

Penerapan Klasifikasi Gambar Buah dalam Aplikasi FruityLens Menggunakan Metode CNN

Bagus Hardika¹, Mahesa Dzikri Kurniawan², Muhammad Adzka³, Daffarizqy Prastowiyono⁴, Apik Banyubasa⁵, Gema Parasti Mindara⁶, Endang Purnama Giri⁷

^{1,2,3,4,5}Sekolah Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak,
IPB University, Jawa Barat, Indonesia

⁶Sekolah Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer,
IPB University, Jawa Barat, Indonesia

⁷Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Departemen Ilmu Komputer,
IPB University, Jawa Barat, Indonesia

Email: bagushardika@apps.ipb.ac.id¹, j0303221019mahesa@apps.ipb.ac.id²,
muhammad.adzka@apps.ipb.ac.id³, daffarizqyprastowiyono@apps.ipb.ac.id⁴,

apikbanyubasaapik@apps.ipb.ac.id⁵, endang_pg@apps.ipb.ac.id⁶, gemaparasti@apps.ipb.ac.id⁷
Alamat: Jl. Kumbang No.14, Kec. Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16128, Indonesia

Korespondensi penulis: bagushardika@apps.ipb.ac.id

Abstract. This research develops a fruit classification system using Convolutional Neural Network (CNN) in the educational application FruityLens, which helps children recognize different types of fruits through image recognition. The application can identify four types of fruits: apple, banana, orange, and watermelon, utilizing an image dataset from open sources. The research methods include dataset collection, image pre-processing, CNN model training, and classification accuracy evaluation. The results indicate that the developed CNN model achieves high accuracy, supporting children's learning about fruits. This implementation is expected to contribute to the advancement of artificial intelligence technology, specifically in the field of fruit object recognition.

Keywords: Convolutional Neural Network, fruit classification, educational application.

Abstrak. Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi buah menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dalam aplikasi edukatif FruityLens, yang membantu anak-anak mengenali jenis buah melalui pengenalan gambar. Aplikasi ini mengenali empat jenis buah: apel, pisang, jeruk, dan semangka, dengan memanfaatkan dataset gambar dari sumber terbuka. Metode penelitian mencakup pengumpulan dataset, *preprocessing* gambar, pelatihan model CNN, dan evaluasi akurasi klasifikasi. Hasil menunjukkan model CNN mencapai akurasi tinggi, mendukung pembelajaran anak-anak tentang buah. Implementasi ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan teknologi kecerdasan buatan untuk pengenalan objek buah-buahan.

Kata kunci: Convolutional Neural Network, klasifikasi buah, aplikasi edukatif.

1. LATAR BELAKANG

Deteksi buah merupakan salah satu teknologi yang saat ini banyak dikembangkan dalam bidang teknologi komputer. Pengenalan buah bertujuan untuk membandingkan citra buah dengan database buah dan menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mencocokkan citra tersebut. Dalam penelitian ini, penulis menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN), Metode CNN merupakan teknik deep learning yang dapat diterapkan pada citra resolusi tinggi dengan model distribusi nonparametrik dan melakukan proses pembelajaran mandiri untuk pengenalan objek, ekstraksi objek, dan klasifikasi. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan algoritma CNN untuk melakukan klasifikasi dari objek jenis

buah-buahan yang difokuskan pada pembuatan model dalam melakukan ekstraksi fitur dan klasifikasi objek penelitian dengan melakukan pengolahan citra digital (Digital Image Processing). (Jumaryadi *et al.* 2023).

Deep learning merupakan bagian dari machine learning yang terinspirasi dari sistem kerja otak manusia dengan menerapkan pembelajaran secara hirarki. Dengan adanya deep learning meminimalkan waktu yang digunakan untuk training data. Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma pada deep learning yang digunakan untuk yang menerima masukan berupa gambar, menentukan aspek dan objek apa yang terkandung dalam gambar (Noris & Waluyo, 2023). Model deep learning dapat mempelajari komputasinya sendiri dengan menggunakan otaknya sendiri. Deep learning dirancang untuk terus menganalisa data seperti pada otak manusia dalam mengambil keputusan. (Peryanto *et al.* 2020).

