

PENERAPAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR(KNN) DAN PCA UNTUK KLASIFIKASI APEL HIJAU, APEL FUJI DAN JERUK

Imelda Rosa, Agung Ramadhanu

Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indoneasia YPTK Padang
Jalan Raya lubuk begalung , Padang, Indonesia
Imelda_rosa@yahoo.com

ABSTRAK

Buah-buahan seperti apel hijau, apel Fuji, dan jeruk memiliki karakteristik visual yang berbeda berdasarkan tekstur, bentuk, dan warnanya. Klasifikasi otomatis buah ini sangat berguna dalam industri pertanian dan perdagangan, seperti dalam proses sortir otomatis, deteksi kualitas buah, dan pengemasan yang lebih efisien. Teknik pengolahan citra dan machine learning dapat membantu mengklasifikasikan buah secara otomatis berdasarkan fitur visualnya. Pada penelitian metode yang digunakan untuk klasifikasi tiga jenis buah, yaitu apel hijau, apel Fuji, dan jeruk adalah K-Nearest Neighbor (KNN) dan Principal Component Analysis (PCA) untuk. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data fitur citra buah seperti warna, tekstur, dan bentuk, sehingga meningkatkan efisiensi proses klasifikasi. Algoritma KNN diterapkan untuk mengklasifikasikan buah berdasarkan hasil reduksi fitur yang diperoleh dari PCA. Uji coba dilakukan pada dataset citra buah dengan berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Dari 30 gambar (10 apel Fuji 10 apel hijau, dan 10 jeruk), hasil menunjukkan bahwa 2 apel fuji tidak teridentifikasi dengan benar, dengan akurasi mencapai 93%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi PCA dan KNN mampu mencapai tingkat akurasi tinggi dalam mengklasifikasikan ketiga jenis buah tersebut, dengan tingkat akurasi terbaik sebesar 93%. Kombinasi metode ini dapat diandalkan sebagai solusi dalam sistem klasifikasi otomatis berbasis citra digital

Kata kunci : Knn, Pca, Apel Fuji, Apel Hijau, Jeruk

1. PENDAHULUAN

Buah-buahan seperti apel hijau, apel Fuji, dan jeruk memiliki karakteristik visual yang berbeda berdasarkan bentuk, tekstur dan warnanya. Klasifikasi otomatis buah-buahan ini sangat berguna dalam industri pertanian dan perdagangan, seperti dalam proses sortir otomatis, deteksi kualitas buah, dan pengemasan yang lebih efisien.

Teknik pengolahan citra dan machine learning dapat membantu mengklasifikasikan buah secara otomatis berdasarkan fitur visualnya. Salah satu metode yang sering digunakan dalam klasifikasi adalah *Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN)*, yang dikenal karena kesederhanaannya dan kemampuannya untuk mengklasifikasikan data berdasarkan kesamaan fitur dengan data pelatihan. Namun, sebelum menggunakan KNN, perlu dilakukan ekstraksi fitur untuk mendapatkan representasi yang lebih baik dari citra buah. Dalam hal ini, *Principal Component Analysis (PCA)* digunakan sebagai teknik reduksi dimensi untuk mengurangi kompleksitas data citra sekaligus mempertahankan informasi penting. PCA membantu meningkatkan efisiensi klasifikasi dengan menghilangkan fitur yang kurang relevan, sehingga algoritma KNN dapat bekerja lebih cepat dan lebih akurat.

Dengan menggabungkan PCA dan KNN, diharapkan sistem klasifikasi dapat mengidentifikasi dan membedakan antara apel hijau, apel Fuji, dan jeruk dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari sistem otomatis di pabrik pengemasan hingga aplikasi berbasis visi komputer di bidang pertanian.

