

Identifikasi Pengenalan Pola Daun Kelor Kering Dengan Yolo V8

I Putu Candra Jumariana¹, Putu Sugiartawan^{*2}

^{1,2}Program Studi, Teknik Informatika, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia, Bali, Indonesia
e-mail: ¹putucandra2203@gmail.com, ^{*2}putu.sugiartawan@instiki.ac.id

Abstrak

Pengenalan pola dan identifikasi tingkat kekeringan daun kelor kering merupakan langkah penting dalam meningkatkan efisiensi proses pengeringan daun kelor. Studi ini mengusulkan penggunaan metode YOLOv8 untuk mengenali secara real-time tingkat kekeringan daun kelor selama proses pengeringan. Dataset gambar daun kelor dikumpulkan dan diolah untuk pelatihan model YOLOv8, yang kemudian dievaluasi kinerjanya melalui pengujian pada dataset pengujian. Hasil menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan gambar daun kelor dengan akurasi tinggi, memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat terkait kualitas daun kelor. Metode evaluasi termasuk confusion matrix, kurva ROC, kurva Presisi-Ingatlah, dan cross-validation menunjukkan kinerja yang baik dari model. Hasil ini menggambarkan potensi YOLOv8 dalam mendukung pemantauan proses pengeringan daun kelor secara optimal.

Kata kunci— Identifikasi, Daun kelor, You Only Look Once;

Abstract

Pattern recognition and identification of the dryness level of dried Moringa leaves is an important step in increasing the efficiency of the Moringa leaf drying process. This study proposes the use of the YOLOv8 method to recognize in real-time the degree of dryness of Moringa leaves during the drying process. Moringa leaf image datasets were collected and processed for training the YOLOv8 model, which then evaluated its performance through testing on the test dataset. The results show that the model is able to classify images of Moringa leaves with high accuracy, enabling fast and accurate decision making regarding the quality of Moringa leaves. Evaluation methods including confusion matrix, ROC curve, Precision-Recall curve, and cross-validation indicate good performance of the model. These results illustrate the potential of YOLOv8 in supporting optimal monitoring of the drying process of Moringa leaves.

Keywords— Identification; Moringa Leaves; You Only Look Once;

1. PENDAHULUAN

Pengenalan dan identifikasi pola daun kelor kering dengan menggunakan YOLOv8 merupakan langkah penting dalam peningkatan proses pengeringan daun kelor. Daun kelor (*Moringa oleifera*) memiliki nilai nutrisi yang tinggi dan digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, dari pangan hingga suplemen kesehatan [1]. Namun, untuk memastikan kualitasnya, diperlukan tingkat pengeringan yang optimal. Proses pengeringan ini menjadi krusial untuk memastikan nutrisi terkonservasi dengan baik dan memenuhi standar pengenalan pola yang diinginkan.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) memiliki nilai nutrisi tinggi dan digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pangan, suplemen kesehatan, dan ramuan tradisional [2][3][4]. Namun, kualitas daun kelor sangat dipengaruhi oleh tingkat pengeringan yang optimal. Proses pengeringan daun kelor menjadi kering secara sempurna sangat penting untuk memastikan konservasi nutrisi dan memenuhi standar pengenalan pola yang diinginkan [5]. Oleh karena itu, diperlukan suatu mesin pengeringan berisi kamera yang mampu mengidentifikasi tingkat pengeringan daun kelor.

Penggunaan kamera untuk merekam video selama proses pengeringan memberikan kemampuan untuk mengamati perubahan visual pada daun kelor seiring berjalannya waktu. Integrasi YOLOv8 dalam analisis video memungkinkan sistem untuk secara otomatis mengenali dan melacak perubahan pada tingkat kekeringan daun kelor. Setiap fase pengeringan dapat diidentifikasi dan dianalisis secara tepat waktu, memungkinkan untuk pengambilan keputusan yang cepat dan akurat terkait kualitas daun [6]. Hasil dari proses pengeringan daun kelor yang telah diidentifikasi kemudian akan diatribusikan ke data daun kelor kering kondisi TIDAK atau YA Kering sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan. Hal ini membantu dalam peningkatan efisiensi produksi, pemantauan kualitas secara real-time, dan memastikan bahwa daun kelor yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

