

RESEARCH ARTICLE

# Sosialisasi Teknologi Kecerdasan Buatan Untuk Mengenal Jenis Sayur dan Buah Secara Otomatis Di Badan Perakitan Dan Modernisasi Pertanian (BRMP) Sayuran Lembang

Suksmandhira Harimurti, Meldi Rendra, Khilda Afifah, Rafhan Mazaya, Fathurrahman, Ervan Fahri Ardiansyah Wahab and Estananto\*

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia  
\* Corresponding author: [estanto@telkomuniversity.ac.id](mailto:estanto@telkomuniversity.ac.id)

## Abstrak

Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian (BRMP) Sayuran memiliki tugas strategis dalam perekrutan, perakitan, dan pengujian tanaman sayuran. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah proses klasifikasi produk hortikultura yang masih manual, memakan waktu, dan rentan terhadap inkonsistensi, terutama dengan meningkatnya jumlah varietas unggul. Untuk mengatasi masalah ini, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan merancang dan mensosialisasikan sistem pengenalan produk hortikultura otomatis berbasis teknik *machine learning* yang terjangkau. Metodologi yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan prototipe menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM dan *platform Edge Impulse Studio*, serta pengujian sistem. Sistem ini dirancang untuk melakukan klasifikasi gambar secara *real-time*, yang ke depannya dapat dikembangkan untuk mendeteksi cacat produk. Temuan awal dari perancangan ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi TinyML sangat potensial untuk diterapkan di lingkungan BRMP karena biaya rendah dan kemudahan operasional. Orisinalitas kegiatan ini terletak pada penerapan solusi *edge computing* yang spesifik untuk kebutuhan klasifikasi produk hortikultura di lembaga pemerintah. Diharapkan implementasi sistem ini dapat meningkatkan efisiensi operasional, mendukung standarisasi mutu, dan mempersiapkan BRMP dalam menghadapi era pertanian modern yang berbasis kecerdasan buatan.

**Key words:** ESP32-CAM, Kecerdasan Buatan, Klasifikasi Hortikultura, Pembelajaran Mesin, TinyML

## Pendahuluan

Pembangunan sektor pertanian memegang peranan krusial dalam ketahanan pangan nasional. Untuk menjamin mutu proses dan produk hasil pertanian, diperlukan adanya standar instrumen pertanian yang modern dan efisien. Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Sayuran (selanjutnya disebut BRMP Sayuran) merupakan Unit Kerja Eselon III di bawah Kementerian Pertanian yang memiliki tugas melaksanakan perekrutan, perakitan, pengujian, serta modernisasi pertanian tanaman sayuran. Tugas ini didasarkan pada Peraturan Menteri Pertanian Nomor 10 Tahun 2025 [1]. Dalam menjalankan fungsinya, BRMP Sayuran menghadapi tantangan dalam proses klasifikasi produk yang cepat dan akurat. Dengan banyaknya varietas unggul hortikultura yang dihasilkan, proses identifikasi dan pemilahan manual menjadi tidak efisien dan dapat menghambat produktivitas. Selain itu, kemampuan untuk memilah produk cacat secara otomatis menjadi kebutuhan mendesak untuk menjaga standar kualitas. Klasifikasi produk yang cepat dan otomatis menjadi salah satu tantangan utama di era modern. Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) menawarkan solusi yang menjanjikan.

Melalui program pengabdian masyarakat ini, tim pengusul dari Universitas Telkom merancang sebuah sistem pengenalan produk hortikultura otomatis yang berbasis teknik pembelajaran mesin (*machine learning*). Sistem ini dirancang agar terjangkau dan mudah dioperasikan, sehingga dapat diadopsi dengan baik oleh mitra. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk meningkatkan efisiensi produksi di BRMP, yang pada akhirnya diharapkan dapat meningkatkan pendapatan dan kesiapan lembaga dalam mengadopsi teknologi berbasis kecerdasan buatan di masa depan.