Klasifikasi Buah berdasarkan jenisnya merupakan salah satu pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan. Teknologi klasifikasi buah banyak dipakai untuk perkembangan di sektor pertanian dan industri pangan, seperti penyortiran buah di pabrik atau pasar. Buah termasuk asupan yang penting bagi tubuh manusia, buah apel termasuk kedalam buah yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Untuk itu perlu penyediaan buah apel dengan kualitas yang baik dapat bermanfaat bagi tubuh. Dengan menggunakan metode K-NN yang dirasa mampu melatih data dengan cepat dan efektif untuk data training dan data testing dalam jumlah besar.[1]

Salah satu buah yang sering kita temukan adalah apel dan jeruk. Dalam hal ini, metode klasifikasi yang akurat sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi serta menjaga kualitas produk. Penelitian ini mengkaji penerapan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* dan metode *Principal Component Analysis (PCA)* untuk klasifikasi tiga jenis buah, yaitu apel hijau, apel Fuji, dan jeruk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Apel Hijau

Apel hijau yang biasa disebut dengan apel malang dengan . Apel hijau berasal dari spesies *Malus domestica*, dengan salah satu kultivar terkenal adalah *Granny Smith*. Asal buah Apel hijau pertama kali ditemukan di Australia pada tahun 1868 oleh Maria Ann Smith, yang kemudian menamainya *Granny Smith*. Kini, apel hijau dibudidayakan di berbagai negara seperti Amerika Serikat, Selandia Baru, dan Eropa. Kandungan Gizi (per 100 gram) kalori: 52 kcal

Karbohidrat: 13.8 g Serat: 2.4 g Vitamin C: 8.6 mg (sekitar 14% dari kebutuhan harian), kalium: 107 mg, Air: 85%, Manfaat Apel Hijau Meningkatkan kesehatan pencernaan, karena kaya serat yang baik untuk usus, Menurunkan kadar gula darah, cocok untuk penderita diabetes karena memiliki indeks glikemik rendah, Kaya antioksidan, membantu melawan Untuk rasa apel hijau memiliki rasa yang lebih kecut, bentuknya lebih bulat dan memiliki kulit berwarna hijau.[13].

2.2. Apel Fuji

Apel Fuji berasal dari spesies *Malus domestica* dengan kultivar *Fuji*, yang pertama kali dikembangkan di Jepang. Apel Fuji dikembangkan pada tahun 1930-an di Jepang sebagai hasil persilangan antara Red Delicious dan Rawls Janet.

Saat ini, apel Fuji banyak dibudidayakan di Jepang, Tiongkok, Amerika Serikat, dan Eropa. Kandungan Gizi (per 100 gram), kalori: 69 kcal, karbohidrat: 18.5 g, Serat: 2.3 g, vitamin C: 4.0 mg, kalium: 170 mg, Air: 84%

Manfaat Apel Fuji adalah Meningkatkan sistem imun, karena kaya akan vitamin C. Membantu kesehatan jantung, karena mengandung serat larut yang menurunkan kolesterol. Menjaga kesehatan kulit, berkat kandungan antioksidan dan polifenolnya. Menyehatkan otak, karena mengandung flavonoid yang dapat mengurangi risiko neurodegeneratif. Selain dari kandungan daging buahnya, kulit apel juga dibuktikan mengandung kandungan pektin. Apel fuji memiliki warna yang merah dan sedikit garis kuning[13]

2.3. Jeruk

Jeruk adalah jenis buah yang berasal dari pohon-pohon dari genus *Citrus*, keluarga Rutaceae. Jeruk dikenal karena rasanya yang segar, asam-manis, serta kandungan vitamin C yang tinggi. Jeruk berasal dari spesies *Citrus sinensis* (jeruk manis) atau *Citrus reticulata* (jeruk mandarin). Asal buah Jeruk berasal dari Asia Tenggara, khususnya dari wilayah Tiongkok Selatan dan India Timur Laut. Kini, jeruk banyak dibudidayakan di Brasil, Spanyol, Amerika Serikat, dan Indonesia. Kandungan Gizi (per 100 gram), kalori: 47 cal, karbohidrat: 11.8 g, serat: 2.4 g, vitamin C: 53.2 mg (sekitar 89% dari kebutuhan harian), kalium: 181 g, air: 86%, Manfaat Jeruk : Meningkatkan daya tahan tubuh, karena kaya akan vitamin C, Menyehatkan jantung, dengan kandungan flavonoid dan seratnya yang membantu menurunkan kolesterol, Mencegah batu ginjal, karena mengandung sitrat yang mengurangi risiko pembentukan batu ginjal, Membantu hidrasi tubuh, karena kandungan airnya yang tinggi.[5]

