

KLASIFIKASI CITRA JENIS BUAH DAN SAYURAN MENGUNAKAN ALGORITMA YOLOV11

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

Irvan Malik Azantha

NIM: 09021282025060

Jurusan Teknik Informatika

FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA

TAHUN AJARAN 2025/2026

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

Klasifikasi Citra Jenis Buah dan Sayuran Menggunakan Algoritma YOLOv11

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:

IRVAN MALIK AZANTHA

09021282025060

Pembimbing 1 : Osvari Arsalan, M.T.
NIP. 198806282018031001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

Pada hari Jum'at tanggal 25 Juli 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Irvan Malik Azantha
NIM : 09021282025060
Judul : Klasifikasi Citra Jenis Buah Dan Sayuran Menggunakan Algoritma YOLOv11

Dan dinyatakan **LULUS**.

1. Ketua Penguji

Dedy Kurniawan, M.Sc
NIP. 199008022019031006



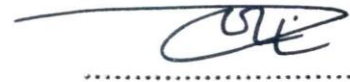
2. Penguji

Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T., Ph.D
NIP. 198712032022031006



3. Pembimbing I

Osvari Arsalan, M.T.
NIP. 198806282018031001



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
NIP. 198004182020121001



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah:

Nama : Irvan Malik Azantha
NIM : 09021282025060
Program Studi : Teknik Informatika
Judul : Klasifikasi Citra Jenis Buah Dan Sayuran Menggunakan Algoritma YOLOv11

Hasil Pemeriksaan Perangkat Lunak iThenticate/Turnitin : 1%

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Jika ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan Tugas Akhir ini. Maka saya bersedia menerima sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun,



Indralaya, 6 Agustus 2025



Irvan Malik Azantha
NIM. 198004182020121001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- "Jangan takut akan kesulitan, karena itu adalah kesempatan untuk tumbuh"
- "Ilmu yang sejati, seperti barang berharga lainnya, tidak bisa diperoleh dengan mudah. Ia harus diusahakan, dipelajari, dipikirkan, dan lebih dari itu, harus selalu disertai doa."
- "*I think, therefore I am*"
- "*Vincit omnia veritas*"

Kupersembahkan karya tulis ini kepada:

- Kedua orang tuaku dan saudara-saudariku tercinta.
- Sahabat-sahabatku dan almamater yang kubanggakan.

ABSTRACT

Automatic image classification of fruits and vegetables plays a crucial role in enhancing efficiency in the agricultural and retail sectors, yet it faces challenges due to visual complexities such as intra-class variation and inter-class similarity. This research aims to implement and evaluate the effectiveness of the You Only Look Once version 11 (YOLOv11) algorithm, specifically the YOLOv11s-cls variant, for the image classification task of 34 types of fruits and vegetables. The dataset used is "Fruit and Vegetable Classification" from Kaggle, which has undergone a cleaning process, resulting in approximately 2913 images. Pre-processing methods include resizing images to 640x640 pixels and data augmentation through stretching with a 1:1 aspect ratio. The YOLOv11s-cls model, previously trained on ImageNet, was fine-tuned using a transfer learning approach. Training was conducted for 20 epochs with monitoring of loss and accuracy curves. Model performance evaluation utilized metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, and a confusion matrix. The research results indicate that the YOLOv11s-cls model achieved an overall accuracy of 90,8% on the test set. Analysis of the confusion matrix and per-class F1-scores identified classes with excellent performance (e.g., cauliflower, corn, cucumber with an F1-score of 1,00) as well as more challenging classes (e.g., chilli pepper with an F1-score of 0,58, potato with 0,67, apple and paprika with 0,71), generally attributed to visual similarities between classes. This study demonstrates that YOLOv11s-cls is a promising algorithm for fruit and vegetable image classification, contributing to the development of automatic identification systems in related fields.