## Metodologi Penelitian

Penerapan kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang visi komputer (*computer vision*), telah menunjukkan dampak signifikan dalam bidang pertanian dan akan memperbaiki sistem otomasi pertanian [2], [3]. Teknologi ini memungkinkan mesin untuk "melihat" dan menginterpretasikan data visual, seperti gambar dan video, untuk melakukan tugas-tugas seperti identifikasi objek, klasifikasi, dan deteksi anomali seperti yang terjadi pada penyakit tanaman [4], [5]. Dalam konteks

pertanian, aplikasi visi komputer digunakan untuk pemantauan pertumbuhan tanaman, deteksi hama dan penyakit, hingga pemilahan hasil panen berdasarkan kualitas, ukuran, dan kematangan [5], [6]. Salah satu pendekatan yang populer dalam visi komputer adalah penggunaan *Convolutional Neural Networks* (CNNs), sebuah arsitektur deep learning yang sangat efektif dalam analisis gambar [7], [8]. Namun, model CNN yang kompleks seringkali membutuhkan sumber daya komputasi yang besar, seperti GPU berperforma tinggi [4], [9], [10], Ini membuatnya kurang praktis untuk aplikasi di lapangan dengan perangkat berdaya rendah. Untuk mengatasi keterbatasan ini, muncul bidang baru yang dikenal sebagai *Tiny Machine Learning* (TinyML).

TinyML berfokus pada penerapan model *machine learning* pada mikrokontroler dan perangkat *embedded* lainnya yang memiliki keterbatasan daya dan memori [11], [12]. Salah satu platform perangkat keras yang populer untuk aplikasi TinyML adalah ESP32-CAM, sebuah mikrokontroler berbiaya rendah yang sudah terintegrasi dengan kamera. Marcelo Rovai mendemonstrasikan penggunaan ESP32-CAM untuk klasifikasi gambar buah dan sayuran menggunakan platform *Edge Impulse Studio*. Proyek tersebut menunjukkan kelayakan teknis untuk membangun sistem klasifikasi gambar yang portabel dan efisien dengan sumber daya minimal [13]. Pendekatan ini sangat relevan dengan permasalahan yang dihadapi oleh BRMP, di mana solusi yang dibutuhkan harus efektif, terjangkau, dan mudah diimplementasikan di lingkungan kerja yang ada [14]. Metode pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini berupa perancangan teknologi tepat guna, yaitu sistem layanan pertanian untuk mengenali produk hortikultura secara otomatis menggunakan teknologi kecerdasan buatan. Pelaksanaan kegiatan dibagi menjadi beberapa tahapan sistematis untuk memastikan tujuan tercapai dengan baik.



Gambar 1. Diagram alir metodologi perakitan dan pengujian perangkat.

### Tahapan Kegiatan

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah sebagai berikut [2] dan seperti yang ditampilkan pada diagram alir Gambar 1.

- Studi Literatur: Mengkaji penelitian dan proyek terkait klasifikasi gambar menggunakan *machine learning*, khususnya pada perangkat *embedded* seperti ESP32-CAM.
- Koordinasi dengan Mitra: Melakukan komunikasi intensif dengan pihak BRMP untuk memahami kebutuhan spesifik, jenis produk hortikultura yang ada, dan potensi integrasi sistem. Ini termasuk pengumpulan data awal berupa gambar produk.
- Survei Lokasi: Mengunjungi lokasi BRMP di Lembang untuk mengidentifikasi sarana dan prasarana yang tersedia serta memahami alur kerja proses klasifikasi produk saat ini.
- Perancangan dan Perakitan Prototipe: Merancang sistem menggunakan komponen perangkat keras dan lunak yang telah ditentukan. Komponen utama meliputi:
  - Perangkat Keras: ESP32-CAM sebagai unit pemrosesan utama dan penangkap gambar 1.

- Perangkat Lunak: *Edge Impulse Studio* untuk melatih model *machine learning* dan TinyML untuk implementasi pada mikrokontroler.

