

# **RANCANG BANGUN SISTEM SORTIR CERDAS TERINTEGRASI MENGUNAKAN METODE SINGLE SHOT DETECTOR DAN EFFICIENTNETV2 BERBASIS IOT**

## **SKRIPSI**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Komputer (S.Kom.) Pada Program Studi Teknik Informatika



Disusun Oleh :

**Edga Sukma Pratama**

NPM : 2213020040

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)  
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI**

**2026**

Skripsi Oleh :

Edga Sukma Pratama

NPM : 2213020040

Judul :

**RANCANG BANGUN SISTEM SORTIR CERDAS TERINTEGRASI  
MENGUNAKAN METODE SINGLE SHOT DETECTOR DAN  
EFFICIENTNETV2 BERBASIS IOT**

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Skripsi  
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Tanggal : 23 Juni 2026

Pembimbing I

Pembimbing II



Danar Putra Pamungkas, M.Kom  
NIDN. 0708028704



Made Ayu Dusea Widyadara, M.Kom  
NIDN. 0729088802

Skripsi Oleh:

Edga Sukma Pratama

NPM : 2213020040

Judul :

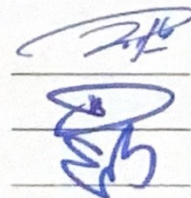
**RANCANG BANGUN SISTEM SORTIR CERDAS TERINTEGRASI  
MENGUNAKAN METODE SINGLE SHOT DETECTOR DAN  
EFFICIENTNETV2 BERBASIS IOT**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi  
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Nusantara PGRI Kediri  
Pada tanggal : 13 Juli 2026

**Dan Dinyatakan telah Memenuhi Syarat**

Panitia Penguji :

1. Ketua : Danar Putra Pamungkas,M.Kom.
2. Penguji I : Daniel Swanjaya,M.Kom.
3. Penguji II : Made Ayu Dusea Widyadara,M.Kom.



Mengetahui,  
Dekan FTIK

**Dr. Sulistiono, M.Si**  
NIDN. 0007076801

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Edga Sukma Pratama  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat/Tgl Lahir : Nganjuk, 04 Desember 2002  
NPM : 2213020040  
Fakultas/Prodi : Teknik dan Ilmu Komputer/ Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak dapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 13 Juli 2026  
Yang Menyatakan



Edga Sukma Pratama  
NPM : 2213020040

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulisan skripsi ini dengan tulus saya dedikasikan kepada:

1. Kedua orang tua saya, yang dengan penuh kesabaran senantiasa mendoakan, memberikan dukungan terbaik, serta menjadi sumber motivasi tak henti-hentinya dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini.
2. Adik-adik saya, yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral, sehingga saya dapat menyelesaikan proses ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan pelajaran berharga, baik dalam ranah akademik maupun kehidupan sehari-hari.
4. Risky Dwi Ahyani Terima kasih telah menjadi *support system* terbaik yang selalu sabar mendengar, menemani, dan menyemangati sampai skripsi selesai.
5. Teman-teman seperjuangan di kampus, yang menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta saling menyemangati selama menjalani masa perkuliahan hingga tahap akhir ini.
6. Almamater tercinta, Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah menjadi tempat saya tumbuh, belajar, dan mengembangkan diri selama masa perkuliahan.
7. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam berbagai bentuk dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.

Semoga dedikasi ini dapat menjadi penghormatan atas semua dukungan, doa, dan kebersamaan yang telah diberikan.

## **HALAMAN MOTTO**

"Bahwa sesungguhnya hakekat hidup itu berkembang menurut kodrat iramanya  
masing-masing menuju ke kesempurnaan."

— **Mukadimah PSHT**

"Keutamaan ilmu lebih baik daripada keutamaan ibadah, karena ilmu adalah  
cahaya, sedangkan ibadah adalah jalan menuju cahaya."

— **Imam Syafi'i**

## RINGKASAN

**Edga Sukma Pratama** Rancang Bangun Sistem Sortir Cerdas Terintegrasi Menggunakan Metode Single Shot Detector Dan EfficientNetV2 Berbasis IoT, Skripsi, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2026

Kata Kunci : *Computer Vision, Deep Learning, EfficientNetV2, IoT, Single Shot Detector (SSD)*, Sortir Tomat Otomatis.