Google Collaboratory atau Google Collab adalah platform berbasis cloud untuk menulis, menjalankan, dan berbagi kode Python melalui web browser. Platform ini dirancang bagi analyst, developer, peneliti, dan pendidik yang bekerja di bidang data science dan machine learning dengan menyediakan environment komputasi yang fleksibel dan mudah diakses tanpa biaya. Google Collab juga menawarkan kemampuan untuk menjalankan Jupyter Notebook (web app open-source untuk kombinasi kode, teks terformat, dan visualisasi data) langsung dari web browser tanpa perlu konfigurasi apapun (Edwin Febrywinata, 2024).

2. KAJIAN TEORITIS

Machine Learning

Machine learning adalah algoritma matematika yang ada pada aplikasi komputer dengan mempelajari kumpulan data sehingga mendapatkan hasil prediksi pada masa depan (Roihan, Sunarya, & Rafika, 2020).

Deep Learning

Deep learning merupakan sebuah subset dan evolusi dari machine learning. Konsep pembelajaran mendalam melibatkan beberapa lapisan tersembunyi yang juga merupakan bagian dari kecerdasan buatan. Metode pembelajaran mendalam menerapkan transformasi non linear dan abstraksi model tingkat lanjut ke database besar (Christian & Idrus, 2023).

Convolutional Neural Network (CNN)

Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengklasifikasi citra buah-buahan. Berbeda dengan algoritma klasifikasi biasa, jika pada algoritma klasifikasi biasanya melakukan proses ekstraksi fitur dan klasifikasi secara terpisah

maka model algoritma dari cabang bidang deep learning ini akan mengekstraksi fitur lalu mengklasifikasi citra dalam satu proses. Dengan kata lain, ekstraksi fitur pada algoritma CNN juga ikut me-learning. (Maulana & Rochmawati, 2020).

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma pada Deep Learning yang banyak bekerja pada citra dengan menerima masukan berupa citra, menentukan aspek dan objek apa yang terkandung dalam citra sehingga mesin dapat menggunakannya untuk mempelajari citra, mengenali citra dan membandingkan citra yang satu dengan yang lainnya (Awangga & Batubara, 2020).

TensorFlow

TensorFlow adalah framework machine learning yang bekerja dalam skala besar dan dalam environment yang heterogeneous. TensorFlow digunakan untuk melakukan eksperimen model deep learning, melatih model pada dataset yang berukuran besar, dan membuatnya layak diproduksi. Selain itu TensorFlow juga mendukung training dan inference berskala besar dengan menggunakan ratusan server yang menggunakan Graphic Processing Unit (GPU) untuk training secara efisien. Penelitian ini menggunakan TensorFlow sebagai backend framework untuk Keras (Pangestu & Bunyamin, 2018).

Numpy

NumPy adalah sebuah pustaka untuk bahasa pemrograman Python, NumPy memberikan dukungan untuk himpunan dan matriks multidimensi yang besar, dan dilengkapi koleksi sejumlah besar fungsi matematika tingkat tinggi untuk beroperasi pada himpunan. Kelas dasar untuk array multidimensi di CuPy disebut `cupy.ndarray`, dan banyak fungsi berbeda didasarkan pada kelas ini. Ini dapat mempercepat kode NumPy yang sudah ada dengan memanfaatkan pustaka GPU dan CUDA. (Dharma Adhinata, 2023).

Android Studio

Android Studio adalah Integrated Development Environment (IDE) yang berbasis pada "IntelliJ IDEA" Java-IDE dari JetBrains dan diperkenalkan oleh Google. Android Studio ini diumumkan pada Mei 2013, android studio dirancang untuk mengembangkan aplikasi pada platform Android. Yaitu menjadi tempat editor kode serta fitur developer intelliJ yang handal (Ibrahim & Gustina, 2021).

