

Implementasi Aplikasi Estimator Kuantitas Sayuran Pada Media Hidroponik Menggunakan Video Dengan Metode YOLOv5

1st M. Bahrul Ilmi
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
bahrulilmi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sugondo Hadiyoso
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
sugondo@telkomuniversity.ac.id

3rd Yuli Sun Hariyani
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia
yulisun@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi estimasi kuantitas sayuran, khususnya selada, pada sistem hidroponik berbasis deteksi objek menggunakan YOLOv5. Aplikasi ini dirancang untuk mempermudah proses monitoring jumlah tanaman dengan memanfaatkan gambar hasil tangkapan kamera atau frame dari video. Data yang digunakan berupa gambar hasil pemotretan langsung dan gambar yang diekstrak dari video, kemudian dianotasi menggunakan Roboflow dan dilatih menggunakan model YOLOv5 di Google Colab. Hasil deteksi menghasilkan jumlah selada berdasarkan bounding box yang teridentifikasi dalam gambar. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada 42 gambar valid, sistem menunjukkan rata-rata error sebanyak 47,28% selada dari total 4.945 selada, dengan rata-rata tingkat akurasi sebesar 52,7%. Pada uji gambar noise, akurasinya menjadi 25,96%, sedangkan pada uji gambar frame video mencapai 80,39% dengan eror 14,58%. Aplikasi ini diharapkan dapat membantu petani atau pengelola sistem hidroponik dalam melakukan pengawasan pertumbuhan tanaman secara lebih efisien.

Kata kunci— deteksi objek, YOLOv5, hidroponik, estimasi jumlah selada, anotasi gambar

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hidroponik melibatkan budidaya tanaman tanpa tanah, memanfaatkan air untuk menyediakan unsur-unsur penting yang mendorong pertumbuhan (Prihantoro & Indriani, 1999). Pada dasarnya, sistem hidroponik merupakan versi yang disempurnakan dari praktik pertanian tradisional berproduksi tinggi, yang diarahkan untuk meningkatkan hasil dan karakteristik tanaman, sekaligus menjamin pasokan yang konsisten (Rosliani & Sumarni, 2005) [1]. Teknik hidroponik menghadirkan banyak manfaat dibandingkan dengan pendekatan pertanian tradisional (Lukmanul, 2021). Penerapan teknik ini dapat mengurangi konsumsi air hingga 90% dan memungkinkan pengelolaan nutrisi yang tepat bagi tanaman. Selain itu, hidroponik dapat

diterapkan di berbagai lingkungan, terutama di wilayah metropolitan yang cenderung memiliki lahan terbatas (Silitonga dkk., 2021). Karena keunggulan-keunggulan ini, hidroponik mempunyai potensi sebagai strategi yang layak untuk memperkuat pasokan pangan internasional, khususnya di wilayah-wilayah yang menghadapi masalah seperti menurunnya kualitas tanah atau akses yang tidak memadai terhadap sumber air bersih [2].

Salah satu kesulitan dalam menanam tanaman menggunakan hidroponik adalah pencatatan jumlah tanaman dan kesehatannya yang sebagian besar dilakukan secara manual, sehingga prosesnya menjadi lebih lambat. Untuk mengatasi hal ini, penelitian oleh Wijaya dan rekan-rekannya menunjukkan bahwa penggunaan sistem pemantauan berbasis gambar dapat membuat pelacakan tanaman dalam pengaturan hidroponik lebih efisien. Penelitian lain oleh He dan tim mengamati pengenalan stroberi di lahan terbuka dengan menggunakan versi modifikasi YOLOv5 untuk melihat tingkat kematangan buah. Meskipun penelitian mereka menunjukkan hasil yang baik dalam mengidentifikasi stroberi, penelitian tersebut tidak menjelaskan secara rinci langkah-langkah yang terlibat dalam pembuatan model dan sistem secara keseluruhan. Hal ini berarti pembaca mungkin tidak mendapatkan pemahaman yang jelas tentang cara membangun sistem deteksi yang serupa, sehingga sulit untuk menggunakan hasil penelitian mereka sebagai panduan untuk menciptakan perangkat atau sistem yang sebanding. Untuk mengatasi masalah ini, Proyek Akhir ini bertujuan untuk menciptakan sistem yang dapat memprediksi jumlah tanaman selada secara real-time menggunakan metode YOLOv5, sebuah algoritma pembelajaran mendalam yang mendeteksi objek dengan cepat dan tepat. Sistem ini menghitung tanaman selada langsung dari gambar yang diambil di lapangan atau dari video yang telah dibagi menjadi beberapa frame terpisah. Dengan cara ini, proses penghitungan dapat tetap cepat dan akurat, bahkan ketika data berasal dari rekaman video. Penerapan teknologi ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan metode tradisional, yang biasanya lambat, membutuhkan banyak pekerjaan, dan dapat menyebabkan data yang salah. Dengan deteksi YOLOv5, estimasi panen selada menawarkan banyak manfaat dibandingkan metode

pertanian tradisional seperti yang dicatat oleh Lukmanul pada tahun 2021. Pendekatan ini dapat membuat penggunaan air hingga 90% lebih efisien dan memungkinkan kontrol penuh atas nutrisi yang diterima tanaman. Selain itu, hidroponik dapat didirikan di banyak tempat, termasuk kota-kota di mana lahan seringkali langka, seperti yang disorot oleh Silitonga dan rekan-rekannya pada tahun 2021. Manfaat-manfaat ini memosisikan hidroponik sebagai solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan ketahanan dapat dilakukan secara instan, konsisten dan berkelanjutan. Informasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh petani maupun pengelola kebun untuk perencanaan panen, penjadwalan distribusi, hingga pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan produksi. Sebelum algoritma YOLOv5 dapat digunakan untuk memprediksi jumlah panen selada, diperlukan proses anotasi data untuk memberi label pada setiap tanaman selada yang ingin dideteksi. Proses anotasi ini memegang peranan penting karena kualitas label akan sangat memengaruhi kemampuan model dalam mengenali dan menghitung selada dengan tepat. Oleh karena itu, pembuatan dataset yang terstruktur dengan baik menjadi langkah krusial dalam pengembangan sistem prediksi jumlah panen selada secara real-time.