Tomat sebagai komoditas hortikultura strategis di Indonesia perlu ditingkatkan standar mutu pascapanennya melalui penerapan teknologi *computer vision*. Penelitian ini mengusulkan model hibrid *Single Shot Detector (SSD)* dengan *backbone EfficientNetV2* untuk mengatasi ketidakefisienan proses sortir manual yang bersifat subjektif. Model yang dirancang berhasil mencapai nilai precision, recall, dan F1-Score sebesar 0,95 menggunakan dataset 364 citra tomat lokal yang dibagi menjadi data pelatihan, validasi, dan pengujian. *EfficientNetV2* dimanfaatkan sebagai *backbone* pengekstrak fitur visual, sementara SSD digunakan pada tahap deteksi dan lokalisasi objek secara *real-time*. Penelitian ini dibatasi pada dua kategori kualitas yaitu Grade A (bagus) dan Grade B (busuk), dengan mengimplementasikan sistem pada prototipe konveyor otomatis berbasis ESP32 yang dihubungkan melalui protokol Web API untuk menggerakkan aktuator servo pemilah secara otomatis berdasarkan hasil inferensi model.

## PRAKATA

Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya atas perkenaan-Nya tugas penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Sortir Cerdas Terintegrasi Menggunakan Metode Single Shot Detector Dan EfficientNetV2 Berbasis IoT*” ini ditulis guna memenuhi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer, pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri.

Pada Kesempatan ini diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. Selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer yang selalu memberikan dukungan moral kepada mahasiswa.
3. Risa Helilintar, M.Kom. Ketua Program Studi Teknik Informatika yang selalu memberikan arahan kepada mahasiswa.
4. Bapak Danar Putra Pamungkas. Selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan bimbingannya.
5. Bu Made Ayu Dusea Widyadara. Selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan bimbingannya.
6. Kedua Orang Tua saya dan Keluarga atas doa dan dukungannya.
7. Ucapan Terima Kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak menyelesaikan proposal skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan tegur, kritik, dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan. Disertai harapan semoga skripsi ini ada manfaat bagi kita semua, khususnya bagi dunia pendidikan.