Keywords: *Data Augmentation, Deep Learning, Fruits and Vegetables, Image Classification, Transfer Learning, YOLOv11*

ABSTRAK

Klasifikasi citra buah dan sayuran secara otomatis memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi di sektor pertanian dan ritel, namun dihadapkan pada tantangan kompleksitas visual seperti variasi intra-kelas dan similaritas antar-kelas. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi efektivitas algoritma *You Only Look Once* versi 11 (YOLOv11), khususnya varian YOLOv11s-clc, untuk tugas klasifikasi citra 34 jenis buah dan sayuran. Dataset yang digunakan adalah "Fruit and Vegetable Classification" dari Kaggle yang telah melalui proses pembersihan, menghasilkan sekitar 2913 citra. Metode pra-pemrosesan meliputi perubahan ukuran citra menjadi 640x640 piksel dan augmentasi data berupa *stretching* dengan aspek rasio 1:1. Model YOLOv11s-clc, yang telah dilatih sebelumnya pada ImageNet, di-*fine-tune* menggunakan pendekatan *transfer learning*. Pelatihan dilakukan selama 20 *epoch* dengan pemantauan kurva *loss* dan akurasi. Evaluasi kinerja model menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, F1-*score*, dan matriks kebingungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv11s-clc mencapai akurasi keseluruhan sebesar 90,8% pada set pengujian. Analisis matriks kebingungan dan F1-*score* per kelas mengidentifikasi kelas-kelas dengan kinerja sangat baik (misalnya, kembang kol, jagung, mentimun dengan F1-*score* 1,00) serta kelas-kelas yang lebih menantang (misalnya, cabai rawit dengan F1-*score* 0,58, kentang dengan 0,67, apel dan paprika dengan 0,71), yang umumnya disebabkan oleh kemiripan visual antar kelas. Penelitian ini menunjukkan bahwa YOLOv11s-clc merupakan algoritma yang menjanjikan untuk klasifikasi citra buah dan sayuran, memberikan kontribusi pada pengembangan sistem identifikasi otomatis di bidang terkait.

Kata Kunci: Augmentasi Data, Buah dan Sayuran, Deep Learning, Klasifikasi Citra, Transfer Learning, YOLOv11

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**KLASIFIKASI CITRA JENIS BUAH DAN SAYURAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOV11**" ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Osvari Arsalan, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Hadipurnawan Satria, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.
3. Seluruh dosen dan staf di lingkungan Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, atas ilmu dan dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
4. Keluarga tercinta, terutama kedua orang tua, atas doa, dukungan moral, dan material yang tiada henti.
5. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan semangat, bantuan, dan menjadi teman diskusi yang baik.
6. Rekan-rekan komunitas GNU/Weeb dan Realm Collectives yang telah memberikan dukungan, baik moral maupun praktis, untuk penyelesaian skripsi ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Palembang, Mei 2025

Penyusun,

Irvan Malik Azantha

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian	I-4
1.5 Batasan Masalah.....	I-5
1.6 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	II-1
2.1 Penelitian Terdahulu.....	II-1
2.2 Landasan Teori	II-2
2.2.1 Artificial Intelligence (AI)	II-2
2.2.2 Machine Learning (ML).....	II-4

2.2.3	Deep Learning (DL).....	II-5
2.2.4	Klasifikasi Citra	II-6
2.2.5	Convolutional Neural Networks (CNN)	II-6
2.2.6	RUP (Rational Unified Process)	II-8
2.2.7	YOLO (You Only Look Once).....	II-13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Kerangka Kerja Penelitian	III-1
3.2	Fase Insepsi	III-2
3.3	Fase Elaborasi	III-3
3.3.1	Spesifikasi dan Pengumpulan Dataset	III-3
3.3.2	Perancangan Persiapan dan Pra-pemrosesan Data.....	III-5
3.3.3	Perancangan Strategi Augmentasi Data	III-5
3.3.4	Perancangan dan Pemilihan Arsitektur Model YOLOv11	III-6
3.3.5	Set Pengujian.....	III-9
3.5	Fase Konstruksi.....	III-9
3.5	Fase Transisi.....	III-11
BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	Lingkungan Implementasi.....	IV-1
4.3	Dataset dan Pra-pemrosesan Data	IV-2
4.3.1	Deskripsi dan Akuisisi Dataset	IV-3
4.3.2	Pra-pemrosesan Citra	IV-4
4.3.3	Augmentasi Data.....	IV-4
4.4	Pembagian Dataset	IV-5
4.5	Arsitektur Model YOLOv11s-clas untuk Klasifikasi	IV-6