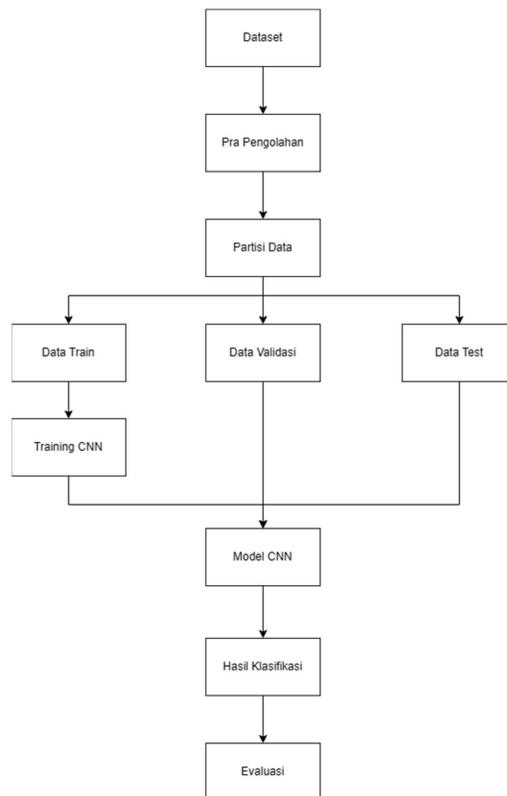
Python

Python diciptakan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990 dan namanya diambil dari acara televisi kesukaan Guido Monty Python's Flying Circus. Van Rossum mengembangkan Python sebagai hobi, kemudian Python menjadi bahasa pemrograman yang dipakai secara luas dalam industri dan masalah yang khususnya perlu dipelajari dan dievaluasi

lebih lanjut. Flowchart dapat digunakan untuk menyajikan kegiatan manual, kegiatan pemrosesan ataupun keduanya. Flowchart merupakan rangkaian simbol-simbol yang digunakan untuk mengkonstruksi (Budiman et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi gambar buah menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) yang diimplementasikan pada aplikasi berbasis Android bernama FruityLens. Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimen yang mencakup pengumpulan data gambar buah, pemrosesan data, pelatihan model CNN, dan pengujian model dalam aplikasi. Sistem ini dirancang untuk mengklasifikasikan gambar buah apel, pisang, jeruk, dan semangka, dengan evaluasi akurasi model sebagai fokus utama.



Gambar 1. Pemodelan

Sumber: (Idris & Bode, 2023)

Populasi penelitian mencakup semua gambar buah apel, pisang, jeruk, dan semangka yang tersebar dalam dataset fruits. Gambar buah pada dataset fruits terdiri dari 483 gambar untuk train, 90 gambar untuk validation, dan 154 gambar untuk test. Data dikumpulkan dari sumber dataset terbuka, hasil pengambilan gambar secara manual menggunakan perangkat

kamera, dan pengambilan gambar dari google. Augmentasi gambar seperti rotasi dan zooming dilakukan pada gambar buah yang digunakan dalam dataset. Dataset kemudian diorganisasi dalam folder sesuai kategori untuk keperluan pelatihan, validasi, dan pengujian model.

Analisis data dilakukan menggunakan TensorFlow, pustaka Python untuk deep learning, dengan membangun arsitektur CNN yang terdiri dari beberapa lapisan seperti Conv2D, MaxPooling2D, dan Dense. Model dilatih menggunakan algoritma Adam optimizer selama 10 epoch dengan matrik evaluasi berupa akurasi dan loss. Validasi model dilakukan menggunakan data validasi untuk memantau kinerja model selama pelatihan, sementara data pengujian digunakan untuk mengevaluasi kemampuan generalisasi model. Fungsi loss yang digunakan adalah *Sparse Categorical Crossentropy* untuk mengukur perbedaan antara prediksi model dan label sebenarnya.