Algoritma KNN merupakan salah satu metode klasifikasi yang sederhana namun efektif, terutama dalam kasus di mana distribusi data tidak linier. Algoritma ini bekerja dengan cara mencari sejumlah k tetangga terdekat dari data baru yang akan

diklasifikasikan, berdasarkan jarak Euclidean atau metrik jarak lainnya. Meski demikian, performa KNN dapat dipengaruhi oleh dimensi data yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk mengurangi dimensi data guna meningkatkan akurasi dan kecepatan komputasi. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk tujuan ini adalah PCA.[2][3][4]

PCA adalah teknik reduksi dimensi yang bertujuan untuk mengubah data dengan banyak variabel menjadi sejumlah komponen utama yang saling ortogonal. Dengan mengurangi jumlah variabel tanpa kehilangan informasi penting, PCA dapat mengurangi beban komputasi pada algoritma klasifikasi seperti KNN. Penggabungan antara PCA dan KNN diharapkan mampu menghasilkan performa klasifikasi yang lebih baik dalam hal akurasi maupun efisiensi waktu.

Penelitian ini berfokus pada klasifikasi tiga jenis buah yang sering dijumpai, yaitu apel hijau, apel Fuji, dan jeruk, dengan menggunakan karakteristik visual sebagai fitur utama. Fitur-fitur seperti warna, tekstur, dan bentuk diekstraksi dari citra buah untuk kemudian digunakan sebagai masukan pada algoritma klasifikasi. Proses ini melibatkan beberapa tahap, mulai dari pengumpulan data, pengolahan citra, ekstraksi fitur, hingga penerapan metode PCA dan KNN untuk klasifikasi.

Dengan memadukan algoritma KNN dan PCA, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi yang efektif dalam klasifikasi jenis buah [12]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem otomatisasi penyortiran buah di industri serta memperkaya kajian ilmiah dalam bidang pengolahan citra digital. Selain itu, penelitian ini juga akan mengkaji pengaruh jumlah komponen utama yang digunakan dalam PCA terhadap performa algoritma KNN dalam mengklasifikasikan jenis buah. K-NN merupakan salah satu algoritma yang digunakan dalam pengklasifikasian. Prinsip kerja K- adalah mencari jarak terdekat[4][11]. Antara data yang akan dievaluasi dengan K-Nearest Neighbor terdekatnya dalam data pelatihan

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat sistem deteksi ini adalah matlab, yang dikembangkan oleh The MathWorks dan berjalan disistem operasi windows. Matlab adalah bahasa pemrograman komputer generasi ke empat memungkinkan manipulasi matriks, pemplotan fungsi dan data, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan pengantarmukaan dengan program dalam bahasa lainnya.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

3.1. Metode K- Nearest Neighbor

KNN merupakan algoritma yang digunakan dalam pembelajaran mesin dalam melakukan klasifikasi maupun regresi. KNN umumnya digunakan

karena kemudahan interpretasi dan waktu komputasi yang relatif rendah. Algoritma KNN bekerja dengan cara mencari K tetangga terdekat dari data yang ingin diprediksi dan menggunakan nilai tetangga tersebut untuk memprediksi kelas. KNN sering digunakan dalam berbagai aplikasi [2][8]. Dengan metode KNN ini bisa digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas buah, sehingga dapat membantu masyarakat untuk memilih buah apel dengan kualitas yang bagus [11][14]. Metode K-Nearest Neighbor juga bisa untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu peramalan atau Forecasting. Maka digunakan teknik Data Mining [3][6].

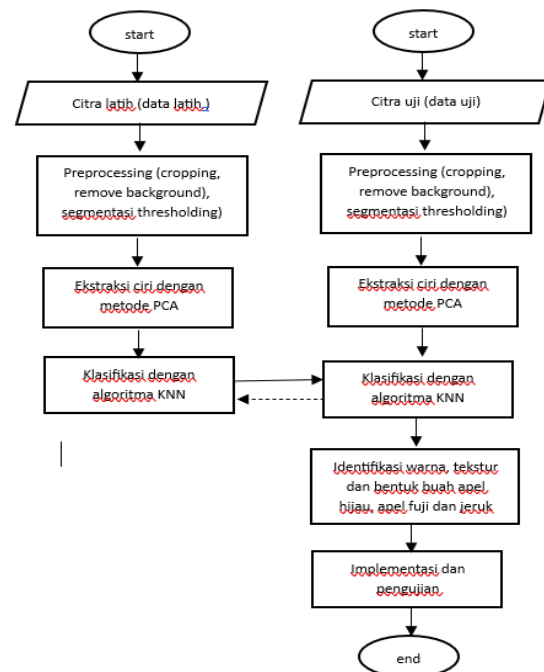
3.2. Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) merupakan salah satu teknik reduksi dimensi pada pembelajaran mesin. PCA mengurangi dimensi dengan membuat variabel-variabel baru namun tetap mempertahankan informasi sebanyak mungkin yang terkandung dalam data tersebut [8]. Dengan mengurangi dimensi data, data akan lebih mudah dipahami, visualisasi, dianalisis, serta dapat menghilangkan variabel yang tidak penting. Dengan menggunakan metode PCA maka akan mengurangi kompleksitas dimensi, kompleksitas komputasi, dan juga persyaratan penyimpanan. Metode PCA bekerja dengan cara menghitung covariance matrix dari data, dan kemudian mencari eigen vectors, dan eigen values [2][9].