B. Rumusan Masalah

Basedarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membangun sistem yang dapat mendeteksi tanaman selada secara otomatis dari gambar atau video menggunakan model YOLOv5?
2. Bagaimana proses pemberian label atau anotasi pada gambar- gambar selada agar model YOLOv5 dapat dilatih secara efektif?
3. Bagaimana cara menghitung selada secara otomatis berdasarkan hasil deteksi dari model YOLOv5?

C. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun sistem yang dapat mendeteksi objek selada menggunakan model YOLOv5.
2. Mengolah dan mempersiapkan dataset melalui proses anotasi manual agar sesuai dengan format pelatihan YOLOv5.
3. Mengembangkan metode penghitungan jumlah tanaman selada berdasarkan hasil deteksi yang tersimpan dalam file label output.

D. Cakupan Pengerjaan

Cakupan pengerjaan berisi:

1. Perancangan dan pembangunan sistem deteksi serta estimasi kuantitas tanaman selada pada media hidroponik menggunakan algoritma YOLOv5.
2. Penyediaan dan pemrosesan dataset berupa gambar hasil pengambilan dari lokasi hidroponik, baik melalui foto langsung maupun ekstraksi frame dari video, serta proses anotasi menggunakan platform Roboflow.
3. Pelatihan dan penerapan model YOLOv5 dalam mendeteksi objek selada, termasuk penghitungan jumlah objek berdasarkan hasil deteksi, dan visualisasi hasil berupa jumlah selada pada gambar.

E. Tahapan Pengerjaan

Tahapan pengerjaan pada Tugas Akhir ini mencakup seluruh proses yang dilakukan untuk menghasilkan model deteksi objek berbasis YOLOv5 yang mampu mengestimasi jumlah tanaman selada pada sistem hidroponik. Proses ini dilakukan secara terstruktur dan sistematis, dimulai dari pengumpulan data hingga tahap pelatihan model. Adapun tahapan pengerjaannya sebagai berikut:

1. Pengambilan Data Gambar

Pengambilan gambar dilakukan secara langsung di lokasi sistem hidroponik menggunakan dua metode: pengambilan foto langsung dan pengambilan video. Untuk data berupa video, dilakukan proses ekstraksi frame secara manual menggunakan situs web seperti frame-extractor.com agar dapat digunakan sebagai data gambar.

2. Anotasi Dataset

Gambar-gambar hasil pengambilan kemudian diunggah ke platform *Roboflow* untuk dilakukan proses anotasi. Pada proses ini, objek selada ditandai menggunakan *bounding box*, sehingga setiap gambar memiliki label lokasi objek yang akan dikenali oleh model.

3. Pengelolaan Dataset dan Ekspor Format

Setelah proses anotasi selesai, dataset diekspor dari Roboflow dalam format yang sesuai dengan kebutuhan pelatihan YOLOv5, yakni format YOLO (TXT). Dataset ini mencakup folder *images/* dan *labels/* yang sudah tersusun otomatis berdasarkan struktur data YOLO.

4. Pelatihan Model Menggunakan YOLOv5

Dataset hasil anotasi diunggah ke Google Colab, dan proses pelatihan model YOLOv5 dilakukan dengan menggunakan skrip Python yang sesuai. Proses pelatihan menghasilkan dua model utama, yaitu *best.pt* (model dengan performa terbaik) dan *last.pt* (model hasil iterasi terakhir). Model ini nantinya digunakan untuk proses implementasi deteksi selada pada gambar baru.

II. KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Umum

Hidroponik adalah cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah melainkan menggunakan air sebagai suplai hara dan mineral terhadap pertumbuhan tanaman (Prihantoro & Indriani, 1999). Sistem hidroponik pada dasarnya merupakan modifikasi dari sistem pengelolaan budidaya tanaman di lapangan secara lebih intensif dengan tujuan untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi tanaman serta menjamin kontinuitas produksi tanaman (Rosliani & Sumarni, 2005) [1]. Sistem hidroponik menawarkan banyak keuntungan dibandingkan metode pertanian konvensional (Lukmanul, 2021). Metode ini memungkinkan efisiensi penggunaan air hingga 90% lebih hemat, serta memberikan kendali penuh atas nutrisi yang diterima oleh tanaman. Selain itu, hidroponik dapat diterapkan di berbagai lokasi, termasuk daerah perkotaan, yang umumnya memiliki keterbatasan lahan (Silitonga et al., 2021). Keunggulan ini menjadikan hidroponik solusi potensial dalam mendukung ketahanan pangan global, terutama di negara-negara yang menghadapi masalah seperti degradasi lahan atau akses terbatas ke air bersih [2]. Dengan menggunakan air sebagai media tanam dan mengelola pasokan nutrisi secara cermat, hidroponik membantu tanaman tumbuh secara efektif dan menghasilkan produk berkualitas tinggi. Manfaat hidroponik lainnya adalah penggunaan air yang lebih efisien dibandingkan dengan pertanian biasa dan pengendalian nutrisi yang lebih baik, karena nutrisi dapat disesuaikan secara khusus untuk memenuhi kebutuhan tanaman [3].