- Pengujian Awal: Melakukan pengujian fungsionalitas dasar sistem menggunakan dataset sederhana (misalnya dari Kaggle) untuk memastikan semua komponen bekerja sesuai harapan.
- Pengujian Lapangan: Menguji prototipe pada kondisi sebenarnya di BRMP menggunakan produk hortikultura nyata untuk mengukur akurasi dan performa sistem.
- Penyempurnaan dan Demonstrasi: Menyempurnakan model dan sistem berdasarkan hasil pengujian. Selanjutnya, mendemonstrasikan cara kerja sistem kepada staf BRMP.
- Analisis Umpan Balik: Mengumpulkan umpan balik, kritik, dan saran dari mitra untuk evaluasi dan potensi pengembangan lebih lanjut.
- Penyusunan Laporan: Mendokumentasikan seluruh proses kegiatan, hasil, dan analisis dalam bentuk laporan akhir dan publikasi ilmiah.

## Hasil dan Pembahasan

### Arsitektur Sistem dan Proses Pelatihan

Sistem yang dirancang bekerja dengan arsitektur sederhana seperti diilustrasikan pada Gambar 2. ESP32-CAM menangkap gambar objek (buah atau sayur), kemudian model *machine learning* yang sudah ditanamkan di dalamnya akan memproses gambar tersebut dan mengeluarkan hasil klasifikasi. (masukkan gambar ketika kamera diarahkan ke sayur/buah, lalu di layar monitor ada tampilan kotak deteksi nama sayur/buahnya) .



**Gambar 2.** Ilustrasi proses alur pengenalan benda menggunakan Raspberry Pi dan pembelajaran mesin [2].

### Lingkungan Pelatihan Model

Proses pelatihan model dilaksanakan secara terpisah menggunakan *Personal Computer* berkinerja tinggi dan tidak dilakukan pada Raspberry Pi. Perangkat komputasi ini dilengkapi dengan unit pemrosesan grafis (GPU) model NVIDIA GeForce RTX 3080 yang berfungsi untuk mengakselerasi operasi tensor selama proses pelatihan. Konfigurasi perangkat lunak pada tahap ini menggunakan kerangka kerja PyTorch sebagai basis komputasi dan pustaka Ultralytics untuk implementasi arsitektur model *Object Detection*. Dataset yang digunakan dikelompokkan ke dalam tiga himpunan bagian: *training set*, *validation set*, dan *testing set*, serta dilengkapi dengan berkas konfigurasi *data.yaml*. Proses pelatihan dieksekusi untuk meminimalkan fungsi kerugian (*loss function*) hingga dihasilkan parameter bobot model (*model weights*) yang optimal.

### Implementasi pada Raspberry Pi

Implementasi pada perangkat Raspberry Pi 4 difokuskan pada eksekusi inferensi waktu nyata. Sistem ini tidak melakukan proses pembelajaran ulang, melainkan hanya menjalankan model yang telah dilatih sebelumnya. Berikut adalah rincian konfigurasi sistem pada

perangkat Raspberry Pi. Media penyimpanan lokal pada Raspberry Pi dikonfigurasi untuk memuat komponen-komponen esensial berikut:

- Berkas Model Teroptimasi: Bobot model hasil pelatihan yang telah dikonversi (format *.pt* atau *OpenVINO*) untuk efisiensi komputasi pada arsitektur CPU ARM.
- Skrip Pengendali Utama: Kode program *Python* (misalnya *predict.py*) yang berisi algoritma utama sistem.
- Lingkungan Dependensi: Direktori lingkungan virtual (*venv*) yang berisi pustaka pendukung seperti *opencv-python*, *picamera2*, dan *ultralytics* untuk memfasilitasi eksekusi program.

### Alur Proses Eksekusi: Saat sistem beroperasi

Tahapan proses yang dijalankan secara sekuensial adalah:

- Inisialisasi: Sistem memuat bobot model ke dalam memori (RAM) dan mengaktifkan antarmuka kamera.
- Akuisisi Citra: Modul kamera menangkap data visual digital dari lingkungan sekitar.
- Inferensi: Unit pemrosesan melakukan komputasi deteksi objek pada data citra berdasarkan model yang dimuat.
- Visualisasi: Hasil komputasi berupa koordinat kotak pembatas (*bounding box*) dan label kelas diproyeksikan pada citra keluaran dan ditampilkan melalui antarmuka layar.