Model penelitian ini melibatkan tiga tahap utama, yaitu pelatihan, validasi, dan pengujian model. Input berupa gambar buah dengan dimensi $32 \times 32 \times 3$ diproses melalui lapisan CNN untuk menghasilkan prediksi kategori buah. Prediksi akhir ditentukan berdasarkan probabilitas maksimum untuk setiap kategori. Sistem ini diharapkan mampu mengklasifikasikan gambar buah dengan akurasi tinggi sehingga dapat diterapkan dalam aplikasi FruityLens untuk mendukung identifikasi buah secara otomatis dari gambar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) diimplementasikan sebagai dasar pengembangan aplikasi FruityLens yang dirancang untuk melakukan klasifikasi empat jenis buah, yaitu apel, pisang, jeruk, dan semangka. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *image classification*, yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan gambar buah berdasarkan jenisnya dengan tingkat akurasi yang tinggi. Aplikasi ini dirancang agar mampu menerima input berupa gambar yang diambil langsung melalui kamera perangkat atau dipilih dari galeri pengguna.

Proses pengembangan aplikasi ini mencakup beberapa tahap utama, dimulai dari persiapan dataset yang memuat gambar-gambar buah dalam jumlah yang cukup untuk pelatihan model, pembangunan model CNN yang berfungsi sebagai inti dari sistem klasifikasi, pelatihan model menggunakan data yang telah disiapkan, hingga evaluasi kinerja model dengan menggunakan metrik pengukuran tertentu untuk memastikan keandalan prediksi.

Dalam implementasinya, penelitian ini memanfaatkan library *matplotlib* untuk visualisasi data selama proses pelatihan dan evaluasi, serta *numpy* untuk pengolahan data numerik yang diperlukan pada tahap-tahap tertentu. Dataset dikelola secara sistematis dengan

teknik validasi silang (*K-fold cross-validation*) untuk memastikan distribusi data yang merata pada setiap lipatan, sehingga hasil evaluasi dapat mencerminkan kinerja model secara keseluruhan.

Melalui pendekatan ini, model CNN yang dikembangkan mampu melakukan klasifikasi keempat jenis buah secara akurat. Dengan demikian, aplikasi FruityLens diharapkan dapat menjadi alat yang praktis dan efisien dalam mendukung proses identifikasi buah secara otomatis, baik untuk kebutuhan akademik, bisnis, maupun penggunaan sehari-hari.

Penjelasan Implementasi

Pada penelitian ini, fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan konvolusi adalah Rectified Linear Unit (ReLU). Fungsi ini dipilih karena kemampuannya dalam mengatasi masalah *vanishing gradient* dan menjaga kelancaran propagasi gradien selama pelatihan model. Optimizer yang digunakan adalah Adam, yang dikenal memiliki efisiensi tinggi dalam proses pembaruan parameter dan kemampuan adaptif untuk menangani berbagai kondisi data. Adapun fungsi kerugian (*loss function*) yang diterapkan adalah *categorical_crossentropy*, yang sangat cocok untuk dataset dengan lebih dari satu label kategori, seperti yang digunakan dalam penelitian ini (Huda & Putra, 2023).

Mekanisme implementasi aplikasi FruityLens berfokus pada pemrosesan input berupa gambar yang dapat diperoleh pengguna melalui dua cara, yaitu mengunggah gambar dari galeri perangkat atau mengambil gambar secara langsung menggunakan kamera. Setelah gambar diterima, sistem memproses data tersebut untuk mengekstraksi fitur visual yang relevan, yang kemudian dianalisis oleh model CNN untuk menghasilkan prediksi klasifikasi jenis buah. Pendekatan ini memastikan aplikasi dapat dioperasikan dengan mudah oleh pengguna sekaligus memberikan hasil prediksi yang akurat dan andal.