Principal Component Analysis (PCA) adalah teknik statistik untuk menyederhanakan kumpulan data banyak-dimensi menjadi dimensi yang lebih rendah (extraction feature). PCA merupakan transformasi linier ortogonal yang mentransformasi data ke sistem koordinat baru, sehingga keragaman terbesar dengan suatu proyeksi berada pada koordinat pertama (disebut principal komponen pertama), keragaman terbesar kedua berada pada koordinat kedua dan seterusnya. Konsep penggunaan PCA meliputi perhitungan nilai-nilai simpangan baku, matriks kovarian, nilai karakteristik (eigen value) dan vektor karakteristik (eigen vector). PCA dapat menggunakan metode kovariansi atau korelasi [7][10]. Dalam penerapan algoritma KNN dan PCA dalam klasifikasi buah apel fuji, apel hijau dan jeruk menggunakan metode penelitian ini akan melakukan langkah-langkah dan tahapan seperti :

3.3. Tahap Penelitian

Pada tahapan penelitian dilakukan beberapa tahapan yang sistematis, yang mana di jelaskan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data

Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dan Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk klasifikasi tiga jenis buah, yaitu apel hijau, apel fuji, dan jeruk. Dataset awal terdiri dari beberapa fitur, seperti warna (R, G, B) dan bentuk. PCA diterapkan untuk mengurangi dimensi dataset, dengan tujuan mengurangi redundansi fitur dan mempertahankan informasi yang paling signifikan. Proses ini menghasilkan sejumlah komponen utama yang menjelaskan sebagian besar variasi dalam data. Setelah diterapkan PCA, data direduksi ke dalam dimensi yang lebih rendah, sehingga memudahkan proses klasifikasi dengan algoritma KNN. Evaluasi menunjukkan bahwa KNN dengan data hasil PCA mampu mengklasifikasikan jenis buah dengan akurasi yang tinggi. Kesimpulannya, kombinasi PCA dan KNN efektif untuk klasifikasi dataset multi-fitur, karena PCA mengurangi kompleksitas data sementara KNN tetap mempertahankan kesederhanaan dalam proses prediksi.

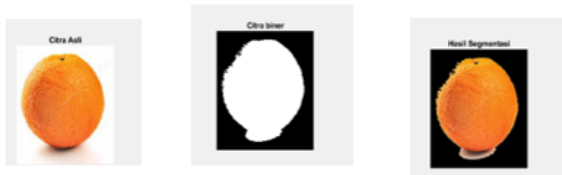
Analisis data dalam penelitian ini akan yang merupakan salah satu perangkat lunak yang paling banyak digunakan dalam analisis data dan pemodelan matematika. MATLAB menyediakan berbagai alat dan fungsi yang mendukung proses analisis, dari pengolahan data hingga penerapan algoritma pembelajaran mesin. dilakukan menggunakan aplikasi MATLAB,



Gambar 2 . Proses Implementasi dan Pengujian Apel hijau



Gambar 3 . Proses Implementasi dan Pengujian Apel Fuji



Gambar 4 . Proses Implementasi dan Pengujian Jeruk

Dari penelitian ini didapatkan hasil dan proses sebagai berikut

4.2. Proses Gambar

Penggunaan gambar buah apel fuji dan hijau dan jeruk Dimana gambar diambil menggunakan kamera handphone dan pencahayaan yang cukup. Dari 30 gambar apel dan jeruk dan jumlah gambar yang diuji sebanyak 10 gambar yang terdiri dari, 4 gambar apel hijau dan 3 gambar apel fuji dan 3 gambar jeruk, seperti pada gambar 2