### Pemilihan Kategori Data

Tahap pemilihan kategori data dilakukan untuk menentukan jenis sayuran dan buah-buahan yang akan digunakan sebagai data latih (*training data*), disesuaikan dengan koleksi yang tersedia. Dataset pelatihan mencakup 24 kelas objek sayuran dan buah-buahan, yaitu: *Carrot*, *Cucumber*, *Tomato*, *Bell Pepper*, *Broccoli*, *Brussels Sprouts*, *Cabbage*, *Cauliflower*, *Celery*, *Corn*, *Eggplant*, *Beans (Fasol)*, *Garlic*, *Hot Pepper*, *Onion*, *Peas*, *Potato*, *Pumpkin*, *Radish (Rediska)*, *Redka*, *Salad*, dan *Squash-Patisson*. Total data latih yang digunakan dalam proses pembelajaran model berjumlah 69.443 citra.

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan 2.309 data uji (*testing data*). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, model berhasil mendeteksi dan mengklasifikasikan objek dengan baik pada kategori: Mentimun (*Cucumber*), Brokoli (*Broccoli*), Kembang Kol (*Cauliflower*), Kentang (*Potato*), dan Kubis (*Cabbage*). Adapun kategori objek yang telah diujikan namun belum bisa terdeteksi dengan baik: Tomat (*Tomato*), Jagung (*Corn*), Labu (*Pumpkin*), Terong (*Eggplant*), Bawang Putih (*Garlic*). Sumber dataset yang digunakan sebagai acuan data latih dalam penelitian ini diperoleh dari repositori publik Roboflow Universe dan Kaggle Dataset. Dataset tersebut dapat diakses melalui tautan berikut: [link dataset].

### Pembuatan Fitur/ Pelabelan Data

Tahapan persiapan dataset merupakan langkah krusial untuk memastikan model *machine learning* mendapatkan input data yang berkualitas. Proses ini dilakukan menggunakan *platform* manajemen data Roboflow dengan alur kerja sebagai berikut:

- Akuisisi dan Impor Citra (*Data Ingestion*)  
Proses diawali dengan pengumpulan data citra mentah yang bersumber dari repositori publik (Kaggle dan Roboflow Universe). Citra-citra yang telah diseleksi kemudian diunggah (*upload*) ke dalam proyek di *platform Roboflow*. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan awal untuk menghapus citra yang duplikat, rusak (*corrupt*), atau memiliki resolusi yang terlalu rendah, guna menjaga integritas data latih.
- Pelabelan Data Berbantuan AI (*AI-Assisted Annotation*)

Setelah citra terunggah, dilakukan proses pelabelan atau anotasi (*labeling*) untuk menentukan lokasi dan kelas objek pada setiap citra. Untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi anotasi, penelitian ini memanfaatkan fitur kecerdasan buatan dari RoboFlow, yaitu *Smart Polygon*. Mekanisme pelabelan dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- Inisialisasi Objek
  - Pengguna menunjuk titik pusat atau area objek target (misalnya: Tomat atau Wortel) pada antarmuka pelabelan.
- Segmentasi Otomatis
  - Algoritma *computer vision* pada fitur *Smart Polygon* secara otomatis mendeteksi tepian objek berdasarkan kontras warna dan bentuk, kemudian membentuk poligon atau kotak pembatas (*bounding box*) yang presisi mengelilingi objek tersebut.
- Verifikasi Manual
  - Hasil seleksi otomatis diperiksa kembali oleh pengguna. Jika terdapat kesalahan deteksi tepi, pengguna melakukan koreksi manual untuk memastikan label benar-benar sesuai dengan bentuk objek.
- Penentuan Kelas
  - Setiap area yang telah dianotasi diberi label kelas yang sesuai (seperti *Tomato*, *Carrot*, *Cucumber*, dll).
- Prapemrosesan dan Augmentasi Data (*Preprocessing & Augmentation*) Sebelum dataset difinalisasi, dilakukan tahap prapemrosesan untuk menyamakan format data. Seluruh citra diubah ukurannya menjadi dimensi standar 640x640 piksel dan diterapkan *Auto-Orient* untuk memperbaiki orientasi citra. Selanjutnya, teknik augmentasi data (*data augmentation*) diterapkan untuk memperkaya variasi data latih dan mencegah overfitting. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi pemutaran citra (*rotation*), pembalikan horizontal (*flip*), serta penyesuaian kecerahan (*brightness adjustment*). Hal ini bertujuan agar model memiliki ketahanan (*robustness*) terhadap berbagai kondisi lingkungan saat diuji coba.
- Pembuatan Versi Dataset (*Dataset Generation*) Tahap akhir adalah pembentukan versi dataset final. Pada tahap ini, seluruh citra yang telah dianotasi dan augmentedasi dibagi secara otomatis ke dalam tiga partisi: 80% *Training Set*, 15% *Validation Set*, dan 5% *Testing Set*. Dataset yang telah terbentuk kemudian diekspor ke dalam format (.zip). Struktur keluaran terdiri dari direktori gambar dan direktori label yang berisi koordinat objek yang ternormalisasi, yang siap untuk digunakan dalam proses pelatihan model.