Kediri, 13 Juli 2026

Edga Sukma Pratama  
NPM. 2213020040

## DAFTAR ISI

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....              | iv   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....             | v    |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....                   | vi   |
| <b>PRAKATA</b> .....                         | viii |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                      | ix   |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                    | xi   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                   | xii  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                 | xiv  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....               | 1    |
| A. Latar belakang.....                       | 1    |
| B. Identifikasi Masalah.....                 | 2    |
| C. Rumusan Masalah.....                      | 3    |
| D. Batasan Masalah .....                     | 3    |
| E. Tujuan Penelitian .....                   | 4    |
| F. Manfaat Penelitian .....                  | 5    |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....           | 6    |
| A. Teori dan Penelitian Terdahulu.....       | 6    |
| 1. Landasan teori .....                      | 6    |
| 2. Kajian Pustaka .....                      | 17   |
| B. Kerangka Berfikir .....                   | 21   |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....       | 25   |
| A. Desain Penelitian .....                   | 25   |
| B. Instrumen Penelitian .....                | 27   |
| C. Tempat Dan Jadwal Penelitian.....         | 29   |
| D. Objek Penelitian / Subjek Penelitian..... | 29   |
| E. Prosedur Penelitian .....                 | 30   |
| F. Teknik Analisis Data.....                 | 35   |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....     | 53   |
| A. Hasil Penelitian .....                    | 53   |
| 1. Implementasi Desain Sistem .....          | 54   |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 2. Pengujian Fungsional .....     | 62        |
| 3. Pengujian Non-Fungsional ..... | 65        |
| B. Pembahasan.....                | 71        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>        | <b>77</b> |
| A. Kesimpulan .....               | 77        |
| B. Saran .....                    | 77        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>       | <b>78</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>              | <b>82</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu (State-of-the-Art) ..... | 17 |
| Tabel 3. 1 Rencana Kegiatan Penelitian .....             | 29 |
| Tabel 3. 2 Rencana Pengujian Fungsional .....            | 34 |
| Tabel 3. 3 Rencana Pengujian Non-Fungsional .....        | 35 |
| Tabel 3. 4 Contoh Output GAP .....                       | 48 |
| Tabel 3. 5 Confusion Matrix .....                        | 50 |
| Tabel 4. 1 Penyajian Dataset Tomat .....                 | 54 |
| Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Fungsional .....              | 64 |
| Tabel 4. 3 Hasil Skenario pengujian .....                | 70 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Contoh Grade Buah Tomat .....                  | 6  |
| Gambar 2.2 Tahapan Computer Vision .....                  | 8  |
| Gambar 2. 3 Deep Learning .....                           | 8  |
| Gambar 2. 4 Arsitektur CNN .....                          | 9  |
| Gambar 2. 5 Arsitektur SSD .....                          | 10 |
| Gambar 2. 6 Arsitektur MBConv & Faused-MBConv .....       | 12 |
| Gambar 2. 7 Arsitektur EfficientNetV2 .....               | 13 |
| Gambar 2. 8 Arsitektur IoT .....                          | 14 |
| Gambar 2. 9 Arsitektur Edge Computing .....               | 14 |
| Gambar 2. 10 Prototype Konveyor Otomatis.....             | 15 |
| Gambar 2. 11 Kerangka Berpikir .....                      | 21 |
| Gambar 2. 12 Gambaran Proses.....                         | 23 |
| Gambar 3. 1 Use Case Diagram.....                         | 37 |
| Gambar 3. 2 Activity Diagram.....                         | 39 |
| Gambar 3. 3 Preprocessing Activity .....                  | 40 |
| Gambar 3. 4 Sequence Diagram .....                        | 41 |
| Gambar 3. 5 Class Diagram .....                           | 44 |
| Gambar 3. 6 Antarmuka Pengguna (UI/UX Design) .....       | 45 |
| Gambar 4. 1 Pengambilan Dataset .....                     | 53 |
| Gambar 4. 2 Sampel Data Anotasi .....                     | 55 |
| Gambar 4. 3 Resize image .....                            | 56 |
| Gambar 4. 4 Hasil Augmentasi Horizontal Flip.....         | 56 |
| Gambar 4. 5 Hasil Augmentasi Vertical Flip.....           | 57 |
| Gambar 4. 6 Augmentasi Random Brightness Contrast .....   | 57 |
| Gambar 4. 7 Hasil Augmentasi Gaussian Blur .....          | 58 |
| Gambar 4. 8 Hasil Augmentasi Rotate.....                  | 58 |
| Gambar 4. 9 Antarmuka Sistem Deteksi.....                 | 63 |
| Gambar 4. 10 Log Hasil Uji Fungsional .....               | 65 |
| Gambar 4. 11 Model Training History Total Loss Curve..... | 66 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 12 Kurva Localization Loss .....                    | 67 |
| Gambar 4. 13 kurva Classification Loss .....                  | 68 |
| Gambar 4. 14 Confusion Matrix .....                           | 68 |
| Gambar 4. 15 Nilai akurasi, presisi, recall dan F1-Score..... | 69 |
| Gambar 4. 16 Grafik Hasil Pengujian.....                      | 71 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 Surat Penelitian.....                    | 82 |
| Lampiran 2 Berita Acara Bimbingan .....             | 83 |
| Lampiran 3 Kemajuan Bimbingan .....                 | 84 |
| Lampiran 4 Surat Keterangan Bebas Similiarity ..... | 85 |
| Lampiran 5 Letter Of Acceptance.....                | 86 |
| Lampiran 6 Lembar Revisi Ujian Skripsi .....        | 87 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar belakang**

Pertanian menjadi sektor utama dalam menjaga ketahanan pangan global di tengah meningkatnya populasi (Gong & Wu, 2025). Dalam pertanian modern, Tomat (*Solanum lycopersicum*) berperan penting sebagai komoditas pangan dan industri. Di Indonesia, produksi tomat mencapai 1,2 juta ton pada tahun 2023 (BPS, 2023). Peningkatan permintaan buah dan sayuran berkualitas sebesar 18,35% pada tahun 2024 menandakan perlunya efisiensi dan standarisasi mutu pascapanen (Vitasari dkk., 2025).