4.6	Implementasi Transfer Learning dan Strategi Fine-tuning	IV-7
4.7	Konfigurasi dan Proses Pelatihan Model	IV-8
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN		V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Hasil Pelatihan Model	V-1
5.2.1	Analisis Kurva Pembelajaran	V-1
5.3	Hasil Evaluasi Kinerja Model	V-4
5.3.1	Metriks Evaluasi Keseluruhan	V-5
5.3.2	Analisis Matriks Kebingungan (<i>Confusion Matrix</i>)	V-7
5.3.3	Analisis Kinerja per Kelas	V-9
5.4	Perhitungan Manual Propagasi Maju Untuk Setiap Epoch	V-13
5.4.1	Lapisan Konvolusi	V-14
5.4.2	Normalisasi Batch	V-14
5.4.3	Aktivasi SiLU	V-15
5.4.4	Menuju Output	V-15
5.4.5	Lapisan Linear dan <i>Logits</i>	V-15
5.4.6	Fungsi Softmax dan Distribusi Probabilitas	V-16
5.4.7	Perhitungan Manual <i>Loss Function</i>	V-17
5.4.8	<i>Backpropagation</i> dan Perhitungan Gradien	V-19
5.4.9	Interpretasi Kinerja Model	V-21
5.5	Pembahasan Hasil Penelitian	V-22
5.5.1	Analisis Mendalam Terhadap Kesalahan Klasifikasi	V-22
5.5.2	Implikasi dan Kontribusi Penelitian	V-24
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1

6.2	Kesimpulan	VI-1
6.3	Keterbatasan Penelitian	VI-3
6.4	Saran untuk Penelitian Selanjutnya.....	VI-4
DAFTAR PUSTAKA		xiv
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel II-1. Spesifikasi Model Klasifikasi YOLOv11 Pra-terlatih.....	II-28
Tabel IV-1. Spesifikasi Lingkungan Implementasi	IV-2
Tabel IV-2. Konfigurasi Hyperparameter untuk Pelatihan Model	IV-100
Tabel V-1. Metrik Evaluasi Keseluruhan Model YOLOv11s-clas.....	V-5
Tabel V-2. Metriks per Kelas	V-9
Tabel V-3. Ilustrasi Data Hipotesis untuk Propagasi Maju.....	V-13

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1. Klasifikasi Citra.....	II-6
Gambar II-2. Convolutional Neural Networks (CNN).....	II-6
Gambar II-3. Rational Unified Process.....	II-8
Gambar II-4. Ilustrasi You Only Look Once (YOLO).....	II-13
Gambar II-5. Arsitektur YOLOv11.....	II-14
Gambar III-1. Kerangka Kerja Penelitian.....	III-1
Gambar III-2. Sampel Dataset.....	III-4
Gambar V-1. Kurva Pembelajaran.....	V-2
Gambar V-2. Confusion Matrix.....	V-7

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Klasifikasi buah dan sayuran memegang peranan krusial dalam berbagai aspek kehidupan modern, mulai dari sektor pertanian hingga ke tangan konsumen. Akurasi dalam mengidentifikasi jenis buah dan sayuran secara otomatis dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi manajemen inventaris, perencanaan logistik, dan koordinasi rantai pasok dalam sirkulasi produk pertanian. (Wang et al., 2024)

Seiring dengan meningkatnya permintaan global akan produk berkualitas tinggi dan praktik pertanian yang efisien, sistem klasifikasi otomatis menjadi semakin penting untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan meningkatkan akurasi. Peralihan dari metode manual ke otomatisasi, dan lebih lanjut ke otomatisasi berbasis deep learning seperti YOLOv11, mencerminkan tren yang lebih luas dalam pertanian dan ritel menuju sistem "cerdas" yang bertujuan untuk efisiensi lebih tinggi, pengurangan kesalahan, dan manajemen sumber daya yang lebih baik. Klasifikasi manual sangat rentan terhadap faktor subjektif manusia, yang dapat menyebabkan kesalahan, penilaian yang keliru, dan inkonsistensi. Selain itu, pekerjaan manual memakan waktu dan kurang dapat diskalakan untuk volume produk yang besar. (Wang et al., 2024)

Tantangan juga muncul dalam upaya otomatisasi klasifikasi akibat kompleksitas visual yang inheren pada buah dan sayuran. Variasi dalam ukuran,

bentuk, warna, dan tekstur, bahkan dalam satu jenis yang sama (variasi intra-kelas), serta kemiripan visual antar jenis yang berbeda (similaritas antar-kelas), menjadi kendala utama. Faktor eksternal seperti kondisi pencahayaan, bayangan, dan tingkat kematangan buah atau sayuran juga turut mempengaruhi kualitas citra dan mempersulit proses klasifikasi. Kompleksitas ini mendorong kebutuhan akan teknik pemrosesan citra dan pembelajaran mesin yang canggih. (Fachrezzy SA. 2025)

