



Integrasi PCA dan KNN Untuk Klasifikasi 5 Jenis Citra Bunga Berbasis Warna dan Tekstur

Finnia Li, Noel Liman, Angel Fransisca Wijaya

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Email: finnia.535220030@stu.untar.ac.id, noel.535230067@stu.untar.ac.id,
angel.825230065@stu.untar.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi mendorong pemanfaatan image processing dan machine learning dalam proses identifikasi objek berbasis citra, termasuk pada klasifikasi bunga yang memiliki variasi warna, bentuk, dan tekstur yang beragam. Tantangan utama dalam klasifikasi citra bunga terletak pada tingginya dimensi fitur yang dapat meningkatkan kompleksitas komputasi dan menurunkan performa model. Penelitian ini mengusulkan integrasi metode Principal Component Analysis (PCA) dan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mengklasifikasikan lima jenis bunga khas Indonesia, yaitu Anggrek Tebu, Bunga Sepatu, Kantong Semar, Melati Putih, dan Rafflesia Arnoldii. Proses penelitian dimulai dengan pra-pemrosesan citra, dilanjutkan dengan ekstraksi fitur warna (RGB dan HSV), bentuk, serta tekstur menggunakan metode LBP dan GLCM. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi fitur agar lebih sederhana namun tetap representatif, sedangkan KNN digunakan untuk melakukan klasifikasi berdasarkan kedekatan jarak antar sampel. Berdasarkan hasil pengujian, kombinasi PCA dan KNN menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 72%. Kelas Rafflesia Arnoldii menunjukkan performa paling tinggi, sedangkan Bunga Sepatu memiliki tingkat akurasi terendah karena kemiripan tekstur dan warna dengan kelas lain. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi PCA dan KNN efektif dalam meningkatkan efisiensi komputasi sekaligus mempertahankan akurasi klasifikasi citra bunga.

Kata Kunci: PCA, KNN, Ekstraksi Fitur, Klasifikasi, Citra Bunga

Abstract

The development of information technology has encouraged the application of image processing and machine learning in object recognition, including flower classification which involves diverse variations in color, shape, and texture. One of the main challenges in flower image classification lies in the high dimensionality of extracted features, which can increase computational complexity and reduce model performance. This study proposes the integration of Principal Component Analysis (PCA) and the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm to classify five types of Indonesian flowers, namely Anggrek Tebu, Bunga Sepatu, Kantong Semar, Melati Putih, and Rafflesia Arnoldii. The research process includes image preprocessing, feature extraction of color (RGB and HSV), shape, and texture using LBP and GLCM methods. PCA is applied to reduce the dimensionality of the extracted features while maintaining the essential information, and KNN is used to perform classification based on the similarity between feature vectors. The experimental results show that the integration of PCA and KNN achieves an overall classification accuracy of 72%. Rafflesia Arnoldii demonstrated the highest performance, while Bunga Sepatu showed lower accuracy due to visual similarities with other classes. These results indicate that combining PCA and KNN provides an efficient and reliable approach for flower image classification.

Keywords: PCA, KNN, Feature Extraction, Flower Image Classification, Machine Learning

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah mendorong perkembangan metode analisis data dalam berbagai bidang, termasuk bidang pengolahan citra digital (*image processing*). Salah satu penerapan penting dari pengolahan citra adalah pada pengenalan dan klasifikasi objek berbasis gambar (Tu et al., 2018). Dalam konteks ini, bunga merupakan objek penelitian yang menarik karena memiliki variasi warna, bentuk, dan tekstur yang unik. Penerapan metode klasifikasi berbasis teknologi *machine learning* menjadi penting untuk mempermudah proses identifikasi otomatis pada data citra bunga, sehingga metode ini cukup efektif dan akurat untuk membedakan antar spesies (Sari & Wulanningrum, 2021).