Pada tahapan pascapanen, proses pengelompokan kualitas tomat masih dilakukan secara manual (Nithya dkk., 2022), sehingga kurang efisien dan subjektivitas dalam penilaian (Mputu dkk., 2024; Prakash dkk., 2023). Kondisi ini berdampak pada waktu, biaya, dan ketidakkonsistenan mutu hasil panen (Iqbal dkk., 2024). Oleh karena itu, diperlukan teknologi otomasi yang mampu melakukan klasifikasi secara objektif, cepat, dan terstandar.

Perkembangan teknologi *Computer Vision* dan *Deep Learning* telah membuka peluang dalam otomasi pertanian khususnya tomat melalui pendekatan berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* yang mampu memberikan akurasi tinggi dalam klasifikasi objek visual pertanian (Palumbo et al., 2023). Beberapa penelitian menunjukkan potensi signifikan, seperti YOLOv5 dengan akurasi 73% pada klasifikasi kematangan tomat (Aras dkk., 2024), Model *EfficientNetV2L* efektif untuk klasifikasi penyakit daun akurasi 97.22% (Mustopa dkk., 2024), dan *SSD MobileNetV2* mencatat 94% akurasi pada sistem konveyor pintar (Vitasari dkk., 2025).

Meskipun berbagai pendekatan tersebut menunjukkan hasil yang menjanjikan, tantangan utama masih pada *trade-off* antara kecepatan dan akurasi (Setiawan dkk., 2024). Model seperti YOLO dan SSD unggul dalam

kecepatan deteksi, namun kurang optimal dalam mengenali objek berukuran kecil atau saling tumpang tindih (Li dkk., 2023; Wang dkk., 2024). Sebaliknya, model dengan akurasi tinggi seperti *EfficientNet* sering kali memerlukan sumber daya komputasi besar sehingga kurang efisien untuk perangkat *Internet of Things(IoT)* atau *edge computing* (Quach dkk., 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, Penelitian ini mengusulkan model hibrid *SSD-EfficientNetV2* yang memadukan kecepatan *Single Shot Detector (SSD)* dengan akurasi tinggi *EfficientNetV2* (Abd El-Aziz dkk., 2025). Integrasi *Computer Vision* dan *Deep Learning* ini bertujuan menyeimbangkan akurasi, kecepatan, dan efisiensi komputasi. Model ini diterapkan pada sistem konveyor pemilah otomatis berbasis IoT dengan pengendalian real-time untuk meningkatkan efisiensi sortir, menjaga mutu, dan mendukung pertanian cerdas berkelanjutan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah-masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Proses sortir tomat secara manual yang masih dominan di sektor pertanian bersifat subjektif dan tidak konsisten. Hal ini menyebabkan kualitas produk yang sampai ke pasar tidak seragam dan berpotensi menurunkan nilai ekonomi.
2. Meskipun solusi otomatisasi berbasis deep learning telah banyak diusulkan, model-model yang ada seringkali menghadapi dilema antara kecepatan deteksi dan akurasi klasifikasi. Lebih dari itu, akurasi yang tinggi belum tentu menjamin keandalan (*reliability*) model, karena model bisa saja membuat keputusan berdasarkan fitur yang tidak sehingga performanya menurun di lingkungan nyata.
3. Banyak model *deep learning* berkinerja tinggi memiliki kompleksitas dan kebutuhan komputasi yang besar, sehingga menjadi tantangan untuk diimplementasikan secara efisien pada

sistem *real-time* berbasis perangkat IoT dengan sumber daya terbatas yang umum digunakan dalam sistem sortir otomatis.