Pemrosesan citra melibatkan pengamatan dan manipulasi visual dengan memanfaatkan kemampuan visual layaknya manusia. Tujuan utamanya adalah meningkatkan kejernihan visual gambar, sehingga mudah dipahami oleh manusia maupun mesin. Namun, terkadang, daya tarik visual gambar berkurang, yang berujung pada berkurangnya kejernihan. Elemen-elemen seperti gangguan, kejernihan yang kurang memadai, atau pencahayaan yang kurang memadai dapat mengurangi visual, sehingga memengaruhi seberapa jelas dan tepat gambar mengkomunikasikan detail. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini, kemajuan teknologi sangat penting untuk mengidentifikasi pola, menentukan subjek, dan menyederhanakan pemahaman visual individu [4].

Kecerdasan Buatan (AI) adalah bidang studi yang didedikasikan untuk memahami bagaimana sistem dapat menguraikan data secara akurat, memperoleh pengetahuan, dan menerapkan apa yang telah dipelajari untuk menyelesaikan tugas melalui penyesuaian yang fleksibel (Kaplan & Haenlein, 2019). Salah satu teknik yang menonjol adalah YOLO (You Only Look Once), yang merupakan metode inovatif dalam mengenali objek. Tujuannya adalah untuk memenuhi tuntutan akan pengenalan yang sangat akurat, cepat, dan fungsionalitas waktu nyata [5]. Deteksi objek adalah tugas komputasi yang berfokus pada penemuan dan penentuan lokasi objek tertentu dalam gambar atau video [6]. Implementasi YOLOv5 dalam hidroponik menggambarkan efektivitas metode ini; melalui pemrosesan citra digital sebagai inputnya, metode ini telah secara efektif meningkatkan produktivitas pemantauan tanaman dan mengurangi ketergantungan pada inspeksi langsung. Telah ditunjukkan bahwa pengenalan objek menggunakan pemrosesan citra dapat secara tepat mengidentifikasi

tanaman, bahkan ketika dihadapkan dengan beragam pengaturan visual. Hasil ini menggarisbawahi kemampuan signifikan penggunaan YOLOv5 dalam metode pertanian kontemporer yang berbasis teknologi [7].

[8] dalam penelitiannya membuktikan bahwa YOLOv5 mampu mendeteksi buah stroberi secara real-time di lingkungan pertanian terbuka. Meskipun menghadapi tantangan seperti pencahayaan yang tidak merata dan latar belakang yang kompleks, algoritma ini tetap menunjukkan performa tinggi dalam hal kecepatan dan akurasi. Keunggulan tersebut menjadikan YOLOv5 sebagai salah satu algoritma deteksi objek yang handal untuk diterapkan dalam sistem pertanian berbasis visual, terutama pada pengawasan pertumbuhan tanaman secara otomatis. Penelitian oleh Zhang et al. [9] menunjukkan bahwa YOLOv5 mengungguli YOLOv4 dalam hal akurasi deteksi (mAP meningkat 5–16%) dan kecepatan penerapan model (FPS naik dari 23,5 menjadi 38,4), menjadikannya pilihan lebih tepat untuk aplikasi deteksi objek real-time seperti estimasi kuantitas tanaman selada dalam sistem hidroponik.

Python adalah bahasa pemrograman yang sering digunakan oleh berbagai perusahaan terkemuka dan insinyur perangkat lunak dalam menciptakan beragam solusi perangkat lunak yang dirancang khusus untuk komputer, platform daring, dan gawai portabel. Dicituskan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990, judulnya diambil dari program televisi favoritnya, Monty Python's Flying Circus. Guido mulai mengembangkan Python sebagai hobi, dan telah berkembang menjadi bahasa pemrograman yang sangat diminati baik di sektor korporat maupun akademis, berkat kemudahan penggunaannya, kesederhanaannya, dan beragam pustakanya. Banyak mahasiswa, terutama yang terdaftar di universitas yang berorientasi pada teknologi, menunjukkan keinginan kuat untuk menguasai Python [10].

A. Pengolahan Citra

Pemrosesan citra adalah teknik yang berkaitan dengan pemeriksaan dan perubahan citra dengan memanfaatkan kemampuan penglihatan kita. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan kualitas citra agar mudah dipahami oleh manusia maupun sistem komputer. Namun, terkadang, citra dapat kehilangan kualitasnya, yang menyebabkan hasil yang tidak memuaskan.. [4]

B. YOLO

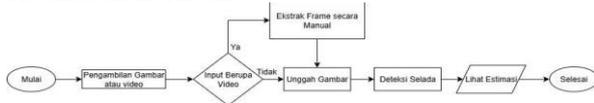
YOLO, yang berarti You Only Look Once, adalah pendekatan baru dalam deteksi objek. Metode ini memenuhi kebutuhan deteksi yang cepat dan akurat serta bekerja secara real-time. YOLOv5 merupakan penyempurnaan dari YOLOv4 karena memberikan akurasi deteksi yang lebih baik dan mempercepat implementasi model, sehingga ideal untuk penggunaan real-time seperti menghitung selada di pertanian hidroponik. [9]