Selain itu, kombinasi PCA–KNN juga menjadi alternatif yang lebih ringan dibandingkan metode deep learning seperti Convolutional Neural Network (CNN) yang memerlukan computational cost tinggi dan sumber daya perangkat keras besar untuk pelatihan model. PCA bekerja dengan mereduksi dimensi data tanpa kehilangan informasi penting, sehingga dapat mempercepat proses komputasi dan mengurangi risiko overfitting, terutama pada dataset dengan jumlah citra yang terbatas. Sementara itu, KNN merupakan algoritma non-parametrik yang sederhana namun efektif dalam mengklasifikasikan data berbasis jarak Euclidean, tanpa memerlukan proses pelatihan kompleks seperti pada jaringan saraf dalam. Oleh karena itu, pendekatan PCA–KNN dianggap efisien dan praktis untuk penelitian klasifikasi citra bunga berskala kecil hingga menengah, di mana kebutuhan akan keseimbangan antara akurasi, waktu komputasi, dan efisiensi sumber daya menjadi prioritas utama.

Penelitian sebelumnya telah banyak mengeksplorasi berbagai metode untuk klasifikasi citra bunga. Beberapa penelitian menggunakan algoritma seperti K-Means dan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk pengklasifikasian citra bunga lokal dengan akurasi mencapai 85% setelah melalui proses segmentasi (Worung, Sompie, & Jacobus, 2020a). Penelitian lain berfokus pada klasifikasi bunga mawar menggunakan KNN dengan ekstraksi fitur warna RGB (rata-rata *Red*, *Green*, *Blue*), HSV (rata-rata *Hue*, *Saturation*, *Value*) dan tekstur Local Binary Pattern (LBP), yang menghasilkan akurasi sebesar 87,50% (Hayati, 2023). Selain itu, penggunaan Principal Component Analysis (PCA) untuk reduksi dimensi sebelum klasifikasi juga terbukti dapat meningkatkan performa, seperti yang ditunjukkan pada klasifikasi dataset Iris dengan Decision Tree yang akurasinya meningkat menjadi 95,33% setelah optimasi dengan PCA (Handayani, 2020). Dalam konteks klasifikasi citra bunga, PCA dan algoritma KNN telah banyak digunakan karena sifatnya yang sederhana dan efisien (Worung, Sompie, & Jacobus, 2020b). PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data hasil ekstraksi fitur warna dan tekstur, sedangkan KNN berperan sebagai algoritma klasifikasi yang menilai kesamaan antar data berdasarkan jarak *Euclidean* (Gupta & Mittal, 2018).

Dalam penelitian ini, PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data hasil ekstraksi fitur warna dan tekstur agar lebih efisien sebelum diklasifikasikan menggunakan algoritma KNN guna meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam proses pengenalan citra bunga (Hasan & Abdulazeez, 2021). Selain itu, metode ekstraksi fitur warna berbasis histogram RGB juga diterapkan untuk memperoleh representasi warna yang lebih akurat dalam proses klasifikasi citra bunga (Sugandi et al., n.d.). Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis pengaruh reduksi dimensi terhadap peningkatan performa model klasifikasi (Hasan Efendi, Pratama, & Daniati, 2025). Selain itu, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan algoritma KNN mampu meningkatkan akurasi klasifikasi secara signifikan karena kemampuannya dalam mengelompokkan data berdasarkan jarak terdekat antar sampel, serta memberikan hasil prediksi yang konsisten dan dapat diandalkan dalam pengenalan pola citra (Jurnal, Rahman, Fatah, & Prasetyo, 2024).