### Prosedur Pelatihan Model

Proses pelatihan model dilaksanakan melalui serangkaian tahapan sistematis pada lingkungan *Software Anaconda prompt* yang telah terisolasi. Tahap awal dimulai dengan mengaktifkan lingkungan virtual yang telah dikonfigurasi menggunakan perintah *conda activate YOLOv8*. Langkah ini memastikan sistem menggunakan versi pustaka dan dependensi yang tepat tanpa mengganggu sistem operasi utama. Setelah lingkungan aktif, dilakukan instalasi pustaka inti menggunakan perintah *pip install ultralytics*. Perintah ini secara otomatis mengunduh dan mengintegrasikan komponen-komponen perangkat lunak esensial berikut:

1. *PyTorch*
  - Merupakan kerangka kerja (*framework*) pembelajaran mesin yang berfungsi sebagai mesin komputasi utama. *PyTorch* bertugas mengubah data citra menjadi struktur matriks (*Tensor*) dan menangani operasi matematika kompleks, termasuk diferensiasi otomatis yang krusial untuk proses pembelajaran model.
2. *Ultralytics*

Merupakan pustaka tingkat tinggi (*high-level library*) yang dibangun di atas fondasi *PyTorch*. Pustaka ini menyediakan implementasi algoritma YOLOv8, alat pemrosesan data, dan utilitas pelatihan yang mempermudah pengembangan model tanpa perlu menyusun lapisan jaringan saraf dari nol.

Sebelum pelatihan dimulai, dilakukan verifikasi untuk memastikan kerangka kerja *PyTorch* dapat mengakses unit pemrosesan grafis (GPU). Verifikasi dilakukan dengan mengeksekusi perintah *Python import torch* diikuti dengan fungsi *torch.cuda.is\_available()*. Langkah ini memvalidasi bahwa akselerasi perangkat keras telah aktif dan siap digunakan. Model yang digunakan dalam pelatihan ini adalah YOLOv8 Nano (*yolov8n.pt*). Ini merupakan varian arsitektur terkecil dari keluarga YOLOv8 yang dirancang khusus dengan jumlah parameter minim (sekitar 3,2 juta parameter), sehingga sangat optimal untuk dijalankan pada perangkat dengan daya komputasi terbatas seperti Raspberry Pi. Eksekusi pelatihan dilakukan dengan menjalankan skrip perintah pelatihan (*training command*) pada terminal. Algoritma akan memuat dataset, melakukan augmentasi citra, dan melatih model secara iteratif. Setelah seluruh proses selesai, sistem secara otomatis menghasilkan direktori keluaran yang berisi berkas *best.pt*, *weight* yaitu bobot model dengan kinerja akurasi tertinggi yang siap untuk diimplementasikan.