### C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sebuah model *deep learning* yang seimbang antara kecepatan dan akurasi dengan menggabungkan arsitektur *Single Shot Detector (SSD)* dan *backbone EfficientNetV2* untuk mengklasifikasikan kualitas buah tomat?
2. Bagaimana performa dan tingkat keandalan model *SSD-EfficientNetV2* yang diusulkan dalam hal akurasi, presisi, recall, F1-score, dan kecepatan deteksi (*real-time*)?
3. Bagaimana cara mengimplementasikan model yang efisien tersebut pada sebuah prototipe sistem konveyor sortir otomatis berbasis IoT untuk melakukan klasifikasi dan pemilahan buah tomat secara fisik dan *real-time*?

### D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan secara fokus dan terarah, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian: Penelitian ini berfokus pada buah tomat lokal yang diberi label menjadi 2 kelas, yaitu bagus (*Grade A*), dan busuk (*Grade B*).
2. Arsitektur model: penelitian ini menggunakan kombinasi antara deteksi objek dan klasifikasi objek, untuk deteksi menggunakan *Single Shot Detection (SSD)* dan bagian klasifikasi menggunakan arsitektur *EfficientNetV2*.
3. Implementasi hasil penelitian ini dibatasi pada penggunaan prototipe konveyor otomatis dan tidak mencakup penerapan pada sistem konveyor skala industri.

4. Perangkat keras meliputi *microcontroller* menggunakan ESP-32, dengan aktuator servo serta menggunakan konveyor pemilah. Kamera yang digunakan *webcam eksternal* EYD dengan resolusi 1080P. Background foto yang digunakan untuk mengambil gambar kertas A4 warna putih. *Device* yang digunakan minimal memiliki spesifikasi *Intel i5 gen 7* dengan *GPU NVIDIA GEFORCE 940mx*. Ram 16GB dengan SSD 256GB.
5. Bahasa pemrograman yang digunakan python versi 3.10 dengan *library streamlit, PyTorch, OpenCV* sebagai penunjang penelitian.
6. Sistem hanya menghasilkan perhitungan jumlah buah tomat dan pengelompokkan kualitas berdasarkan kriteria yang telah ditentukan peneliti.
7. Menggunakan metrik konvolusional untuk evaluasi, seperti akurasi, presisi, recall dan F1-score.
8. Proses *modelling* dilakukan menggunakan *tools google collab*, sedangkan untuk visualisasi menggunakan *VScode*.

#### **E. Tujuan Penelitian**

Sejalan dengan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merancang, membangun, dan melatih sebuah model *deep learning* yang andal dan efisien dengan arsitektur *SSD-EfficientNetV2* untuk mendeteksi serta mengklasifikasikan kualitas buah tomat secara akurat.
2. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja model yang diusulkan secara kuantitatif berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, F1-score, dan kecepatan deteksi (FPS) untuk memastikan kelayakannya dalam aplikasi industri *real-time*.
3. Mengimplementasikan model *deep learning* yang telah tervalidasi ke dalam prototipe sistem konveyor otomatis berbasis IoT untuk menguji efektivitasnya dalam memilah buah tomat secara fisik dan otomatis.