Penggunaan metode PCA terbukti mampu meningkatkan akurasi algoritma KNN dengan cara menyederhanakan atribut atau fitur yang kurang relevan tanpa mengurangi makna data aslinya, sehingga proses klasifikasi menjadi lebih efisien dan akurat (Lubis, Sihombing, & Nababan, 2020). Kombinasi PCA dan KNN diterapkan untuk mengoptimalkan proses klasifikasi lima jenis bunga berdasarkan fitur warna dan tekstur, dengan harapan dapat mempercepat waktu komputasi sekaligus mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi (Borman et al., 2021). Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa kombinasi metode ekstraksi fitur GLCM dan algoritma KNN mampu memberikan hasil identifikasi citra bunga dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, yakni mencapai sekitar 80%, sehingga membuktikan efektivitas kedua metode tersebut dalam pengenalan pola citra berbasis warna dan tekstur (Pamungkas, 2019). Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan sistem klasifikasi citra bunga yang adaptif, efektif, serta dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sistem

identifikasi objek berbasis citra digital di masa mendatang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan kombinasi ekstraksi fitur warna dan tekstur pada citra bunga, mereduksi dimensi menggunakan PCA, kemudian mengklasifikasikan menggunakan KNN dengan tujuan meningkatkan akurasi dan efisiensi identifikasi otomatis lima jenis bunga; manfaat penelitian ini adalah memberikan kerangka yang lebih kuat dan praktis untuk sistem klasifikasi citra bunga yang dapat digunakan dalam aplikasi pertanian, hortikultura, atau konservasi tumbuhan, serta memperluas literatur terkait machine learning untuk pengolahan citra dalam konteks objek alami.

METODE PENELITIAN

Penelitian Penelitian ini menggunakan alur kerja yang sistematis dan terstruktur. Tahap pertama adalah pengumpulan data, di mana dataset terdiri atas 500 citra bunga khas Indonesia yang terbagi menjadi lima kelas, masing-masing berjumlah 100 citra. Setiap citra dinamai berdasarkan urutan dan kelas bunganya. Seluruh citra tersebut digabungkan menjadi satu dataset tanpa pemisahan antara data latih dan data uji, untuk kemudian digunakan langsung dalam proses ekstraksi fitur dan klasifikasi.

Tahap berikutnya meliputi pra-pemrosesan dan ekstraksi fitur. Proses pra-pemrosesan dimulai dengan segmentasi citra untuk memisahkan objek bunga dari latar belakang melalui konversi ke format grayscale dan biner, kemudian disempurnakan menggunakan operasi morfologi agar bentuk objek terlihat lebih jelas dan konsisten. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa informasi penting dari objek bunga dapat diambil secara optimal tanpa terganggu oleh latar belakang atau noise yang tidak relevan.

Dari hasil segmentasi tersebut, dilakukan ekstraksi fitur yang mencakup warna, bentuk, dan tekstur (Sugandi et al., n.d.). Fitur warna diambil dari ruang RGB dan HSV untuk merepresentasikan karakteristik warna bunga secara lebih komprehensif (Farokhah & Korespondensi, 2020). Kombinasi kedua ruang warna ini memberikan keunggulan karena RGB mampu menangkap informasi intensitas warna asli, sedangkan HSV lebih stabil terhadap variasi pencahayaan. Fitur bentuk digunakan untuk menggambarkan morfologi bunga melalui atribut seperti luas, keliling, dan rasio aspek, yang mencerminkan proporsi dan kontur dari setiap jenis bunga. Sementara itu, fitur tekstur diperoleh menggunakan dua metode, yaitu LBP untuk mendeteksi pola mikro pada permukaan bunga, serta Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) untuk menganalisis hubungan spasial antar piksel berdasarkan parameter seperti kontras, homogenitas, dan energi. Kombinasi dari ketiga kelompok fitur ini memberikan representasi yang menyeluruh terhadap karakteristik visual setiap bunga.

Seluruh fitur yang telah diekstraksi kemudian distandarisasi agar memiliki skala yang seragam dan direduksi dimensinya menggunakan PCA (Borman et al., 2021). Penerapan PCA bertujuan untuk menyederhanakan representasi data menjadi beberapa komponen utama yang paling signifikan, sehingga kompleksitas fitur dapat berkurang tanpa menghilangkan informasi penting yang dibutuhkan untuk klasifikasi. Reduksi dimensi ini juga membantu meningkatkan efisiensi proses komputasi dan mengurangi risiko overfitting. Hasil dari tahap ini berupa representasi data yang lebih padat dan stabil, yang kemudian digunakan untuk proses klasifikasi.