C. Sistem Hidroponik

Hidroponik adalah cara menanam tanaman tanpa tanah, menggunakan campuran air dan nutrisi sebagai sumber utama pertumbuhan. Teknik ini menawarkan lingkungan yang lebih terkendali bagi tanaman untuk tumbuh, sehingga menghasilkan penggunaan air dan nutrisi yang lebih efektif dibandingkan dengan metode pertanian tradisional. [1]

III. METODE

A. Arsitektur Sistem



Gambar 1 Diagram Alur Sistem Estimasi Kuantitas Selada dari Input Gambar atau Video

B. Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem bertujuan untuk menggambarkan alur kerja dan proses operasional dari sistem estimasi kuantitas selada berbasis YOLOv5. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi dan menghitung jumlah objek selada dari input berupa gambar hasil pengambilan langsung atau dari video yang telah diekstrak menjadi frame. Satu-satunya aktor dalam sistem ini adalah pengguna (user), yang bertanggung jawab dalam menyediakan input dan menjalankan proses deteksi. Adapun tahapan dalam sistem ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengambilan Gambar atau Video

Data awal diperoleh dari pengambilan citra di lapangan, baik berupa foto langsung maupun rekaman video dari sistem hidroponik. Ekstraksi Frame (Jika Input Berupa Video)

2. Pengecekan Jenis Input

Setelah data diperoleh, pengguna memeriksa apakah input berupa video. Jika ya, maka pengguna harus mengekstrak frame secara manual menggunakan situs atau perangkat lunak pihak ketiga, seperti frame-extractor.com.

3. Ekstraksi Frame Secara Manual

Proses ini dilakukan di luar sistem menggunakan alat bantu manual. Frame yang diekstrak disimpan dalam format gambar dan kemudian digunakan sebagai input sistem.

4. Unggah Gambar

Baik gambar hasil foto langsung maupun hasil ekstraksi frame kemudian diunggah ke dalam sistem melalui jalur input yang telah disediakan.

5. Deteksi Selada

Gambar yang diunggah akan diproses menggunakan model YOLOv5 yang telah dilatih sebelumnya. Sistem mendeteksi objek selada dan menandainya dengan bounding box.

6. Lihat Estimasi

Jumlah bounding box dihitung untuk mendapatkan estimasi kuantitas selada. Hasil estimasi ditampilkan sebagai output akhir kepada pengguna.

Melalui tahapan-tahapan di atas, sistem mampu melakukan identifikasi dan estimasi kuantitas tanaman selada secara otomatis dengan pendekatan berbasis pengolahan citra. Pemodelan ini juga memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur kerja sistem secara tekstual tanpa bergantung pada representasi visual diagram.

C. Kondisi Sistem

Sistem diuji pada dua kondisi pertumbuhan tanaman selada:

1. Kondisi Pertumbuhan Sedang (3-5 minggu)

Pada fase ini, tanaman belum terlalu rapat dengan diameter daun berkisar $\pm 8-20$ cm. Jarak antar tanaman masih cukup renggang sehingga potensi terjadinya deteksi ganda lebih kecil. Model YOLOv5 dapat bekerja dengan baik karena bentuk individu tanaman terlihat jelas dan jarang saling menutupi. Gambar di bawah menunjukkan contoh kondisi pertumbuhan sedang yang telah melalui proses deteksi dengan bounding box.



Gambar 2 Kondisi pertumbuhan sedang (3-5 minggu) dengan hasil deteksi YOLOv5

2. Kondisi Menjelang Panen

Pada fase ini, tanaman sudah tumbuh rapat dengan diameter daun mencapai $\pm 20-30$ cm. Posisi daun yang saling bersentuhan menyebabkan potensi overlapping tinggi, sehingga model YOLOv5 dapat mengalami miss detection (tanaman tidak terdeteksi) atau over counting (satu tanaman terdeteksi lebih dari sekali). Variasi pencahayaan akibat bayangan dari atap greenhouse dan sinar matahari langsung juga mempengaruhi hasil deteksi. Gambar di bawah memperlihatkan kondisi menjelang panen pada rak hidroponik tanpa proses deteksi, sehingga terlihat jelas tingkat kerapatan tanaman



Gambar 3 Kondisi menjelang panen dengan kerapatan tanaman tinggi

D. Perancangan Antarmuka Pengguna

Menjelaskan Perancangan antarmuka pengguna atau user interface bertujuan untuk memudahkan interaksi antara pengguna dan sistem. Dalam sistem estimasi kuantitas selada ini, antarmuka dirancang sesederhana mungkin agar mudah digunakan oleh pengguna umum, tanpa memerlukan pemahaman teknis yang mendalam.

Antarmuka pengguna dalam sistem ini terdiri dari beberapa tampilan utama, yaitu:

1. Halaman Unggah Gambar atau Video

Pada halaman ini, pengguna dapat memilih file gambar atau video dari perangkat mereka. Tersedia tombol untuk mengunggah file serta petunjuk format file yang didukung (.jpg, .png, .mp4). Jika input berupa video, sistem akan secara otomatis melakukan ekstraksi frame.

2. Halaman Deteksi Selada

Setelah file berhasil diunggah, sistem akan menampilkan hasil deteksi selada pada gambar/frame. Setiap objek selada yang terdeteksi akan diberi kotak pembatas (bounding box) untuk memvisualisasikan keberadaannya.