Gambar 2. Pengujian dengan mengambil gambar di galeri

Gambar tersebut menampilkan antarmuka aplikasi mobile yang bernama "Aplikasi Klasifikasi Gambar Buah". Aplikasi ini, yang dirancang khusus untuk membantu anak-anak dalam belajar mengenal berbagai jenis buah, memungkinkan pengguna untuk mengenali jenis buah berdasarkan gambar yang diunggah. Terdapat tiga tampilan layar pada gambar, yaitu layar pertama yang menampilkan area kosong untuk pengguna mengunggah gambar buah, layar kedua yang menampilkan gambar apel merah dan berhasil diidentifikasi sebagai "Apel" oleh aplikasi, serta layar ketiga yang menampilkan gambar semangka dan berhasil diidentifikasi sebagai "Semangka". Pada bagian bawah setiap layar, terdapat dua button: "Ambil Gambar" dan "Buka Galeri". Button "Ambil Gambar" memungkinkan pengguna untuk mengambil gambar buah langsung melalui kamera, sedangkan button "Buka Galeri" memungkinkan pengguna untuk memilih gambar buah dari galeri ponsel mereka.



Gambar 3. Pengujian dengan mengambil gambar melalui kamera

Gambar tersebut menampilkan antarmuka aplikasi mobile yang bernama "Aplikasi Klasifikasi Gambar Buah". Aplikasi ini, yang dirancang khusus untuk membantu anak-anak dalam belajar mengenal berbagai jenis buah, memungkinkan pengguna untuk mengenali jenis buah berdasarkan gambar yang diunggah. Terdapat dua tampilan layar pada gambar, yaitu layar kedua yang menampilkan gambar pisang dan berhasil diidentifikasi sebagai "Pisang" oleh aplikasi, serta layar ketiga yang menampilkan gambar jeruk dan berhasil diidentifikasi sebagai "Jeruk".

Analisis Kinerja Sistem

Analisis kinerja sistem aplikasi FruityLens mencakup beberapa aspek penting yang mempengaruhi efektivitas dan efisiensi aplikasi dalam mengklasifikasikan jenis buah. Akurasi klasifikasi menjadi indikator utama, di mana aplikasi diharapkan memberikan hasil yang tepat dalam mengenali berbagai jenis buah. Penggunaan model CNN yang telah dilatih sebelumnya berperan dalam mencapai akurasi tersebut. Selain itu, waktu respon mengukur seberapa cepat

aplikasi memproses gambar dan menampilkan hasil klasifikasi, yang mencerminkan efisiensi aplikasi. Ketahanan terhadap kondisi cahaya juga mempengaruhi kinerja aplikasi, karena aplikasi harus mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi pencahayaan. Kemampuan mengatasi kerumitan gambar diuji dengan gambar yang memiliki banyak detail atau objek yang tumpang tindih, yang memerlukan klasifikasi yang akurat. Terakhir, pengaruh perangkat keras memainkan peran penting, dimana perangkat dengan spesifikasi tinggi dapat meningkatkan kinerja aplikasi.

Evaluasi kinerja dilakukan melalui pengujian dengan dataset standar dan gambar real-time, serta pengukuran waktu respon dan akurasi. Berdasarkan hasil evaluasi, beberapa langkah peningkatan dapat dilakukan, seperti optimasi model CNN, penambahan variasi pada dataset pelatihan, penggunaan perangkat keras yang lebih baik, dan optimasi kode untuk mempercepat klasifikasi.

Tantangan dan Arah Pengembangan

Meskipun aplikasi FruityLens telah mencapai akurasi yang memadai dalam mengklasifikasikan jenis buah, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan kinerja dan fleksibilitas aplikasi. Salah satunya adalah ketahanan terhadap variasi kondisi pencahayaan, di mana aplikasi sering kesulitan mengidentifikasi buah dalam pencahayaan yang buruk atau terlalu terang. Selain itu, kerumitan gambar, seperti objek yang tumpang tindih atau gambar dengan banyak detail, dapat mempengaruhi akurasi klasifikasi.

Untuk mengatasi tantangan ini, pengembangan aplikasi dapat difokuskan pada peningkatan kualitas dataset, dengan menambah variasi gambar buah dari berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang. Selain itu, peningkatan model CNN dengan eksperimen pada arsitektur yang lebih canggih dan teknik pelatihan yang lebih efektif dapat meningkatkan kemampuan aplikasi dalam mengenali gambar yang lebih kompleks. Penggunaan perangkat keras yang lebih baik, seperti kamera berkualitas tinggi dan prosesor yang lebih cepat, juga dapat mendukung pengembangan aplikasi yang lebih responsif dan akurat.