Tahap terakhir adalah klasifikasi menggunakan algoritma KNN. Algoritma ini bekerja dengan cara mengelompokkan citra bunga berdasarkan jarak terdekat antar sampel dalam ruang

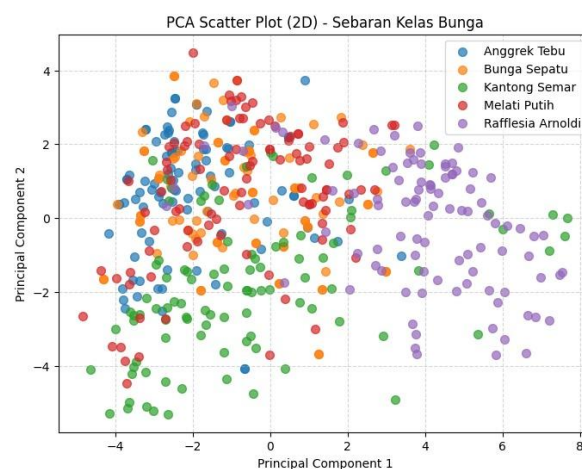
fitur hasil reduksi PCA (Sutarti, Trisnawan Putra, & Sugiharti, 2019). Nilai K yang optimal ditentukan melalui proses pengujian untuk memperoleh hasil klasifikasi dengan akurasi terbaik. Kelebihan KNN terletak pada kemampuannya mengenali pola berdasarkan kesamaan lokal antar data tanpa memerlukan proses pelatihan model yang kompleks (Akbar, Sabirin, Satya Nugraha, & Alamsyah, n.d.).

Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan tingkat akurasi klasifikasi, serta divisualisasikan melalui plot sebaran dua dimensi (2D) hasil PCA (Kumar, 2024; Nuraini, 2022). Visualisasi ini memberikan gambaran kualitatif mengenai sejauh mana model dapat memisahkan kelas bunga yang berbeda secara visual. Kombinasi antara PCA dan KNN memungkinkan proses klasifikasi berlangsung lebih efisien dan adaptif, dengan tetap mempertahankan karakteristik unik setiap bunga berdasarkan warna, bentuk, dan teksturnya (Syarif & Ramadhanu, 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode PCA dan algoritma KNN memberikan performa yang cukup baik dalam mengklasifikasikan lima jenis bunga khas Indonesia, yaitu Anggrek Tebu, Bunga Sepatu, Kantong Semar, Melati Putih, dan Rafflesia Arnoldii. Setelah dilakukan proses ekstraksi fitur warna RGB dan HSV, bentuk, serta tekstur menggunakan LBP dan GLCM, seluruh fitur direduksi dimensinya menggunakan PCA untuk memperoleh representasi data yang lebih sederhana namun tetap informatif.

Hasil visualisasi reduksi PCA dalam bentuk scatter plot dua dimensi ditunjukkan pada Gambar 1. Visualisasi ini menggambarkan sebaran masing-masing kelas bunga berdasarkan dua komponen utama hasil PCA. Terlihat bahwa sebagian kelas memiliki distribusi yang cukup jelas, seperti Rafflesia Arnoldii yang cenderung membentuk kelompok tersendiri di area kanan plot. Hal ini mengindikasikan bahwa fitur-fitur yang diekstraksi dari bunga tersebut memiliki karakteristik yang khas dan mudah dibedakan dari kelas lainnya. Sebaliknya, kelas Bunga Sepatu dan Melati Putih menunjukkan pola sebaran yang saling berdekatan, menandakan adanya kemiripan fitur visual antara keduanya, baik dari segi warna maupun tekstur, yang dapat menyebabkan tumpang tindih antar kelas.



