pada web tools teachable machine berdasarkan tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1. Object Classification Class 1 Full Sour Bean

<i>Epoch</i>	<i>Accuracy (%)</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
50	97,85	0,979	0,996	0,987
100	98,26	0,982	0,992	0,987
150	96,48	0,964	0,995	0,979
200	98,94	0,990	0,994	0,992
250	97,30	0,972	0,994	0,983
300	97,70	0,976	0,992	0,984
\bar{X}	97,75	0,977	0,993	0,968

Berdasarkan Tabel 1 merupakan hasil pengukuran dari parameter object classification Full Sour Bean untuk mengetahui precision, recall dan f1-score. Berdasarkan tabel 4.1 tersebut dapat diketahui bahwa nilai rata-rata dari akurasi yang didapatkan pada model bagian Full Sour Bean sebesar 97,75%.

Evaluasi F1-score nilai rata-rata nya sebesar 0,968 menunjukkan standar performa yang cukup tinggi. Nilai rata-rata precision dan recall yang merupakan variabel yang berpengaruh terhadap F1-score itu sendiri sebesar 0,977 dan 0,993. Berdasarkan data Berdasarkan Tabel 1 dapat ditentukan grafik dari perbandingan sebagai berikut.



Gambar 3. Performa Model Pada Object Classification Class 1 Full Sour Bean

Gambar 3 merupakan grafik performa dengan diperlihatkan f1-score dan juga accuracy. Berdasarkan Gambar 3 ialah hasil dari performa model, dapat disimpulkan bahwa besar nilai f1-score akan sama dengan accuracy.

Berdasarkan keseluruhan model yang didapatkan memiliki rata-rata accuracy sebesar 0,9795, nilai rata-rata precision sebesar 0,977, nilai rata-rata recall sebesar 0,993, dan nilai rata-rata f1-score sebesar 0,968, dari nilai rata-rata yang didapatkan pada penelitian ini, disimpulkan bahwa model yang diperoleh menggunakan web-tools teachable machine memiliki hasil learning dan prediction yang cukup baik, serta memiliki kehandalan dalam mendeteksi objek menggunakan kamera android, namun dalam proses pengambilan dataset-nya terdapat noise cahaya yang masuk tetapi bisa digunakan dalam mengenali objek.

Analisis Data Gambar Dengan K-Nearest Neighbor

Teknik pemrosesan gambar dan model K-Nearest Neighbor (KNN) untuk menganalisis dan memvisualisasikan kesamaan piksel antara gambar utuh dengan potongan gambar (crop). Teknik ini relevan untuk berbagai aplikasi seperti deteksi objek, segmentasi gambar, dan analisis tekstur. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan peta skor yang menunjukkan tingkat kesamaan antara piksel pada gambar utuh dengan piksel dari potongan gambar, yang divisualisasikan dalam beberapa format untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang distribusi kesamaan tersebut.

Pengumpulan dan Pra-Pemrosesan Data Gambar

Langkah awal dalam penelitian ini melibatkan pemuatan dan pra-pemrosesan gambar. Gambar utuh dan potongan gambar diambil dari direktori yang telah ditentukan. Kedua gambar tersebut diubah dari format BGR ke format RGB untuk kompatibilitas dengan pustaka visualisasi yang digunakan. Selanjutnya, nilai piksel dari kedua gambar dinormalisasi ke rentang [0, 1]. Proses normalisasi ini penting untuk memastikan bahwa nilai piksel berada dalam rentang yang konsisten untuk analisis lebih lanjut.

Pembangunan Model K-Nearest Neighbor

Untuk menganalisis kesamaan piksel, model K-Nearest Neighbor (KNN) dibuat dan dilatih menggunakan piksel dari potongan gambar. Dalam penelitian ini, kami menggunakan 3 tetangga terdekat (neighbors) untuk memprediksi kesamaan piksel. Setiap piksel dalam gambar utuh kemudian dievaluasi terhadap model ini untuk menentukan jarak rata-rata ke tetangga terdekat dalam ruang warna RGB. Metode KNN dipilih karena kemampuannya dalam mengukur kesamaan berdasarkan jarak dalam ruang fitur yang sederhana namun efektif. Untuk mendukung analisis statistik dari piksel, distribusi peluang diskret diperkirakan. Proses ini melibatkan pembentukan histogram dari nilai piksel dengan jumlah bin yang telah ditentukan, dan normalisasi distribusi dengan penambahan nilai prior untuk menghindari probabilitas nol. Estimasi distribusi peluang ini membantu dalam memahami distribusi kesamaan piksel dan memberikan dasar statistik untuk analisis lebih lanjut.