### Implementasi dan Eksekusi Sistem pada Raspberry Pi

Tahap implementasi berfokus pada konfigurasi perangkat lunak di dalam sistem operasi *Raspberry Pi OS (Linux)* agar mampu menjalankan fungsi deteksi secara otomatis dan *real-time*.

1. Mekanisme Eksekusi Otomatis Untuk memastikan sistem beroperasi secara mandiri (*standalone*) tanpa memerlukan intervensi manual pengguna (*keyboard/mouse*) saat perangkat dinyalakan, diterapkan mekanisme autostart menggunakan fitur LXDE Autostart pada lingkungan desktop Linux. Mekanisme ini melibatkan pembuatan dua berkas konfigurasi sistem:
  - Skrip Peluncur (*Shell Script*)
    - Berkas *run\_detector.sh* dibuat sebagai jembatan eksekusi. Skrip ini berisi rangkaian perintah Linux (*bash commands*) yang dijalankan secara berurutan:
      - *sleep 10*: Memberikan jeda waktu 10 detik agar sistem operasi memuat driver kamera dan antarmuka grafis (GUI) sepenuhnya sebelum program berjalan.
      - *source venv/bin/activate*: Mengaktifkan lingkungan *virtual Python* untuk mengakses pustaka khusus.
      - *python predict.py*: Menjalankan program utama deteksi objek.
  - Entri Desktop
    - Berkas konfigurasi *.desktop* ditempatkan pada direktori */.config/autostart/*. Berkas ini menginstruksikan manajer sesi (*session manager*) untuk mengeksekusi skrip peluncur segera setelah proses *booting* selesai dan desktop dimuat. Konfigurasi ini memastikan bahwa saat Raspberry Pi dinyalakan, terminal akan terbuka secara otomatis dan langsung menampilkan hasil deteksi kamera.
2. Analisis Program Utama (*predict.py*)
  - Program predict.py* merupakan inti dari sistem yang mengintegrasikan akuisisi citra, pemrosesan AI, dan visualisasi. Algoritma program ini bekerja dengan logika sebagai berikut:
    - Inisialisasi dan Konfigurasi Kamera Program dimulai dengan menginisialisasi

Untuk mengontrol modul kamera. Pada tahap ini, dilakukan konfigurasi Image Signal Processor (ISP) secara manual (*tuning*). *Parameter shutter speed* (waktu paparan) dan *analog gain* (ISO) dibatasi pada nilai tertentu.

- Pemuatan model teroptimasi
  - Sistem memuat model YOLOv8 yang telah dikonversi ke format OpenVINO. Pemuatan model ini dilakukan menggunakan modul ultralytics. Penggunaan format OpenVINO memungkinkan model dieksekusi menggunakan instruksi CPU yang efisien, menghasilkan *frame rate* (FPS) yang tinggi.
- Deteksi objek rogram memasuki siklus *loop* tanpa henti (*while True*) yang melakukan proses berikut secara berulang:
  - Akuisisi: Kamera menangkap citra mentah (*raw array*) dalam format warna BGR.
  - Inferensi: Citra dikirim ke model AI. Model memproses input resolusi 640x piksel dan menghasilkan prediksi berupa koordinat objek dan probabilitas kelas (sayur/buah).
  - Visualisasi: Hasil prediksi digambarkan kembali ke citra asli menggunakan pustaka OpenCV. Program menggambar kotak pembatas (*bounding box*), label nama objek, dan nilai FPS (*Frames Per Second*) pada layar.

Dengan alur ini, sistem mampu mengenali jenis sayuran dan buah-buahan secara instan dan menampilkannya kepada pengguna secara visual.