Gambar 1. Sebaran Kelas Bunga Berdasarkan Hasil Reduksi PCA (2D)

Evaluasi kinerja model klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma KNN pada hasil fitur yang telah direduksi dengan PCA. Performa klasifikasi diukur menggunakan metrik precision, recall, dan f1-score untuk setiap kelas bunga, serta akurasi keseluruhan model. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Klasifikasi Menggunakan PCA + KNN

Kelas Bunga	Precision	Recall	F1-Score	Support
Anggrek Tebu	0.71	0.79	0.75	19
Bunga Sepatu	0.69	0.47	0.56	19
Kantong Semar	0.74	0.70	0.72	20
Melati Putih	0.61	0.70	0.65	20
Rafflesia Arnoldii	0.86	0.95	0.90	19
Rata-rata (Macro)	0.72	0.72	0.72	97
Akurasi Total	0.72			

Sumber: Hasil pengujian dan analisis peneliti (2025)

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, diperoleh nilai akurasi keseluruhan sebesar 0,72 dengan nilai precision, recall, dan f1-score rata-rata masing-masing sebesar 0,72. *Rafflesia Arnoldii* menunjukkan performa terbaik dengan precision sebesar 0,86, recall 0,95, dan f1-score 0,90, yang menandakan bahwa karakteristik visual bunga ini sangat khas dan mudah dikenali oleh model. Sebaliknya, Bunga Sepatu memiliki nilai f1-score terendah sebesar 0,56, yang mengindikasikan adanya kesulitan dalam membedakan kelas ini dari bunga lain, khususnya Melati Putih yang memiliki kemiripan dari sisi warna kelopak dan pola tekstur.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi antara PCA dan KNN mampu memberikan hasil klasifikasi yang stabil dan efisien pada dataset citra bunga dengan variasi fitur yang kompleks. PCA terbukti efektif dalam menurunkan dimensi fitur tanpa kehilangan informasi penting, sementara KNN dapat mengenali pola berdasarkan kedekatan jarak antar sampel dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa integrasi PCA dengan algoritma KNN mampu meningkatkan efisiensi komputasi dan mempertahankan performa klasifikasi pada data citra berdimensi tinggi.

Meskipun demikian, nilai akurasi 0,72 masih menunjukkan adanya tumpang tindih antar kelas bunga, terutama pada spesies yang memiliki kemiripan visual tinggi. Untuk penelitian selanjutnya, performa sistem dapat ditingkatkan dengan memperbesar jumlah data latih, melakukan augmentasi citra untuk menambah variasi dataset, atau menggunakan metode klasifikasi yang lebih kompleks seperti Support Vector Machine (SVM) dan Convolutional Neural Network (CNN). Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem klasifikasi ini berpotensi menjadi alat bantu identifikasi bunga khas Indonesia yang lebih akurat dan efisien.

Secara analitis, peningkatan performa KNN setelah penerapan PCA dapat dijelaskan

melalui mekanisme pengurangan redundant features yang tidak relevan terhadap proses klasifikasi. PCA bekerja dengan mengubah ruang fitur asli menjadi kumpulan komponen utama yang ortogonal dan tidak berkorelasi, di mana setiap komponen utama mewakili variasi terbesar dalam data. Dengan mengeliminasi dimensi yang memiliki varian rendah, PCA membantu memperkuat pemisahan antar kelas (class separability) karena fitur-fitur yang paling berkontribusi terhadap variabilitas data dipertahankan, sementara fitur-fitur yang bersifat redundan atau mengandung noise dieliminasi. Hal ini menyebabkan jarak antar sampel pada ruang baru menjadi lebih representatif terhadap perbedaan antar kelas, sehingga ketika KNN menghitung jarak Euclidean antar titik, hasilnya menjadi lebih akurat dalam mengelompokkan citra bunga sesuai kelas yang sebenarnya.