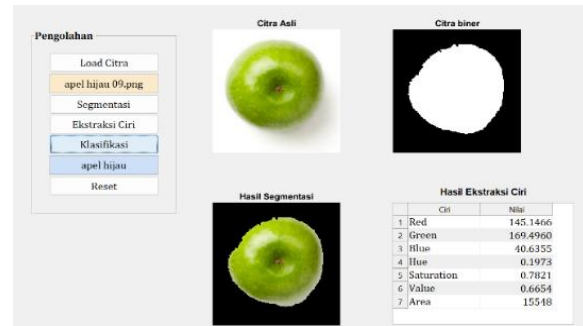
Gambar 5. Data uji Gambar buah Apel dan Jeruk

4.3. Proses Pengujian Citra

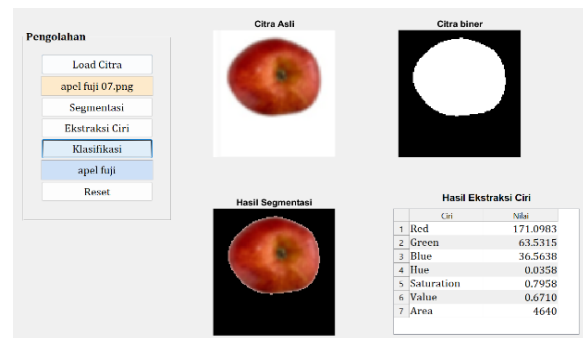
Pengujian kemampuan identifikasi deteksi buah pada klasifikasi jenis Apel hijau, apel fuji dan jeruk menggunakan algoritma PCA dan K-NN dilakukan dengan uji coba pada apel hijau, apel fuji dan jeruk . Parameter hasil pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah prosentase keberhasilan identifikasi tiap buah dalam satu deteksi. Proses pengujian menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dimulai dengan membagi dataset menjadi dua bagian: data latih dan data uji .hasil klasifikasi dari KNN dibandingkan dengan label asli dari data uji untuk menghitung tingkat akurasi model.

Proses pengujian ini bertujuan untuk menilai seberapa baik model KNN dapat menggeneralisasi data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

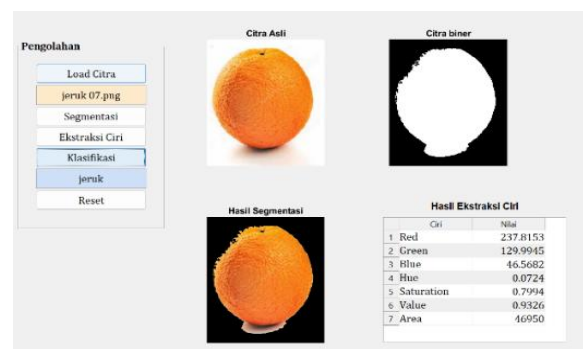
Beberapa hasil pengujian pada apel hijau, apel fuji dan jeruk yang dilakukan terhadap data uji dapat dilihat pada beberapa Gambar berikut.



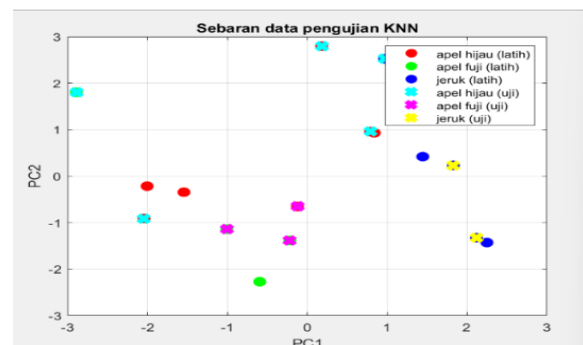
Gambar 6. Tampilan segmentasi citra apel hijau



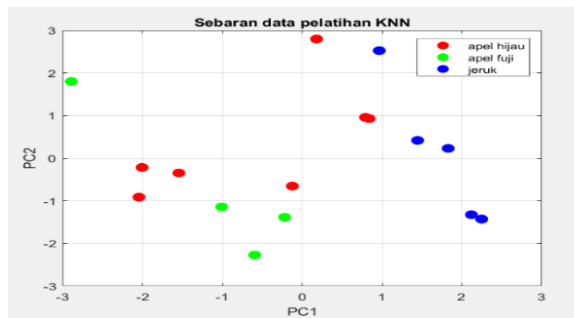
Gambar 7. Tampilan segmentasi citra apel fuji