## **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis : Memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu di bidang *computer vision* dan deep learning, khususnya terkait penerapan arsitektur deteksi objek yang efisien (*SSD-EfficientNetV2*) untuk klasifikasi produk agrikultur.
2. Manfaat Praktis : Menawarkan solusi otomatisasi yang dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses pascapanen, mengurangi biaya operasional yang terkait dengan tenaga kerja manual, serta meningkatkan standar kualitas produk tomat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Aziz, A. A., Mahmood, M. A., & Abd El-Ghany, S. (2025). A Robust EfficientNetV2-S Classifier for Predicting Acute Lymphoblastic Leukemia Based on Cross Validation. *Symmetry*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/sym17010024>
- Adidama, M. R., Samudra, R. B., Arrosyid, W. A., Samsinar, R., & Risanty, R. D. (2025). *Comparison of You Only Look Once (YOLO) and Single Shot Multibox Detector (SSD) Methods for Object Detection Using OpenCV*.
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaría, J., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M., & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Aras, S., Tanra, P., & Bazhar, M. (2024). Deteksi Tingkat Kematangan Buah Tomat Menggunakan YOLOv5. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(2), 623–628. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i2.1270>
- Ayyıldız, M., Çiftçi, Y. K., Kilecioğlu, K., & Arslan, Ö. F. (2024). Fruit Sorting Automation; Cartesian Robot and Conveyor Design. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(3), 1627–1639. <https://doi.org/10.29130/dubited.1400615>
- Caradonia, F., Buti, M., Flore, A., Gatti, R., Morcia, C., Terzi, V., Ronga, D., Moulin, L., Francia, E., & Milc, J. A. (2022). Characterization of Leaf Transcriptome of Grafted Tomato Seedlings after Rhizospheric Inoculation with *Azospirillum baldaniorum* or *Paraburkholderia graminis*. *Agronomy*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy12102537>
- Choi, H. G., & Park, K. S. (2023). Ripening Process of Tomato Fruits Postharvest: Impact of Environmental Conditions on Quality and Chlorophyll a Fluorescence Characteristics. *Horticulturae*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070812>
- Collins, E. J., Bowyer, C., Tsouza, A., & Chopra, M. (2022). Tomatoes: An Extensive Review of the Associated Health Impacts of Tomatoes and Factors That Can Affect Their Cultivation. *Dalam Biology* (Vol. 11, Nomor 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/biology11020239>
- Gong, X., & Wu, Q. (2025). Fruit Detection Methods Based on Deep Learning in Agricultural Planting: A Systematic Literature Review. *Dalam IEEE Access* (Vol. 13, hlm. 96092–96110). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3573364>
- Han, Y. (2025). *Comparative Analysis of Two-Stage and One-Stage Object Detection Models*. 289–294. <https://doi.org/10.5220/0013515900004619>

- Iqbal, M., Midyanti, D. M., & Bahri, S. (2024). Deteksi Objek Manusia Pada Citra Menggunakan Single Shot Detector (SSD) Berbasis Edge Computing. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 11(3), 547–556. <https://doi.org/10.25126/jtiik.938446>
- Jangam, M. D. D. (2023). Automation of Fruit Sorting Process Using Conveyor Belt System. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(6), 2630–2635. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.53976>
- K. Vinothkumar, & Dr. D. Maruthanayagam. (2022). Comprehensive Study On EDGE-Cloud Collaborative Computing for Optimal Task Scheduling. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 75–90. <https://doi.org/10.32628/cseit22824>
- Kridalukmana, R., Eridani, D., Septiana, R., & Windasari, I. P. (2025). *INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION journal homepage: www.joiv.org/index.php/joiv INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION YoloV8\_s, EfficientNetv2\_s, and CSP\_Darknet\_l Comparison as Recognition Model's Backbone for Drone-Captured Images. www.joiv.org/index.php/joiv*
- Kumar, P., & Shukla, P. K. (2024). Deep Learning in Computer Vision: A Critical Review. Dalam *J. Electrical Systems* (Vol. 20, Nomor 3).
- Li, M., Pi, D., & Qin, S. (2023). An efficient single shot detector with weight-based feature fusion for small object detection. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36972-x>
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). *SSD: Single Shot MultiBox Detector*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2)
- Livinus Ifunanya Umeaduma. (2024). Survey of image classification models for transfer learning. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 373–383. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0006>
- Mardianto, Y., Dewi, T., & Risma, P. (2024). Analisis Klasifikasi Kematangan Buah Tomat dengan Pendekatan Transfer Learning Model EfficientNet. *Techno Bahari*, 11(1), 20–25. <https://doi.org/10.52234/tb.v11i1.306>
- Mputu, H. S., Abdel-Mawgood, A., Shimada, A., & Sayed, M. S. (2024). Tomato Quality Classification Based on Transfer Learning Feature Extraction and Machine Learning Algorithm Classifiers. *IEEE Access*, 12, 8283–8295. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3352745>
- Mustopa, A., Khultsum, U., Sabaruddin, R., Ikhsanda, R., & Firmansyah, H. (2024). Penerapan Model EfficientNetV2L Dalam Mendeteksi Citra Penyakit Daun Tomat