Namun, meskipun hasil akurasi model sudah cukup baik, penelitian ini belum menyertakan analisis kesalahan (error analysis) yang penting untuk memahami pola misklasifikasi. Visualisasi confusion matrix seharusnya disajikan untuk mengidentifikasi kelas bunga yang paling sering salah diklasifikasikan. Sebagai contoh, kemiripan visual antara Bunga Sepatu dan Melati Putih kemungkinan besar menghasilkan false positive dan false negative tertinggi, yang dapat dijadikan dasar untuk pengembangan metode klasifikasi lanjutan seperti Support Vector Machine (SVM) atau Convolutional Neural Network (CNN) yang memiliki kemampuan pemisahan kelas non-linear lebih baik. Selain itu, belum dilakukan uji signifikansi statistik untuk memastikan perbedaan akurasi antara model KNN murni dan PCA+KNN signifikan secara statistik. Pengujian seperti paired t-test atau Wilcoxon signed-rank test dapat digunakan untuk menilai apakah integrasi PCA benar-benar meningkatkan performa model secara konsisten. Dengan adanya analisis kesalahan dan pengujian signifikansi, hasil penelitian akan lebih kuat secara ilmiah dan menjadi dasar empiris untuk pengembangan sistem klasifikasi berbasis citra dengan kompleksitas yang lebih tinggi di masa mendatang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa integrasi metode PCA dan algoritma KNN mampu memberikan performa yang baik dalam proses klasifikasi citra lima jenis bunga khas Indonesia. Penerapan PCA terbukti efektif dalam mereduksi dimensi data hasil ekstraksi fitur warna, bentuk, dan tekstur tanpa menghilangkan informasi penting yang dibutuhkan untuk klasifikasi. Sementara itu, algoritma KNN berhasil memanfaatkan hasil reduksi PCA untuk mengenali pola dan kedekatan antar sampel dengan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 72%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi PCA dan KNN dapat menghasilkan sistem klasifikasi yang efisien serta adaptif terhadap variasi fitur citra bunga yang kompleks. Meskipun demikian, masih terdapat tumpang tindih antar kelas, khususnya pada bunga yang memiliki kemiripan visual seperti Bunga Sepatu dan Melati Putih. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas dataset, melakukan augmentasi citra, serta mengeksplorasi algoritma klasifikasi lain seperti SVM atau CNN guna meningkatkan akurasi dan ketepatan dalam proses identifikasi bunga secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, J. M., Sabirin, M., Satya Nugraha, G., & Alamsyah, N. (n.d.). Penerapan Metode Principal Component Analysis (PCA) Dan K-Nearest Neighbors (KNN) Untuk Klasifikasi Data Kanker Paru-Paru (Implementation of Principal Component Analysis and K-Nearest Neighbors Methods for Classification of Lung Cancer Data). Retrieved from <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>
- Borman, R. I., Napianto, R., Nugroho, N., Pasha, D., Rahmanto, Y., & Pratama Yudoutomo, Y. E. (2021). Implementation of PCA and KNN Algorithms in the Classification of Indonesian Medicinal Plants. 2021 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE), 1566(1), 46–50. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOMITEE53461.2021.9650176>
- Farokhah, L., & Korespondensi, P. (2020). Implementasi K-Nearest Neighbor Untuk Klasifikasi Bunga Dengan Ekstraksi Fitur Warna Rgb Implementation Of K-Nearest Neighbor For Flower Classification With Extraction Of Rgb Color Features. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202072608>
- Gupta, V., & Mittal, M. (2018). KNN and PCA classifier with Autoregressive modelling during different ECG signal interpretation. *Procedia Computer Science*, 125, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.005>
- Handayani, P. K. (2020). Penerapan Principal Component Analysis untuk Peningkatan Kinerja Algoritma Decision Tree pada Iris Dataset. *Indonesian Journal of Technology, Informatics and Science (IJTIS)*, 1(2), 55–58. <https://doi.org/10.24176/ijtis.v1i2.4939>
- Hasan, B. M. S., & Abdulazeez, A. M. (2021). A Review of Principal Component Analysis Algorithm for Dimensionality Reduction. *Journal of Soft Computing and Data Mining*, 2(1), 20–30. <https://doi.org/10.30880/jscdm.2021.02.01.003>
- Hasan Efendi, M., Pratama, W. S., & Daniati, E. (2025). Analisis Klasifikasi Spesies Bunga Iris Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbors. <https://doi.org/https://doi.org/10.29407/80279r27>
- Hayati, N. (2023). Klasifikasi Jenis Bunga Mawar Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbour. In *Jurnal Informatika dan Riset (IRIS)* (Vol. 1).
- Kumar, V. (2024). Covariance Matrix Analysis Through Eigenvalues and Eigenvectors: Insights into Multivariate Data Structures (Vol. 25). Retrieved from <http://www.veterinaria.org>
- Lubis, A. H., Sihombing, P., & Nababan, E. B. (2020). Analysis of Accuracy Improvement in K-Nearest Neighbor using Principal Component Analysis (PCA). *Journal of Physics: Conference Series*, 1566(1), 012062. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012062>
- Nuraini, R. (2022). Klasifikasi Citra Jenis Kapasitor Menggunakan Kombinasi Algoritma K-Nearest Neighbor dan Principal Component Analysis. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 3(3), 133–140. <https://doi.org/10.47065/josyc.v3i3.1694>
- Pamungkas, D. P. (2019). Ekstraksi Citra menggunakan Metode GLCM dan KNN untuk Identifikasi Jenis Anggrek (Orchidaceae). *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS)*, 1(2). <https://doi.org/10.37058/innovatics.v1i2.872>
- Rahman, Z., Fatah, Z., & Prasetyo, J. D. (2024). Klasifikasi Spesies Bunga Iris Menggunakan Algoritma Klasifikasi KNN di RapidMiner. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Ilmu*, 1(6), 60–66.