Kemajuan dalam bidang *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN), telah menawarkan solusi yang menjanjikan untuk berbagai tugas pengenalan citra. CNN telah merevolusi bidang *computer vision* dengan memungkinkan pengenalan objek otomatis yang akurat, yang berdampak signifikan pada berbagai bidang seperti pencitraan medis, kendaraan otonom, dan otomatisasi industri (Suthar et al., 2023). Keunggulan CNN terletak pada kemampuannya untuk secara otomatis mempelajari fitur-fitur hierarkis (seperti tepi, tekstur, dan bentuk) langsung dari data citra mentah, berbeda dengan metode tradisional yang memerlukan ekstraksi fitur secara manual (*handcrafted features*). (Ricky, 2024)

Dalam konteks ini, keluarga algoritma *You Only Look Once* (YOLO) telah dikenal sebagai salah satu metode deteksi objek satu-tahap (*one-stage object detector*) yang unggul dalam hal kecepatan dan efisiensi. Seiring evolusinya, versi terbaru seperti YOLOv11 yang dikembangkan oleh Ultralytics menawarkan peningkatan signifikan dalam kecepatan, akurasi, dan kemampuan ekstraksi fitur. Penting untuk dicatat bahwa YOLOv11 tidak hanya terbatas pada deteksi objek, tetapi juga mendukung tugas klasifikasi citra secara spesifik, dengan model pra-

terlatih (misalnya, yolo11n-cls) yang tersedia dan telah dilatih pada dataset besar seperti ImageNet. (Rasheed dan Zarkoosh, 2024)

Ketersediaan model klasifikasi YOLOv11 yang sudah dilatih sebelumnya ini menjadi faktor pendukung penting bagi penelitian ini. Hal ini memungkinkan penerapan model termutakhir pada domain spesifik klasifikasi buah dan sayuran menjadi lebih terjangkau, terutama untuk lingkup penelitian sarjana di mana pengembangan model dari awal mungkin tidak praktis. Dengan demikian, penelitian ini dapat lebih fokus pada aplikasi dan evaluasi model dalam konteks yang spesifik. Proposal ini bertujuan untuk menginvestigasi efektivitas YOLOv11, sebagai model terkini, untuk tugas klasifikasi citra buah dan sayuran yang menantang, dengan memanfaatkan arsitektur canggih dan kapabilitas klasifikasi spesifik yang dimilikinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat akurasi dan efisiensi algoritma YOLOv11 dalam melakukan klasifikasi berbagai jenis citra buah dan sayuran dengan variasi bentuk, warna, tekstur, dan ukuran?
2. Teknik pra-pemrosesan citra dan augmentasi data manakah yang paling optimal untuk meningkatkan kinerja YOLOv11 dalam klasifikasi citra buah dan sayuran pada dataset yang dipilih?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan algoritma YOLOv11 untuk tugas klasifikasi citra jenis buah dan sayuran.
2. Menganalisis pengaruh berbagai teknik pra-pemrosesan citra dan augmentasi data terhadap kinerja model YOLOv11 pada dataset buah dan sayuran yang dipilih.
3. Mengevaluasi kinerja model YOLOv11 dalam mengklasifikasikan citra buah dan sayuran menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, F1-score, dan confusion matrix.
4. Memberikan rekomendasi mengenai konfigurasi model dan teknik persiapan data yang optimal untuk klasifikasi buah dan sayuran menggunakan YOLOv11 berdasarkan hasil penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. **Manfaat Akademis/Teoritis**
 - a. Memberikan kontribusi pada studi tentang aplikasi algoritma *deep learning* terkini (YOLOv11) dalam domain *computer vision*, khususnya untuk klasifikasi hasil pertanian.
 - b. Memperkaya penelitian mengenai efektivitas YOLOv11 untuk tugas klasifikasi citra yang memiliki variasi tinggi seperti buah dan sayuran.

- c. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada topik serupa.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan dasar untuk pengembangan sistem otomatisasi yang lebih akurat dan efisien dalam identifikasi buah dan sayuran.
- b. Potensi untuk mengurangi kesalahan manusia dan menghemat waktu. Klasifikasi yang akurat dapat mengarah pada kontrol kualitas yang lebih baik.
- c. Dapat menjadi landasan untuk aplikasi konsumen, seperti aplikasi identifikasi buah/sayuran untuk keperluan edukasi atau informasi nutrisi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian akan difokuskan pada 34 jenis buah dan sayuran. Pemilihan jenis akan didasarkan pada ketersediaan dataset yang digunakan (*Fruits and Vegetables Image Recognition Dataset* di Kaggle).
2. Penelitian ini secara spesifik akan menggunakan model klasifikasi dari keluarga YOLOv11 yang sudah dilatih pada ImageNet dan akan di-*fine-tune*.
3. Kinerja model akan dievaluasi menggunakan metrik klasifikasi standar: akurasi (top-1), presisi, recall, F1-score, dan *confusion matrix*.