Ke depan nya, pengembangan aplikasi dapat mencakup penambahan fitur baru, seperti kemampuan untuk mengklasifikasikan lebih banyak jenis buah, serta integrasi dengan teknologi cloud computing untuk mempercepat pemrosesan gambar. Selain itu, pemanfaatan augmented reality dapat memberikan pengalaman yang lebih interaktif, khususnya dalam konteks pendidikan. Dengan langkah-langkah ini, aplikasi FruityLens diharapkan dapat terus berkembang menjadi alat yang lebih canggih dan dapat diandalkan dalam identifikasi buah secara akurat dan efisien.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi FruityLens, yang menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan gambar buah dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Aplikasi ini mampu mengenali beberapa jenis buah seperti apel, pisang, jeruk, dan semangka, yang menunjukkan bahwa CNN efektif dalam mengekstraksi fitur dari gambar dan mengklasifikasikan objek dengan presisi tinggi. Dengan menggunakan dataset yang terdiri dari berbagai gambar buah, aplikasi ini tidak hanya menunjukkan keunggulannya dalam pengenalan buah, tetapi juga berpotensi besar dalam mendukung pembelajaran anak-anak, khususnya dalam mengenal berbagai jenis buah dengan cara yang menyenangkan dan interaktif. Selain itu, hasil penelitian ini berkontribusi positif terhadap pengembangan teknologi pengenalan objek berbasis kecerdasan buatan, yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang, terutama dalam pengenalan gambar dan objek lainnya. Keberhasilan aplikasi ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan pengalaman belajar anak-anak melalui teknologi yang memanfaatkan kecerdasan buatan untuk tujuan pendidikan.

Untuk meningkatkan kualitas dan performa aplikasi FruityLens di masa depan, beberapa langkah berikut dapat dipertimbangkan:

1. **Peningkatan Dataset:** Disarankan untuk memperluas dataset dengan menambah variasi jenis buah dan gambar, misalnya dengan variasi dalam hal pencahayaan, sudut pandang, dan latar belakang. Hal ini akan meningkatkan kemampuan model dalam mengenali buah secara lebih akurat dan lebih mampu menggeneralisasi pada kondisi yang berbeda.
2. **Optimalisasi Model:** Sebaiknya dilakukan eksperimen dengan arsitektur CNN yang lebih dalam, atau menggunakan teknik transfer learning, agar model dapat mengenali objek yang lebih kompleks dengan performa yang lebih baik.
3. **Penambahan Fitur Interaktif:** Penambahan fitur interaktif, seperti kuis atau permainan edukatif, dapat membuat aplikasi lebih menarik dan membantu meningkatkan pengalaman belajar anak-anak dengan cara yang menyenangkan.
4. **Pengembangan Platform:** Aplikasi ini sebaiknya dikembangkan untuk platform lain, seperti web atau iOS, untuk menjangkau lebih banyak pengguna dan memberikan lebih banyak pilihan fungsionalitas, sehingga aplikasi dapat diakses oleh lebih banyak orang.