3. Halaman Hasil Estimasi

Pada halaman ini, sistem akan menampilkan jumlah total objek selada yang terdeteksi. Informasi ini disajikan dalam bentuk angka dan dilengkapi dengan tampilan gambar yang telah dianotasi (bounding box), sehingga pengguna dapat memverifikasi hasil estimasi secara visual.

Setiap tampilan dirancang dengan memperhatikan kemudahan penggunaan dan keterbacaan. Navigasi antar halaman dibuat sederhana agar pengguna dapat mengikuti alur kerja sistem dengan lancar, mulai dari mengunggah data hingga mendapatkan hasil estimasi

E. Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

a. Pengembangan Sistem

Pada tahap pengembangan sistem, dibutuhkan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang menunjang proses pembuatan dan pelatihan model estimasi jumlah selada. Berikut adalah kebutuhan yang digunakan selama proses pengembangan:

Perangkat Keras:

- Laptop atau komputer dengan spesifikasi minimum:
 - a) Prosesor: Intel Core i5 atau setara
 - b) RAM: minimal 8 GB
 - c) Penyimpanan: minimal 256 GB SSD

- d) Koneksi internet stabil (untuk akses Google Colab dan Roboflow)

Perangkat Lunak:

- Sistem Operasi: Windows 10 atau setara
- Google Chrome (untuk menjalankan Google Colab dan Roboflow)
- Python (dijalankan di Google Colab)
- Google Colab (untuk pelatihan model YOLO) • Roboflow (untuk proses anotasi dan ekspor dataset)
- Library Python:
 - a) torch
 - b) opencv-python
 - c) matplotlib
 - d) numpy
 - e) PyYAML
 - f) Pandas

b. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, sistem yang telah dibangun diujicobakan menggunakan perangkat keras dan lunak dengan spesifikasi yang lebih ringan, selama proses inferensi atau estimasi tidak lagi memerlukan pelatihan ulang model.

Perangkat Keras Minimum:

- Laptop atau komputer dengan spesifikasi:
 - a) Prosesor: Intel Core i3 atau setara
 - b) RAM: minimal 4 GB
 - c) Penyimpanan: minimal 128 GB

- Kamera atau smartphone (jika mengambil gambar langsung)

Perangkat Lunak:

- Sistem Operasi: Windows 10 atau Linux
- Python (diinstal secara lokal atau melalui Google Colab jika berbasis cloud)
- Model YOLO hasil pelatihan (best.pt)
- Script deteksi (misalnya detect_selada.py)

Dengan perangkat keras dan lunak tersebut, pengguna dapat menjalankan proses deteksi selada dan memperoleh estimasi jumlah secara otomatis berdasarkan gambar atau video yang diberikan.

F. Ilustrasi Penempatan Kamera

Dalam sistem estimasi kuantitas selada berbasis YOLOv5, penempatan kamera merupakan aspek krusial untuk memastikan kualitas citra yang digunakan sebagai input sistem deteksi. Kamera berfungsi untuk menangkap gambar atau video dari area tanam hidroponik secara menyeluruh agar proses deteksi objek dapat berjalan optimal. Kamera diletakkan pada posisi statis di atas instalasi hidroponik dengan sudut pengambilan gambar tegak lurus dari atas. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi tumpang tindih visual antar tanaman dan memungkinkan model YOLOv5 mengenali objek selada secara lebih akurat melalui bounding box yang terbentuk. Selain itu, posisi ini juga memudahkan dalam menangkap seluruh baris tanaman dalam satu bingkai, sehingga meningkatkan efektivitas proses estimasi kuantitas.



Gambar 4 Ilustrasi penempatan kamera

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

Setelah proses perancangan dan pelatihan model selesai, sistem kemudian diimplementasikan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah objek selada dari input berupa gambar

atau video. Sistem ini dirancang untuk dapat dijalankan secara lokal pada perangkat pengguna maupun secara online melalui platform Google Colab. Pelatihan model dilakukan di Google Colab, sementara proses inferensi (deteksi) dijalankan secara lokal untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan.

Sistem terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- Modul input data (gambar atau video)
- Modul ekstraksi frame (untuk input berupa video)
- Modul deteksi objek berbasis YOLOv5
- Modul estimasi kuantitas selada
- Antarmuka pengguna

B. Tahapan Implementasi Sistem

Berikut ini adalah tahapan implementasi sistem secara umum:

1. Instalasi dan Persiapan Lingkungan

- Instalasi pustaka Python yang diperlukan seperti torch, opencvpython, matplotlib, numpy, dan PyYAML.
- Penggunaan Google Colab untuk pelatihan model YOLOv5 menggunakan dataset hasil anotasi dari Roboflow.

2. Struktur Program

- Program utama dibuat menggunakan bahasa Python.
- Model YOLOv5 digunakan sebagai basis deteksi objek.
- Program dibagi ke dalam beberapa skrip, antara lain:
 - detect_selada.py untuk proses inferensi dari gambar atau video
 - Skrip tambahan untuk menampilkan dan menyimpan hasil deteksi

3. Deskripsi Implementasi Sistem

- Pengguna mengunggah gambar atau video melalui antarmuka atau path file.
- Jika input berupa video, pengguna mengekstrak frame menggunakan situs frame-extractor.com.
- Gambar atau frame yang diperoleh dikirim ke model YOLOv5 untuk proses deteksi selada.

d) Setiap bounding box yang berhasil terdeteksi dihitung untuk memperkirakan kuantitas tanaman selada.

e) Output sistem berupa gambar yang telah ditandai dan informasi jumlah selada yang terdeteksi.