4. Penelitian ini berfokus pada aspek klasifikasi citra, bukan deteksi objek (lokalisasi *bounding box*) meskipun YOLO secara historis dikenal untuk deteksi.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian, pengumpulan data, implementasi sistem, dan metode pengujian.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Bab ini menjelaskan proses implementasi algoritma secara detail.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi, pengujian, dan analisis performa sistem.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Zaid, M. M., Mohammed, A. A., & Sumari, P. (2025). *Remote Sensing Image Classification Using Convolutional Neural Network (CNN) and Transfer Learning Techniques*. Journal of Computer Science, 21(3), 635-645.
- Akorede, F. A., Leung, M.-F., & Che, H. (2024). *Enhancing Fruit and Vegetable Image Classification with Attention Mechanisms in Convolutional Neural Networks (Version 1)*. Anglia Ruskin Research Online (ARRO).
- Alif, M. A. R., Hussain, M. (2024). YOLOv1 to YOLOv10: *A comprehensive review of YOLO variants and their application in the agricultural domain*. arXiv:2406.10139.
- Batubara, N. A., & Awangga, R. M. (2020). *Tutorial Object Detection Plate Number With Convolution Neural Network (CNN)* (Vol. 1). Kreatif.
- Chen, X., Jiang, N., Yu, Z., Qian, W., & Huang, T. (2025, April). Citrus leaf disease detection based on improved YOLO11 with C3K2. In *International Conference on Computer Graphics, Artificial Intelligence, and Data Processing (ICCAID 2024)* (Vol. 13560, pp. 746-751). SPIE.
- Chyan, P., Arni, S., Thayf, M. S. S., Saputro, I. P., Masruriyah, A. F. N., Siregar, A. M., & Abdal, N. M. (2024). *Pengantar Machine Learning*. Penerbit Mifandi Mandiri Digital, 1(01).

Cloud.google.com. (2020). *Apa itu Kecerdasan Buatan (AI)*. Diakses pada 6 Mei 2025, dari <https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence>.

Datacamp.com. (2024). *Introduction to Activation Functions in Neural Networks*. Diakses pada 7 Mei 2025, dari <https://www.datacamp.com/tutorial/introduction-to-activation-functions-in-neural-networks>.

Dewi, C., Thiruvady, D., & Zaidi, N. (2024). *Fruit Classification System with Deep Learning and Neural Architecture Search*. arXiv:2406.01869.

Docs.ultralytics.com. (2024). *Image Classification*. Diakses pada 20 Mei 2025, dari <https://docs.ultralytics.com/tasks/classify/>.

Docs.ultralytics.com. (2024). *Machine Learning Best Practices and Tips for Model Training*. Diakses pada 21 Mei 2025, dari <https://docs.ultralytics.com/guides/model-training-tips/>.

Docs.ultralytics.com. (2024). *YOLOv11*. Diakses pada 20 Mei 2025, dari <https://docs.ultralytics.com/models/yolo11/>.

Docs.ultralytics.com. (2024). *YOLO Hyperparameter Tuning Guide*. Diakses pada 21 Mei 2025, dari <https://docs.ultralytics.com/guides/hyperparameter-tuning/>.

Fachrezzy SA, I. R. (2025). *IMPLEMENTASI ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) UNTUK DETEKSI OTOMATIS JENIS BUAH BERDASARKAN CITRA WARNA DAN BENTUK MENGGUNAKAN MATLAB* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).