- <https://doi.org/10.69714/0syd5n74>
- Sari, N., & Wulanningrum, R. (2021). Implementation of the K-Nearest Neighbor Algorithm for Identification of Orchid Flower Image. *JTECS : Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*, 1(2), 177. <https://doi.org/10.32503/jtecs.v1i2.1750>
- Sugandi, B., Doni, R., Dwi Ayu Imardiyanti, dan, Teknik Elektro, J., Negeri Batam, P., & Ahmad Yani, J. (n.d.). Klasifikasi Objek Berdasarkan Warna, Bentuk Dan Dimensi.
- Sutarti, S., Trisnawan Putra, A., & Sugiharti, E. (2019). Comparison of PCA and 2DPCA Accuracy with K-Nearest Neighbor Classification in Face Image Recognition. *Scientific Journal of Informatics*, 6(1), 2407–7658. Retrieved from <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/sji>
- Syarif, A., & Ramadhanu, A. (2025). Penggunaan Principal Component Analysis (PCA) Dan K-Nearest Neighbors (KNN) Dalam Klasifikasi Sayuran Mentimun, Pare, Dan Terong. In *Journal of Science and Social Research*. Retrieved from <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- Tu, B., Wang, J., Kang, X., Zhang, G., Ou, X., & Guo, L. (2018). KNN-Based Representation of Superpixels for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(11), 4032–4047. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2018.2872969>
- Worung, D. T., Sompie, S. R. U. A., & Jacobus, A. (2020a). Implementasi K-Means dan K-NN pada Pengklasifikasian Citra Bunga. *Jurnal Teknik Informatika*, 15(3), 217–222.
- Worung, D. T., Sompie, S. R. U. A., & Jacobus, A. (2020b). Implementasi K-Means dan K-NN pada Pengklasifikasian Citra Bunga. *Jurnal Teknik Informatika*, 15(3), 217–222.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License