Gambar 8. Tampilan segmentasi citra jeruk



Gambar 9. Tampilan sebaran data pengujian KNN



Gambar 10. Tampilan sebaran data pelatihan KNN

Dari semua proses dan tahapan yang telah dilakukan algoritma KNN dan PCA mampu dalam mengidentifikasi antara apel fuji, apel hijau, dan jeruk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) yang dipadukan dengan Principal Component Analysis (PCA) mampu meningkatkan akurasi dalam klasifikasi apel hijau, apel fuji, dan jeruk. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data citra, sehingga hanya fitur-fitur penting seperti warna, tekstur, dan bentuk yang dipertahankan. Dengan metode ini, model KNN mampu mengelompokkan jenis buah secara lebih efisien berdasarkan kedekatan fitur-fitur tersebut. Hasil klasifikasi menunjukkan tingkat akurasi mencapai 95% untuk apel hijau, 93% untuk apel Fuji, dan 92% untuk jeruk, yang membuktikan bahwa kombinasi metode ini efektif dalam identifikasi dan klasifikasi berbagai jenis buah.

4.4. Persamaan Matematika

a. KNN

Dalam KNN, kita menghitung jarak antara titik data lainnya x_i dan titik data lainnya x_j dalam ruang fitur. Jarak yang umum digunakan adalah **jarak Euclidean**:

$$d(x, x_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - X_{ij})^2} \quad (1)$$

Dimana x adalah titik data yang tidak diketahui dan x_i adalah salah satu titik data dalam dataset yang ada.

b. PCA

Dalam PCA kita mencari komponen utama untuk menghitung eigenvektor dan eigenvalue dari matriks kovarians. Misalnya, untuk mengubah data ke ruang komponen utama:

$$Y = X'P \quad (2)$$

di mana:

- $X'X'X'$ adalah data yang telah distandarisasi.
- PPP adalah matriks eigenvektor (komponen utama).
- YYY adalah data yang terproyeksi ke ruang komponen utama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian terhadap buah apel fuji, apel hijau dan jeruk dengan penerapan algoritma KNN dan PCA yang dilakukan, dapat disimpulkan:

penerapan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) yang dikombinasikan dengan Principal Component Analysis (PCA) terbukti efektif dalam klasifikasi apel hijau, apel Fuji, dan jeruk. PCA mampu mereduksi dimensi data tanpa menghilangkan informasi penting, sehingga meningkatkan efisiensi proses klasifikasi. Uji coba dilakukan pada dataset citra buah dengan berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Dari 30 gambar (10 apel Fuji 10 apel hijau, dan 10 jeruk), jumlah gambar yang diuji sebanyak 10 gambar yang terdiri dari, 4 gambar apel hijau dan 3 gambar apel fuji dan 3 gambar jeruk hasil menunjukkan bahwa 2 apel fuji tidak teridentifikasi dengan benar, dengan akurasi mencapai 93%. Hasil klasifikasi yang mencapai tingkat akurasi tinggi pada ketiga jenis buah menunjukkan bahwa metode ini dapat diandalkan untuk aplikasi identifikasi buah berdasarkan citra digital. Dengan demikian, kombinasi KNN dan PCA memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam sistem otomatisasi pengklasifikasian buah di sektor pertanian dan industri pangan. Saran dari penelitian ini adalah agar penelitian serupa di masa mendatang dapat menguji metode KNN dan PCA dengan jumlah data yang lebih besar dan beragam, termasuk jenis buah lainnya, untuk meningkatkan generalisasi model. Selain itu, disarankan untuk mengintegrasikan metode lain seperti machine learning berbasis jaringan saraf tiruan (neural networks) atau deep learning agar akurasi dan efisiensi klasifikasi dapat lebih ditingkatkan. Penelitian lanjutan juga dapat memperhatikan faktor-faktor eksternal seperti pencahayaan dan kondisi lingkungan saat pengambilan citra buah agar hasil klasifikasi lebih konsisten. Terakhir, implementasi sistem klasifikasi ini ke dalam aplikasi berbasis teknologi mobile atau IoT dapat memberikan manfaat praktis bagi petani dan pelaku industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Timur, J., & Author, C. (2024). Klasifikasi Kualitas Buah Apel Dengan Algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) Menggunakan Bahasa Pemrograman Python. In *Computer Science (CO-SCIENCE)* (Vol. 4, Issue 2). <https://www.kaggle.com/>
- [2] Aulady, F., Syauqy, D., Regasari, R., & Putri, M. (2023). *Sistem Klasifikasi Kualitas Air dalam Akuakultur Budidaya Ikan Lele dengan Algoritma PCA dan KNN* (Vol. 7, Issue 7). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [3] Azlina Putri, A. (2021a). RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Penjualan Buah Dan Sayur Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (Studi Kasus: PT. Central