Visualisasi Hasil Analisis

Setelah peta skor dihitung berdasarkan jarak rata-rata dari tetangga terdekat untuk setiap piksel dalam gambar utuh, peta ini kemudian divisualisasikan dengan beberapa cara:

1. Menampilkan gambar asli untuk referensi visual.
2. Menampilkan peta skor dengan skala warna untuk menunjukkan variasi kesamaan.
3. Menampilkan peta skor biner berdasarkan ambang batas tertentu untuk mengidentifikasi area dengan kesamaan tinggi.
4. Menampilkan gambar asli yang dimasker dengan peta skor biner untuk menyoroti area yang relevan.

Visualisasi ini memberikan gambaran yang jelas tentang distribusi kesamaan piksel dan membantu dalam mengidentifikasi area dalam gambar utuh yang memiliki kesamaan tinggi dengan potongan gambar.



Gambar 4. Pemrosesan Data Gambar Menggunakan RGB

Gambar yang ditampilkan adalah peta skor dari sebuah gambar berdasarkan kesamaan piksel dengan potongan gambar (crop1) menggunakan model K-Nearest Neighbors (KNN). Peta skor ini menunjukkan intensitas kesamaan piksel dalam gambar asli dengan warna merah dan kuning. Area dengan warna lebih cerah menunjukkan kesamaan yang lebih tinggi.

Menghitung Accuracy Dengan K-Nearest Neighbor

Dalam eksperimen ini, penelitian mengadopsi algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk melakukan klasifikasi terhadap dataset MNIST yang terdiri dari gambar-gambar digit tulisan tangan. Dataset ini dibagi menjadi tiga bagian penting: data pelatihan, data validasi, dan data uji. Langkah awal dalam pengolahan data adalah melakukan normalisasi, di mana setiap nilai piksel dibagi dengan nilai maksimumnya. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses komputasi selanjutnya.

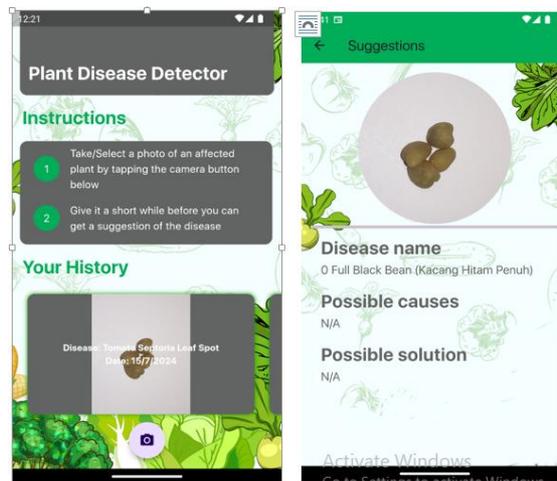
Model KNN dilatih menggunakan data pelatihan beserta label yang sesuai. Tujuan utama pelatihan adalah untuk memungkinkan model untuk menangkap pola-pola yang mungkin terdapat dalam dataset, sehingga nantinya dapat mengklasifikasikan data uji dengan tepat. Setelah pelatihan selesai, model tersebut diuji menggunakan data uji, dan performanya diukur menggunakan metrik akurasi. Akurasi ini mencerminkan persentase jumlah sampel yang berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh model.

Dalam eksperimen ini, nilai k untuk KNN ditetapkan sebagai 3. Ini berarti dalam proses klasifikasi, model akan mempertimbangkan tiga tetangga terdekat untuk setiap sampel yang akan diprediksi. Selain itu, dilakukan pengukuran terhadap waktu yang diperlukan baik untuk melatih model maupun melakukan prediksi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk melatih model adalah 0.06 detik, sementara waktu untuk melakukan prediksi pada data uji adalah 37.71 detik.