Gambar 3. Suasana Presentasi

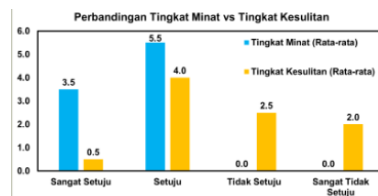


Gambar 4. Foto Bersama di Depan Gedung BRMPTS

Survey yang telah diadakan memberikan hasil yang sangat baik. Hasil survei dari kegiatan sosialisasi alat pendeteksi sayur dan buah yang dilaksanakan di BRMP Lembang pada 5 Desember 2025, dengan melibatkan 9 responden. Secara keseluruhan, penerimaan terhadap kegiatan ini sangat positif; seluruh peserta menyatakan kepuasan mereka terhadap sosialisasi serta menunjukkan minat yang tinggi untuk mempelajari dan mengaplikasikan alat tersebut di lingkungan kerja mereka. Kualitas pelayanan dari tim Universitas Telkom juga mendapat apresiasi tertinggi, di mana seluruh responden "Sangat Setuju"

bahwa para dosen dan mahasiswa bersikap ramah serta tanggap selama acara berlangsung. Terkait aspek produk, mayoritas responden menilai harga kisaran 2,5 juta rupiah masih terjangkau, meskipun terdapat dua orang yang tidak setuju. Namun, terdapat tantangan dalam aspek kegunaan (*usability*); data menunjukkan suara yang terbagi di mana sekitar 4 hingga 5 responden mengaku kesulitan memahami cara kerja alat dan memprediksi akan mengalami kendala saat mengoperasikannya. Meskipun ada kendala pemahaman tersebut, mayoritas responden tetap setuju bahwa alat yang dibuat sudah sesuai dengan kebutuhan mereka sebagai masyarakat sasaran.

Pada bagian penutup, survei menunjukkan antusiasme yang kuat untuk kerja sama berkelanjutan, di mana hampir seluruh responden sangat mengharapkan kembalinya program pengabdian masyarakat dari Universitas Telkom di masa depan. Masukan kualitatif dari peserta menyarankan agar jangkauan alat diperluas dan kinerjanya ditingkatkan. Selain itu, pandangan masyarakat terhadap teknologi *machine learning* yang digunakan cukup positif, dianggap cerdas dan cepat dalam mendeteksi, walaupun mereka menyadari masih adanya sedikit kesalahan (*error*) pada sistem tersebut. Gambar 5 menunjukkan persepsi peserta terhadap kegiatan dan alat yang diusulkan. Berdasarkan grafik perbandingan tersebut, terlihat adanya dinamika menarik antara motivasi peserta dan persepsi mereka terhadap kemudahan penggunaan alat. Tingkat minat, yang ditunjukkan oleh batang berwarna biru, memperlihatkan tren yang sangat positif di mana seluruh respon terkonsentrasi pada kategori "Setuju" dan "Sangat Setuju", tanpa ada satu pun peserta yang menolak untuk mempelajari atau mengaplikasikan teknologi ini. Sebaliknya, grafik tingkat kesulitan yang digambarkan dengan batang oranye menunjukkan pola yang lebih variatif dan kontras; meskipun minat mereka tinggi, sebagian besar responden justru berada pada posisi "Setuju" yang mengindikasikan bahwa mereka masih merasa alat tersebut sulit untuk dipahami atau dioperasikan. Hal ini menyiratkan bahwa walau antusiasme untuk mengadopsi teknologi ini sangat besar, terdapat hambatan teknis atau kurva pembelajaran (*learning curve*) yang cukup signifikan yang perlu dijumpai agar implementasi alat dapat berjalan optimal.



Gambar 5. Persepsi Peserta Terhadap Kegiatan

### Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil merancang dan mensosialisasikan sistem klasifikasi produk hortikultura otomatis berbasis kecerdasan buatan di BRMP Lembang untuk mengatasi tantangan klasifikasi manual. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan teknologi TinyML pada ESP32-CAM dan algoritma YOLOv8 pada Raspberry Pi, memungkinkan deteksi *real-time* untuk 24 jenis sayur dan buah dengan biaya yang relatif rendah. Secara teknis, model telah mampu mendeteksi berbagai komoditas seperti brokoli dan mentimun dengan baik, meskipun masih memerlukan penyempurnaan akurasi untuk beberapa objek lain seperti tomat dan jagung. Hasil survei sosialisasi menunjukkan penerimaan yang sangat positif dari mitra, di mana seluruh responden menyatakan kepuasan dan minat yang tinggi untuk mengadopsi teknologi ini di lingkungan kerja mereka. Mayoritas peserta juga menilai harga alat yang ditawarkan masih terjangkau.