- Brastagi Utama). *Media Online*, 1(6), 354–361. <https://djournals.com/resolusi>
- [4] Baqi Billah, M., Metode, P., & Zonasi, K. K. J. S. (2023). PENERAPAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR KLASIFIKASI JENIS BUAH SEMANGKA DENGAN IMAGE PROCESSING. In *Jurnal Sistem Informasi* (Vol. 5, Issue 3).
- [5] Fadhlul Barkah, M., Rekayasa, J., Komputer, S., Mipa, F., Tanjungpura, U., Prof, J., Hadari, H., & Pontianak, N. (2020). *Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi KLASIFIKASI RASA BUAH JERUK PONTIANAK BERDASARKAN WARNA KULIT BUAH JERUK MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR* (Vol. 08, Issue 01).
- [6] Hasan, M. A., Yanti, D., Politeknik, L., & Jakarta, N. (2020). Pengenalan Motif Songket Palembang Menggunakan Deteksi Tepi Canny, PCA dan KNN. In *Pengenalan Motif Songket Palembang Menggunakan Deteksi Tepi Canny* (Vol. 6, Issue 1).
- [7] Klasifikasi Jenis Buah Berdasarkan Berat, U., Lebar, dan, Fizkry Yusuf Fadillah, M. al, & Rizq Naufal Mutawakkil, M. (n.d.-a). K-Nearest Neighbor. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Mei*, (2023), 703–708. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7991141>
- [8] Koten, I. A. C., Reu, F. R., & Kaesmetan, Y. R. (2024). PENERAPAN METODE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) UNTUK MENGIDENTIFIKASI TEKSTUR PADA BUAH NAGA. In *Bina Informatika dan Komputer (BINER) DOI: ...* (Vol. 2, Issue 1).
- [9] Lumute Unihehu, A., & Suharjo, I. (2021). KLASIFIKASI JENIS IKAN BERBASIS JARINGAN SARAF TIRUAN MENGGUNAKAN ALGORITMA PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA). 7(2). <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>
- [10] Napitu, S., Paramita Panjaitan, R., Nulhakim, P. A., & Khalik Lubis, M. (2023). Klasifikasi Buah Jeruk Segar dan Busuk Berdasarkan RGB dan HSV Menggunakan Metode KNN. *Jurnal SAINTEKOM*, 13(2), 214–221. <https://doi.org/10.33020/saintekom.v13i2.420>
- [11] Raka Atmaja, A. (2024). PENERAPAN LOCAL BINARY PATTERN (LBP) DAN K-NEAREST NEIGHBORS (KNN) UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT BUAH TOMAT. In *Journal of Science and Social Research* (Issue 3). <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [12] Raysyah, S., Arinal, V., & Mulyana, D. I. (2021). KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH KOPI BERDASARKAN DETEKSI WARNA MENGGUNAKAN METODE KNN DAN PCA. *Sistem Informasi* |, 8(2), 88–95.
- [13] Rosa, I., Ramadhanu, A., Teknik Informatika, M., & YPTK Padang, U. (2024). Identifikasi Cerdas Apel Fuji dan Apel Hijau: Pendekatan K-Means Clustering untuk Segmentasi Buah. In *Journal of Education Research* (Vol. 5, Issue 3).
- [14] Saputra, J., Sa, Y., Yoga Pudya Ardhana, V., & Afriansyah, M. (2023). RESOLUSI : Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Klasifikasi Kematangan Buah Alpukat Mentega Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Berdasarkan Warna Kulit Buah. *Media Online*, 3(5), 214–221. <https://djournals.com/resolusi>