Hasil evaluasi ini memberikan gambaran yang komprehensif tentang kinerja model KNN dalam konteks klasifikasi dataset MNIST. Meskipun model memiliki akurasi yang tinggi, namun waktu komputasi yang signifikan untuk prediksi dapat menjadi pertimbangan penting, terutama dalam situasi yang memerlukan respons cepat atau pemrosesan data dalam skala besar.

Menampilkan Tampilan Aplikasi

Aplikasi yang ditampilkan adalah aplikasi berbasis mobile yang dirancang menggunakan flutter sebagai framework serta menggunakan bahasa pemrograman dart sebagai pembuatan aplikasi yang dirancang.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Pendeteksi Penyakit Kopi

Aplikasi pendeteksi penyakit tanaman pada halaman beranda menampilkan judul "Plant Disease Detector" di bagian atas, dengan instruksi bagi pengguna untuk mengambil atau memilih foto tanaman yang terinfeksi menggunakan tombol kamera di bawah. Setelah itu, pengguna diminta menunggu sebentar hingga aplikasi memberikan saran mengenai penyakit yang terdeteksi. Di bagian bawah terdapat riwayat foto tanaman yang telah dianalisis sebelumnya beserta diagnosis penyakitnya.

Halaman kedua aplikasi menampilkan judul "Suggestions" di bagian atas, dengan gambar close-up dari tanaman yang terinfeksi. Bagian ini memberikan rincian mengenai nama penyakit yang terdeteksi, seperti "Full Black Bean (Kacang Hitam Penuh)". Aplikasi ini secara keseluruhan berfungsi untuk mendeteksi penyakit pada tanaman dengan menyediakan diagnosis berdasarkan foto yang diambil atau dipilih oleh pengguna serta menampilkan riwayat diagnosis sebelumnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil menerapkan metode K-Nearest Neighbor (KNN) untuk klasifikasi defect pada biji kopi Arabika Gayo. Dari hasil pengujian yang dilakukan, metode KNN menunjukkan performa yang optimal dengan akurasi pelatihan dan pengujian yang konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa model KNN yang digunakan mampu mengklasifikasikan defect pada biji kopi dengan sangat baik tanpa adanya tanda-tanda overfitting atau underfitting. Kelebihan dari metode KNN yang diterapkan dalam penelitian ini termasuk kemampuannya untuk memberikan hasil klasifikasi yang akurat dan efisien. Namun, terdapat keterbatasan terkait dengan waktu komputasi yang diperlukan untuk proses prediksi, terutama dalam skala besar atau situasi yang memerlukan respons cepat. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam penerapan metode ini di lapangan. Implementasi sistem klasifikasi defect pada biji kopi Arabika ini memberikan manfaat signifikan bagi petani. Dengan adanya sistem ini, petani dapat lebih mudah dan cepat dalam menentukan kualitas biji kopi mereka, yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi kerja dan kualitas produk kopi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Cetak:

Buku

- [1] Indah Purnama Sari. Algoritma dan Pemrograman. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- [2] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- [3] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.
- [4] Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. Komputer dan Masyarakat. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- [5] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. Pengantar Bahasa Pemrograman Python. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- [6] Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. Perkembangan Teknologi Informatika. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158

Jurnal

- [7] Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. Proceeding International Seminar on Islamic Studies 5 (1), 1668-1676
- [8] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. 2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 486-491
- [9] Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 1-4
- [10] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. Hello World Jurnal Ilmu Komputer 2 (3), 146-157
- [11] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A, Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering 4 (2), 402-412
- [12] Sulaiman, O.K & Batubara, I.H. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIoCSIT) Journal 2 (2), 128-135
- [13] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects) 2 (1), 331-338
- [14] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering 2 (1), 139-144
- [15] Apdilah, D., & Sari, I.P. (2021). Optimization Of The Fuzzy C-Means Cluster Center For Credit Data Grouping Using Genetic Algorithms. Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIoCSIT) Journal 2 (2), 156-163