Salah satu pendekatan yang muncul untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan teknologi identifikasi objek dalam bidang visi komputer, seperti YOLOv8 [7]. YOLOv8 dikenal karena kemampuannya untuk mengidentifikasi objek secara real-time dengan akurasi yang tinggi [8]. Dalam konteks pengeringan daun kelor, integrasi kamera dan analisis video memungkinkan sistem untuk secara otomatis mengenali dan melacak perubahan pada tingkat kekeringan daun kelor selama proses pengeringan. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat terkait kualitas daun, serta meningkatkan efisiensi produksi dan pemantauan kualitas secara real-time.

Tahapan penelitian secara garis besar belum disampaikan. Penelitian ini meliputi beberapa tahapan penting, termasuk pengumpulan dataset, pelatihan model YOLO V8, evaluasi kinerja model, dan analisis hasil. Setiap tahapan memiliki peran krusial dalam memastikan keberhasilan implementasi sistem identifikasi dan pengenalan pola daun kelor kering menggunakan YOLO V8.

Evaluasi kekeringan daun kelor dilakukan dengan mengukur berbagai ciri dan karakteristik. Salah satu ciri utama yang digunakan adalah tingkat kekeringan relatif daun kelor, yang dapat dilihat dari perubahan warna, tekstur, dan kekerutan pada permukaan daun. Selain itu, karakteristik fisik seperti kerapatan, ketebalan, dan kekakuan daun juga menjadi faktor penentu dalam menentukan kekeringan daun kelor.

Metode pengukuran kekeringan daun kelor dapat bervariasi, mulai dari pengukuran visual oleh manusia hingga penggunaan alat pengukur kelembaban atau kekeringan yang terhubung dengan sistem. Dalam konteks penelitian ini, evaluasi kekeringan daun kelor didasarkan pada analisis visual yang dilakukan oleh model YOLO V8 terhadap gambar-gambar daun kelor dalam dataset.

Selain itu, ciri dan karakteristik lain yang digunakan untuk menentukan kekeringan daun kelor dapat mencakup tingkat kerapuhan, kadar air residual, dan struktur mikroskopis daun. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa kombinasi beberapa ciri ini dapat memberikan gambaran yang komprehensif tentang tingkat kekeringan daun kelor.

Dengan memperhatikan berbagai tahapan penelitian yang dilakukan serta metode evaluasi yang digunakan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan sistem identifikasi dan pengenalan pola daun kelor kering dengan menggunakan YOLO V8.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Daun Kelor

Daun kelor (*Moringa oleifera*) adalah bagian dari tanaman kelor yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional serta diakui secara global sebagai sumber makanan yang sangat bergizi [9][10]. Pengenalan pola daun kelor dapat sangat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti lingkungan tumbuh, teknik budidaya, dan proses pengeringan. Oleh karena itu, penting untuk memiliki metode yang andal dan efisien dalam mengidentifikasi pengenalan pola daun kelor. Saat ini, proses identifikasi pengenalan pola daun kelor umumnya dilakukan secara manual oleh para ahli, dan hal ini dapat menghasilkan penilaian yang bervariasi. Penggunaan teknologi komputer dan analisis citra telah menjadi metode yang menjanjikan dalam mengidentifikasi pengenalan pola daun kelor secara objektif. Untuk tanaman dari daun kelor (*Moringa oleifera*) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Daun kelor (*Moringa oleifera*)

2.2 Mesin Pengering Daun Kelor

Stainless steel digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan oven karena bebas karat dan tahan korosi [11]. Baja paduan jenis ini mengandung kromium dalam jumlah besar sehingga tahan terhadap oksidasi dan karat. Selain itu, Stainless steel terkadang mengandung unsur tambahan seperti nikel, mangan, dan molibdenum, yang meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan sifat mekanik [12]. Oleh karena itu, penggunaan bahan stainless steel pada konstruksi kompor membantu menjamin ketahanan dan performa yang optimal selama penggunaan jangka panjang.