Namun, evaluasi juga menyoroti adanya hambatan dalam aspek kegunaan (*usability*), di mana sebagian peserta merasa kesulitan memahami cara kerja dan pengoperasian alat tersebut, menandakan perlunya perbaikan pada antarmuka pengguna atau pelatihan yang lebih intensif. Secara keseluruhan, inisiasi teknologi ini dinilai sangat relevan untuk mendukung modernisasi dan efisiensi operasional di BRMP Lembang. Antusiasme yang kuat dari mitra untuk menjalin kerja sama berkelanjutan menunjukkan bahwa program ini memiliki dampak strategis, dengan catatan perlu adanya pengembangan lebih lanjut terkait perluasan jangkauan deteksi alat dan peningkatan kinerjanya sesuai masukan peserta. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjadi langkah awal yang solid dalam mempersiapkan lembaga menghadapi era pertanian berbasis kecerdasan buatan.

## Daftar Pustaka

1. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 10 Tahun 2025 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksanaan Teknis Lingkup Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian; 2025. Peraturan Menteri.
2. Tian H, Wang T, Liu Y, Qiao X, Li Y. Computer vision technology in agricultural automation — A review. *Information Processing in Agriculture*. 2020 Mar;7(1):1-19.
3. Ampatzidis Y, Partel V, Costa L. Agroview: Cloud-based application to process, analyze and visualize UAV-collected data for precision agriculture applications utilizing artificial intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020 Jul;174:105457.
4. Fountsop AN, Ebongue Kedieng Fendji JL, Atemkeng M. Deep Learning Models Compression for Agricultural Plants. *Applied Sciences*. 2020;10(19).
5. Sudhakar M, Swarna Priya RM. Computer Vision Based Machine Learning and Deep Learning Approaches for Identification of Nutrient Deficiency in Crops: A Survey. 2023.
6. Kakani V, Nguyen VH, Kumar BP, Kim H, Pasupuleti VR. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020 Dec;2:100033.
7. Tugrul B, Elfatimi E, Eryigit R. Convolutional Neural Networks in Detection of Plant Leaf Diseases: A Review. *Agriculture*. 2022;12(8).
8. Jiang Y, Li C. Convolutional Neural Networks for Image-Based High-Throughput Plant Phenotyping: A Review. *Plant Phenomics*. 2020 Jan;2020:4152816.
9. Wang Rea. Deep Neural Network Compression for Plant Disease Recognition. *Symmetry*. 2021;13(10).
10. Ahmed T, Jannat S, Rahat A, Mou JA, Islam MF, Noor J. Knowledge Distillation and Weight Pruning for Two-step Compression of ConvNets in Rice Leaf Disease Classification. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Networking, Systems, and Security (NSysS '24)*. Association for Computing Machinery; 2025. p. 72-8.
11. Hayajneh AM, Batayneh S, Alzoubi E, Alwedyan M. TinyML Olive Fruit Variety Classification by Means of Convolutional Neural Networks on IoT Edge Devices. *AgriEngineering*. 2023;5(4):2266-83.
12. Albanese A, Nardello M, Fiacco G, Brunelli D. Tiny Machine Learning for High Accuracy Product Quality Inspection. 2023.
13. Rovai M. ESP32-CAM: TinyML Image Classification - Fruits vs Veggies; 2023. Online. <https://hackster.io>.
14. Hairani H, Widiyaningtyas T. Augmented Rice Plant Disease Detection With Convolutional Neural Networks. 2024.
15. Ouhami M, Hafiane A, Es-Saady Y, El Hajji M, Canals R. Computer vision, IoT and data fusion for crop disease detection using machine learning: A survey and ongoing research. *Remote Sensing*. 2021.
16. Upadhyay Aea. Deep learning and computer vision in plant disease detection: a comprehensive review of techniques, models, and trends in precision agriculture. *Artificial Intelligence Review*. 2025;58(3):92.