- Gill, H. S., Khalaf, O. I., Alotaibi, Y., Alghamdi, S., & Alassery, F. (2022). *Fruit Image Classification Using Deep Learning*. *Computers, Materials & Continua*, 71(3), 5135–5150.
- Hakim, N. N. (2020). *Implementasi Machine Learning pada Sistem Prediksi Kejadian dan Lokasi Patah Rel Kereta Api di Indonesia*. *Jurnal Sistem Cerdas*, 3(1), 25-35.
- Hamakonda, T. P. (1991). *Pengantar klasifikasi persepuluhan dewey*. Jakarta: BPK Gunung Mulia.
- Hameed, K., Chai, D., & Rassau, A. (2020). *A sample weight and adaboost CNN-based coarse to fine classification of fruit and vegetables at a supermarket self-checkout*. *Applied Sciences*, 10(23), 8667.
- Hintze, A. (2016) *Understanding the Four Types of AI, from Reactive Robots to Self-Aware Beings*. The Conversation.
- Hutahaean, D. J., Wardani, N. H., & Purnomo, W. (2019). Pengembangan Sistem Informasi Penyewaan Gedung Berbasis Web dengan Metode Rational Unified Process (RUP)(Studi Kasus: Wisma Rata Medan). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(6), 5789-5798.
- Ibm.com. (2024). *What is deep learning?*. Diakses pada 8 Mei 2025, dari <https://www.ibm.com/think/topics/deep-learning>.

- Jaya, H., Sabran, S., Idris, M., Djawad, Y. A., Ilham, A., & Ahmar, A. S. (2018). *Kecerdasan Buatan (Cetakan Pertama)*. Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar, Makassar, pp. 1-315.
- Jadhav, D. S., Jaybhaye, S. M., Patil, S. K., Chaudhari, S. S., & Yenikar, A. (2025). *Image-Based Fruit and Vegetable Classification Using CNN Techniques*. *Advances in Nonlinear Variational Inequalities*: Vol 28 No. 4s.
- Jegham, N., Koh, C. Y., Abdelatti, M., Hendawi, A. (2025). *YOLO Evolution: A Comprehensive Benchmark and Architectural Review of YOLOv12, YOLO11, and Their Previous Versions*. arXiv:2411.00201.
- Lillicrap, T. P., Santoro, A., Marris, L., Akerman, C. J., & Hinton, G. (2020). Backpropagation and the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 21(6), 335-346.
- Mohri, M., Rostamizadeh, A., Talwalkar, A. (2018). *Foundations of Machine Learning*. MIT Press, Second Edition, 2018.
- Muhlis, A. (2025). DEEP LEARNING DALAM PENDIDIKAN DAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE.
- Pluralsight.com. (2025). *The 5 different types of machine learning paradigms, explained*. Diakses pada 9 Mei 2025, dari <https://www.pluralsight.com/resources/blog/ai-and-data/machine-learning-paradigms-explained>.

- Putra, W. E., Wijaya, A. Y., & Soelaiman, R. (2016). Klasifikasi citra menggunakan convolutional neural network (CNN) pada caltech 101. *J. Tek. Its*, 5(1), A65-A69.
- Rasheed, A. F., Zarkoosh, M. (2024). *YOLOv11 Optimization for Efficient Resource Utilization*. arXiv:2412.14790v2.
- Ricky Sebastian, I. (2024). *APLIKASI PERANGKAT BERGERAK PENGKLASIFIKASI KESEGERAN DAGING MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DENGAN ARSITEKTUR MOBILENETV2* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Informatika & Komputer Indonesia).
- Sapkota, R., Qureshi, R., Calero, M. F., Badjugar, C., Nepal, U., Poulouse, A. & Karkee, M. (2025). *YOLOv11 to its genesis: a decadal and comprehensive review of the you only look once (YOLO) series*. arXiv preprint arXiv:2406.19407.
- Suthar, S., Bharsadia, P., Dalvi, B., Patil, A., Lopes, A., & Patil, J. (2023). *Fruit and Vegetable Classification Using Convolutional Neural Network*. International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM), vol. 11: 4.
- Syahrani, M. A., Budianto, T. A. C., & Adam, R. I. (2024). KLASIFIKASI BUAH SEGAR DAN BUSUK MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(5), 10823-10827.

- Tia, T. K., & Kusuma, W. A. (2018). Model Simulasi Pengembangan Perangkat Lunak Menggunakan Rational Unified Process (RUP). *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 2(1), 33-40.
- Umeaduma, L. I. (2024). *Survey of image classification models for transfer learning*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 373-383.
- Valkenborg, D., Rousseau, A. J., Geubbelmans, M., & Burzykowski, T. (2023). Unsupervised learning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 163(6), 877-882.
- Wang, W., Zhu, A., Wei, H., & Yu, L. (2024). *A novel method for vegetable and fruit classification based on using diffusion maps and machine learning*. *Current research in food science*, 8, 100737.