2. 4. Kebutuhan Performa Sistem

a) Sistem dapat dijalankan pada perangkat dengan spesifikasi menengah tanpa GPU.

b) Setelah model dilatih, proses inferensi tidak memerlukan koneksi internet.

c) Waktu inferensi tergantung pada resolusi gambar dan jumlah objek pada citra.

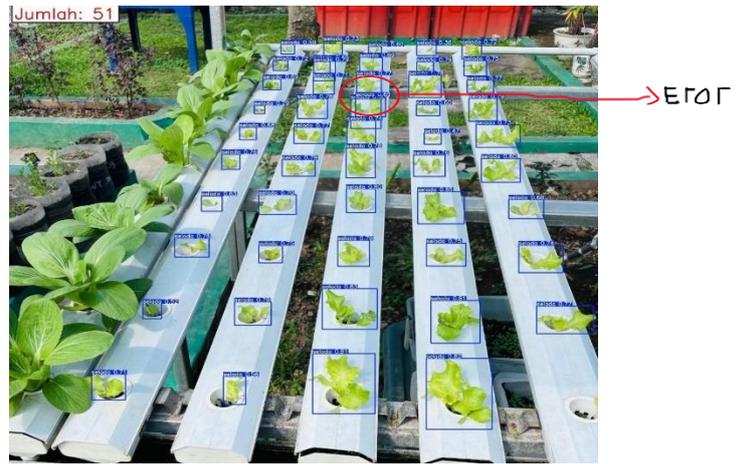
Implementasi sistem ini bertujuan agar sederhana, efisien, dan fleksibel untuk digunakan oleh pengguna awam sekalipun, tanpa memerlukan spesifikasi tinggi atau instalasi yang rumit.

C. Evaluasi Sistem

Evaluasi performa deteksi dilakukan dengan menggunakan empat gambar uji yang mencerminkan berbagai kondisi lapangan, seperti pencahayaan tidak merata, latar belakang yang kompleks, serta tanaman yang rapat dan saling menutupi. Total dataset terdiri dari 105 gambar dengan 7.034 label objek selada yang sudah di bounding box. Jumlah gambar meningkat dari 44 gambar jadi 105 karena dilakukan augmentasi data untuk memperkaya variasi citra pelatihan. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi *flip horizontal*, rotasi -12° dan $+12^\circ$, serta *shear* $\pm 10^\circ$ (horizontal dan vertikal). Peningkatan jumlah data ini bertujuan untuk membantu model YOLOv5 mempelajari berbagai variasi posisi, orientasi, dan bentuk objek selada, sehingga diharapkan dapat meningkatkan akurasi deteksi pada kondisi nyata.

D. Pengujian

Gambar di bawah menunjukkan hasil deteksi sistem terhadap citra kebun hidroponik yang berisi tanaman selada. Setiap objek selada berhasil dikenali oleh model dengan diberikan bounding box berwarna biru dan label "selada" beserta nilai confidence score. Total jumlah selada yang terdeteksi dalam gambar ini adalah 51 objek dan 2 error karena jumlah tanamannya ada 49, sesuai dengan hasil yang tertera pada bagian kiri atas gambar (*Jumlah: 51*). Deteksi ini dilakukan untuk menguji keakuratan sistem dalam mengenali objek selada berdasarkan hasil pelatihan model YOLO.



Gambar 5 Hasil Deteksi *img8.jpg* pada selada menggunakan Model YOLOv5

Pada gambar di bawah, sistem berhasil mendeteksi tanaman selada pada media tanam hidroponik dengan total deteksi sebanyak 112 objek dan 10 yang eror karena ada tanaman yang terdeteksi objeknya sampai 2-3 kali dalam 1 tanaman, yang ditampilkan pada pojok kiri atas gambar (*Jumlah: 112*). Setiap selada ditandai dengan bounding box berwarna biru, disertai label "selada" dan nilai confidence score.

Pengujian ini membuktikan bahwa model mampu bekerja pada lingkungan terbuka dengan pencahayaan yang berbeda dari pengujian sebelumnya, serta tetap mampu mengenali objek dengan akurasi yang kurang baik.



Gambar 6 Hasil Deteksi *img21.jpg* pada selada menggunakan Model YOLOv5

Pada gambar ini, sistem melakukan deteksi objek terhadap citra hasil ekstraksi frame dari video sistem hidroponik. Proses deteksi menghasilkan sejumlah bounding box berlabel "selada" dengan confidence score tertentu. Jumlah selada yang terdeteksi pada frame ini adalah 51 dan 10 error, ditampilkan secara otomatis oleh sistem pada pojok kiri

atas. Gambar ini menunjukkan kemampuan sistem dalam mengenali dan menghitung objek pada input dari rekaman video.



Gambar 7 Hasil Deteksi img44.jpg dari frame video pada selada menggunakan Model YOLOv5

Gambar di bawah merupakan hasil pengujian model deteksi objek pada kondisi lingkungan nyata yang mengandung gangguan (noise), seperti adanya jari tangan yang tidak disengaja masuk dalam frame. Pada gambar tersebut, model tetap berhasil mendeteksi objek selada dengan cukup akurat, meskipun sebagian area pada gambar tertutup. Total jumlah selada yang berhasil terdeteksi adalah sebanyak 38 objek, eror 11 dan ada beberapa selada yang tidak terdeteksi, yang ditandai dengan bounding box berwarna biru serta label klasifikasi dan tingkat kepercayaan (confidence score) masing-masing.

Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu beradaptasi terhadap noise ringan, dan tetap memberikan estimasi kuantitas yang akurat. Namun demikian, kualitas gambar tetap menjadi faktor penting yang dapat memengaruhi kinerja deteksi secara keseluruhan. Noise berlebih seperti pencahayaan ekstrem atau objek asing yang menutupi area utama tanaman dapat menyebabkan penurunan akurasi.



Gambar 8 Hasil Deteksi img26.jpg dari noise pada selada menggunakan Model YOLOv5

Tabel 1 Data gambar valid

Tabel 1 Data gambar valid

Nama Gambar	Jumlah Sebenarnya	Selada Teridentifikasi	Error	True Positive (TP)	False Positive (FP)	False Negative (FN)
Img1	40	50	15	35	0	5
Img2	66	28	5	23	0	43
Img3	141	72	10	62	0	79
Img4	85	64	8	56	0	29
Img5	96	90	12	78	0	18
Img6	49	51	4	47	0	2

img7	96	72	7	65	0	31
img8	49	50	2	49	0	0
img9	100	66	6	60	0	40
img10	120	66	7	59	0	61
img11	141	82	4	78	0	63
img12	145	92	10	81	1	64
img13	145	108	11	96	1	49
img14	145	115	13	102	0	43
img15	145	129	10	119	0	26
img16	145	130	15	115	0	30
img17	145	129	18	111	0	34
img18	145	108	12	96	0	49
img19	145	94	9	85	0	60
img20	135	59	3	56	0	79
img21	135	112	10	102	0	33
img22	145	97	8	89	0	56
img23	145	111	10	101	0	44
img24	135	48	6	42	0	93
img25	135	44	6	38	0	97
img27	142	71	7	64	0	78
img28	146	39	4	35	0	111
img29	146	52	9	43	0	103
img30	149	75	7	68	0	81
img31	149	73	6	67	0	82
img32	146	52	10	42	0	104
img33	146	39	9	30	0	116
img34	146	48	5	43	0	103
img35	146	25	3	22	0	124
img36	146	27	4	23	0	123
img37	146	53	8	45	0	101
img38	42	55	15	40	0	2
img39	49	50	1	49	0	0
img40	135	89	7	82	0	53

*catatan: eror yang di maksud itu karena YOLOv5 mendeteksi 2 kali atau lebih pada selada yang sama

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Total TP}}{\text{Total Jumlah sebenarnya}} \times 100 = \frac{2.607}{4.945} \times 100 = 52,7\%$$

$$\text{Rata-rata eror} = \frac{\text{Total Jumlah sebenarnya} - \text{Total TP}}{\text{Total Jumlah sebenarnya}} \times 100 = \frac{4.945 - 2.607}{4.945} \times 100 = 47,28\%$$

Tabel 2 Gambar Noise

Nama Gambar	Jumlah Sebenarnya	Selada Teridentifikasi	Error	True Positive (TP)	False Positive (FP)	False Negative (FN)
Img26	104	38	5	27	0	77

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Total TP}}{\text{Total Jumlah}}$$

$$\text{Rata-rata eror} = \frac{\text{Total Jumlah sebenarnya} - \text{Total TP}}{\text{Total Jumlah sebenarnya}} \times 100 = \frac{104 - 27}{104} \times 100 = 74,03\%$$

Tabel 3 Gambar frame video

Nama Gambar	Jumlah Sebenarnya	Selada Teridentifikasi	Error	True Positive (TP)	False Positive (FP)	False Negative (FN)
Img44	48	51	10	41	0	7

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Total TP}}{\text{Total Jumlah sebenarnya}} \times 100 = \frac{41}{51} \times 100 = 80,39\%$$

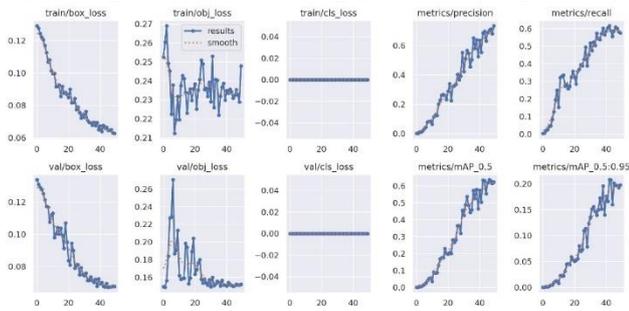
$$\text{Rata-rata eror} = \frac{\text{Total Jumlah sebenarnya} - \text{Total TP}}{\text{Total Jumlah sebenarnya}} \times 100 = \frac{48 - 41}{48} \times 100 = 14,58\%$$

Gambar di bawah menampilkan hasil pelatihan model YOLOv5 selama 50 epoch. Sumbu X pada seluruh grafik menunjukkan jumlah epoch, yaitu banyaknya siklus pelatihan di mana seluruh dataset diproses sekali penuh oleh model. Pada penelitian ini digunakan 50 epoch, artinya model mempelajari seluruh data pelatihan sebanyak 50 kali untuk memperbaiki bobot (weights) dan meningkatkan akurasi deteksi.

Sumbu Y pada setiap grafik memiliki arti yang berbeda tergantung metrik yang ditampilkan. Untuk grafik `train/box_loss` dan `val/box_loss`, sumbu Y menunjukkan nilai bounding box regression loss. Nilai ini mengukur ketepatan model dalam memposisikan bounding box di sekitar objek, di mana semakin kecil nilainya berarti posisi bounding box semakin akurat. Pada grafik `train/obj_loss` dan `val/obj_loss`, sumbu Y merepresentasikan objectness loss, yang menunjukkan kemampuan model dalam membedakan objek dari latar belakang; penurunan nilai ini menandakan peningkatan performa deteksi objek.