6. DAFTAR REFERENSI

- Andri Heru Saputra & Dhomas Hatta Fudholi. (2021). Realtime Object Detection Masa Siap Panen Tanaman Sayuran Berbasis Mobile Android Dengan Deep Learning. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(4), 647–655. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i4.3190>
- Bobby Kurniadi W, Hariyanto Prasetyo, Ghifari Ahmad L, Bagas Aditya Wibisono, & Desta Sandya Prasvita. (2021, September 15). *Analisis Perbandingan Algoritma SVM dan CNN untuk Klasifikasi Buah*.
- Christian, J., & Idrus, S. I. A. (2023). Introduction to Citrus Fruit Ripens Using the Deep Learning Convolutional Neural Network (CNN) Learning Method. *Asian Journal of Applied Education (AJAE)*, 2(3), 459–470. <https://doi.org/10.55927/ajae.v2i3.5003>
- Dharma Adhinata, F. (2023). Image Processing on Agricultural Dataset Using Parallel Processing Based on Python. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 15(01), 5786–5790. <https://doi.org/10.35444/IJANA.2023.15106>
- Dinata, M. I., Sulistianingsih, N., & Yusuf, S. A. A. (t.t.). *IMPLEMENTASI DEEP LEARNING DALAM KLASIFIKASI CITRA GAMBAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE CNN*.
- Edwin Febrywinata. (2024). Pengenalan Dan Klasifikasi Jenis Buah Menggunakan Metode CNN Secara Sederhana Dengan Menggunakan Google Colab. *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, 2(4), 185–193. <https://doi.org/10.61132/merkurius.v2i4.162>
- Gunardi, M. F. (t.t.). *Implementasi Augmentasi Citra pada Suatu Dataset*.
- Hr.Wibi Bagas N, Evang Mailoa, & Hindriyanto Dwi Purnomo. (2020). Deteksi Buah untuk Klasifikasi Berdasarkan Jenis dengan Algoritma CNN Berbasis YOLOv3. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 4(3), 476–481.
- Huda, F., & Putra, M. P. K. (2023). *Klasifikasi Jenis Buah Pisang Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network*. 1(3).
- Idris, I. S. K., & Bode, A. (2023). *Klasifikasi Jenis Buah Tomat Menggunakan Covolutional Neural network*. 2(2).
- Jumaryadi, Y., Ihsan, A. M., & Priambodo, B. (t.t.). *Klasifikasi Jenis Buah-Buahan Menggunakan Citra Digital Dengan Metode Convolutional Neural Networks*.
- Maulana, F. F., & Rochmawati, N. (2020). Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 1(02), 104–108. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v1n02.p104-108>
- Noris, S., & Waluyo, A. (2023). Penerapan Deep Learning untuk Klasifikasi Buah Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, 6(1), 39–46. <https://doi.org/10.32493/jtsi.v6i1.29648>
- Nurul Safitri. (2023). *IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH MERAH MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK BERBASIS ANDROID*. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SORONG.
- Paraijun, F., Aziza, R. N., & Kuswardani, D. (2022). Implementasi Algoritma Convolutional

Neural Network Dalam Mengklasifikasi Kesegaran Buah Berdasarkan Citra Buah. *KILAT*, 11(1), 1–9.

<https://doi.org/10.33322/kilat.v10i2.1458>

Peryanto, A., Yudhana, A., & Umar, R. (2020). Rancang Bangun Klasifikasi Citra Dengan Teknologi Deep Learning Berbasis Metode Convolutional Neural Network. *Format : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 8(2), 138.

<https://doi.org/10.22441/format.2019.v8.i2.007>

Putra, F. A., Irawan, D., & Wulandari, C. (2024). Penerapan Metode CNN (Convolution Neural Network) Dalam Klasifikasi Buah. 6(1).

Rhamadiyah, D. T. (t.t.). *Analisa Performa Convolutional Neural Network dalam Klasifikasi Citra Apel dengan Data Augmentasi*.

Siwilopo, K. P., & Marcos, H. (2023). MEMBANDINGKAN KLASIFIKASI PADA BUAH JERUK MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN K-NEAREST NEIGHBOR. *Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 12(1), 57–64.

<https://doi.org/10.34010/komputa.v12i1.9068>

Yanto, B., Fimawahib, L., Supriyanto, A., Hayadi, B. H., & Pratama, R. R. (2021). Klasifikasi Tekstur Kematangan Buah Jeruk Manis Berdasarkan Tingkat Kecerahan Warna dengan Metode Deep Learning Convolutional Neural Network. *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, 6(2), 259.

<https://doi.org/10.35314/isi.v6i2.2104>

Yazid Fauzan Nur Ashfani, Yovi Litanianda, & Rizqy Amalia Putri. (2024). Klasifikasi Jenis Buah Jeruk Menggunakan Metode Convolutional Neural Network: Deep Learning Studi. *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 2(2), 70–79.

<https://doi.org/10.61132/uranus.v2i2.129>