- untuk Meningkatkan Hasil Panen Petani. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 6(1), 100–107. <https://doi.org/10.47065/josh.v6i1.5886>
- Nithya, R., Santhi, B., Manikandan, R., Rahimi, M., & Gandomi, A. H. (2022). Computer Vision System for Mango Fruit Defect Detection Using Deep Convolutional Neural Network. *Foods*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/foods11213483>
- Palumbo, M., Cefola, M., Pace, B., Attolico, G., & Colelli, G. (2023). Computer vision system based on conventional imaging for non-destructively evaluating quality attributes in fresh and packaged fruit and vegetables. Dalam *Postharvest Biology and Technology* (Vol. 200). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112332>
- Pamungkas, D. P., & Wijaya, F. M. (2023). *Analisis Hasil Segmentasi Citra Daun Bawang Dengan Metode Adaptive Thesholding dan K-Means Clustering* (Vol. 7, Nomor 1).
- Prakash, B., Kumari, K. S. N., Prakash, T. B., Vijayabaskar, S., Ganga, M., & Nagakumararaj, S. (2023). Automated Sorting of Tomatoes Using Deep Learning Algorithm. Dalam *Journal of Survey in Fisheries Sciences* (Vol. 10, Nomor 1S). <https://www.researchgate.net/publication/369825424>
- Prasetyo, S. E., Atmaja, C., Ardian, M., Ardiansyah, A., Sudarni, R., & Khaira, M. (2024). Edu Komputika Journal Benchmarking YOLOv3 and SSD: A Performance Comparison for Multi-Object Detection Article Info. *Edu Komputika*, 11(2). <https://journal.unnes.ac.id/journals/edukom/>
- Putri Rahma Della, & Yulia Darnita. (2024). *Sistem Deteksi Cacat Buah Tomat Menggunakan Metode Deteksi Tepi SUSAN, Ekstraksi Ciri Statistik, dan CNN*.
- Quach, L. Da, Quoc, K. N., Quynh, A. N., Thai-Nghe, N., & Nguyen, T. G. (2023). Explainable Deep Learning Models With Gradient-Weighted Class Activation Mapping for Smart Agriculture. *IEEE Access*, 11, 83752–83762. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3296792>
- Sathyanarayanan, S. (2024). Confusion Matrix-Based Performance Evaluation Metrics. *African Journal of Biomedical Research*, 4023–4031. <https://doi.org/10.53555/ajbr.v27i4s.4345>
- Setiawan, R. A., & Setyanto, A. (2024). Evaluasi Trade-off Akurasi dan Kecepatan YOLOv5 dalam Deteksi Kebakaran pada Edge Devices. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(11), 4647–4655. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i11.1626>
- Tan, M., & Le, Q. V. (2021a). EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training. *CoRR*, abs/2104.00298. <https://arxiv.org/abs/2104.00298>

- Tan, M., & Le, Q. V. (2021b). *EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training*. <https://github.com/google/>
- Vitasari, J., Nugroho, R. R., Muhammad Andra Kusuma Ramadhan, Owen Pratama Endramawan, & Mochammad Rifki Ulil Albaab. (2025). Smart Conveyor Real-Time Sort Rotten Tomatoes With Deep Learning Method Integrated IoT Control. *JURNAL ILMIAH RESEARCH AND DEVELOPMENT STUDENT*, 3(1), 242–255. <https://doi.org/10.59024/jis.v3i1.1135>
- Wang, L., Shoulin, Y., Alyami, H., Laghari, A. A., Rashid, M., Almotiri, J., Alyamani, H. J., & Alturise, F. (2024). A novel deep learning-based single shot multibox detector model for object detection in optical remote sensing images. *Geoscience Data Journal*, 11(3), 237–251. <https://doi.org/10.1002/gdj3.162>
- Wu, J. (2024). A Review of Research on Image Classification Methods. *Applied and Computational Engineering*, 80(1), 110–114. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/80/2024ch0068>
- Wu, Z., Qiu, K., & Zhang, J. (2020). A Smart Microcontroller Architecture for the Internet of Things. *Sensors*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20071821>
- Zhang, H. (2022). A Review of Convolutional Neural Network Development in Computer Vision. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 7(28), 1–11. <https://doi.org/10.4108/eetiot.v7i28.445>