Nilai pada grafik `train/cls_loss` dan `val/cls_loss` adalah classification loss. Dalam penelitian ini nilainya tetap nol karena dataset hanya memiliki satu kelas, yaitu selada, sehingga tidak ada proses klasifikasi antar kelas. Pada grafik `metrics/precision`, sumbu Y menunjukkan proporsi prediksi positif yang benar dari seluruh prediksi positif yang dibuat model, sedangkan pada grafik `metrics/recall`, sumbu Y menunjukkan proporsi objek yang benar-benar terdeteksi dari seluruh objek yang ada.

Selanjutnya, grafik `metrics/mAP_0.5` dan `metrics/mAP_0.5:0.95` menggunakan sumbu Y untuk menampilkan nilai mean Average Precision. `mAP_0.5` mengukur akurasi deteksi pada IoU threshold 0,5, sedangkan `mAP_0.5:0.95` adalah rata-rata akurasi pada IoU threshold dari 0,5 hingga 0,95. Peningkatan nilai mAP menunjukkan bahwa model semakin mampu mendeteksi objek dengan tepat baik dari segi posisi maupun jumlahnya.



Gambar 9 Grafik hasil pelatihan model YOLOv5 selama 50 epoch

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, sistem deteksi dan estimasi kuantitas sayuran selada pada media hidroponik menggunakan video berhasil diimplementasikan dengan metode YOLOv5. Sistem ini mampu mendeteksi objek selada baik pada gambar hasil ekstraksi video maupun gambar langsung, dengan menampilkan bounding box di sekitar objek yang terdeteksi. Dataset yang digunakan telah berhasil disiapkan melalui proses anotasi manual menggunakan Roboflow sehingga sesuai dengan format pelatihan YOLOv5. Selain itu, metode penghitungan jumlah tanaman selada berdasarkan file label output hasil deteksi

juga berhasil dikembangkan, sehingga sistem dapat menghitung jumlah bounding box yang terdeteksi dan menampilkannya pada gambar hasil deteksi. Berdasarkan pengujian terhadap 42 gambar valid yang berisi total 4.945 tanaman selada, sistem menghasilkan akurasi rata-rata 52,7% dengan error 47,28%. Pada uji gambar noise, akurasi menjadi 25,96%, sedangkan pada uji gambar frame video mencapai 80,39% dengan error 14,58%. Dengan demikian, seluruh tujuan yang telah dirumuskan dalam Tugas Akhir ini dapat tercapai dengan baik, meskipun akurasi bervariasi tergantung kondisi citra.

REFERENSI

- [1] G. N. d. R. Fajarfika, "Pengaruh Media Tanam pada Hidroponik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kailan (*Brassica Oleracea L.*)," *JAGROS*, pp. 281-291, 2020.
- [2] K. S. d. S. A. Ninasari, "Inovasi Teknologi Pertanian: Pengaruh Sistem Hidroponik terhadap Pertumbuhan Sayuran," *Review Pendidikan dan Pengajaran*, pp. 17090-17094, 2024.
- [3] I. A. I. S. d. S. S. I. Rosyidah, "I. Rosyidah, I. Anshory, I. Sulistiyowati, dan S. Syahronini," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, pp. 234-239, 2024.
- [4] A. Z. F. K. I. L. V. F. Z. D. G. P. M. a. E. P. G. L. Riani, "SiCitra: Aplikasi Berbasis Web untuk Pemrosesan Citra Digital Menggunakan OpenCV," *Informatika UPGRIS*, pp. 39-46, 2024.
- [5] I. M. D. T. R. S. A. S. O. S. & P. M. P. Maleh, "Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Object Detection Sarang Orang Utan," *Informatika*, pp. 19-27, 2023.
- [6] A. F. P. d. N. P. D. L. Riani, "Implementasi Algoritma YOLO untuk Identifikasi Jenis *Aglaonema* Berbasis Web," *Informasi*, p. 189-194, 2024.
- [7] M. R. N. d. M. A. F. A. P. Wijaya, "Penerapan Algoritma YOLOv5 untuk Deteksi Tanaman Bayam pada Sistem Hidroponik," *Jurnal Teknologi Terapan*, Vol. %1 dari %2Penelitian ini mengimplementasikan YOLOv5 untuk mendeteksi tanaman bayam secara real-time guna mendukung pemantauan otomatis di sistem hidroponik., no. Vol. 10, No. 2, p. 55-62, 2023.
- [8] J. Z. d. W. L. M. He, "Real-time Plant Detection in Smart Farming using YOLOv5," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. %1 dari %2Artikel ini menunjukkan efektivitas YOLOv5 dalam mendeteksi tanaman secara real-time di lingkungan pertanian terbuka, mendukung penggunaan untuk aplikasi pemantauan cerdas., no. Vol. 198, p. 105-112, 2022.
- [9] M. A. M. A. & E. Yılmaz, "Evaluating YOLOv4 and YOLOv5 for Enhanced Object Detection in UAV-Based Surveillance," *Processes*, p. pp. 1-16, 2025.

[10] M. R. a. B. Kurniawan, "Pembelajaran Pemrograman Python dengan Pendekatan Logika Algoritma," *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya (JTIM)*, pp. 37-44, 2020.