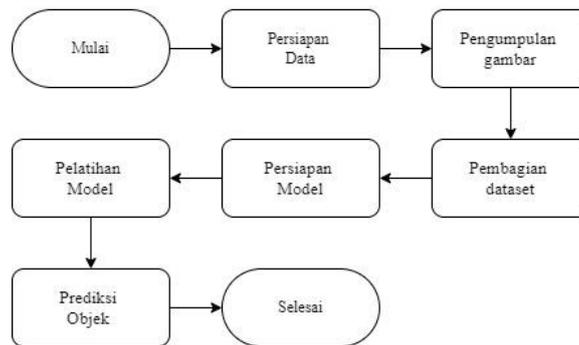
Gambar 3 Oven Pengering

Stainless steel diakui karena sifat unggulannya yang memberikan berbagai manfaat dalam berbagai industri. Dalam desain alat pengering daun kelor ini, dipilih bahan stainless steel yang tidak hanya kuat tetapi juga tahan terhadap korosi. Keunggulan ini memberikan ketahanan yang diperlukan terhadap lingkungan pengeringan yang mungkin lembap dan rentan terhadap korosi. Mesin ini didesain dengan dimensi yang optimal, menggabungkan kekuatan dan

ketahanan stainless steel untuk mengoptimalkan proses pengeringan daun kelor. Dengan demikian, tidak hanya efisiensi tetapi juga keandalan maksimum dapat dicapai, menjadikan alat pengering ini sebagai solusi yang handal dan efektif untuk mendukung proses produksi daun kelor dengan kualitas terbaik.

2.3 Rancangan Pengujian

Pengujian model YOLOv8 dalam pengenalan pola daun kelor kering akan disajikan dengan struktur yang terorganisir, melibatkan langkah-langkah komprehensif untuk menguji dan mengevaluasi performa model. Pendekatan ini dirancang untuk memastikan ketepatan dan efektivitas identifikasi tingkat kekeringan daun kelor, serta memberikan hasil pengujian yang dapat diandalkan untuk mendukung keberhasilan implementasi metode ini dalam pemantauan proses pengeringan daun kelor secara optimal.



Gambar 4 Pengujian Daun Kelor

Proses pengujian identifikasi pengenalan pola daun kelor kering menggunakan YOLO V8 melibatkan beberapa tahap yang memerlukan data dan gambar yang spesifik. Tahapan tersebut mencakup pengumpulan dataset yang representatif, pelatihan model dengan menggunakan data tersebut, dan evaluasi kinerja model melalui pengujian menggunakan gambar daun kelor kering. Hasil dari pengujian ini akan memberikan pemahaman lebih mendalam tentang kemampuan YOLO V8 dalam mengenali pola kekeringan pada daun kelor secara efektif. Berikut adalah penjelasan mengenai jumlah data dan gambar yang diperlukan pada setiap tahapan:

1) Persiapan Dataset Gambar

Dataset gambar yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari gambar daun kelor dalam kondisi kering, dengan variasi tekstur, ukuran, dan orientasi. Persiapan dataset melibatkan beberapa langkah, termasuk pengumpulan gambar daun kelor kering dikumpulkan dari berbagai sumber yang relevan, baik melalui pengambilan foto langsung maupun pengunduhan dari sumber online yang terpercaya. Penyaringan dan pemrosesan gambar yang telah dikumpulkan kemudian disaring dan diproses untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan kebutuhan penelitian. Proses ini mungkin meliputi penyesuaian ukuran, peningkatan kontras, atau penghapusan noise. Setiap gambar dalam dataset dianotasi dengan label yang sesuai, yaitu "YA" untuk daun kelor yang sudah kering dan "TIDAK" untuk daun kelor yang belum sepenuhnya kering. Anotasi dilakukan untuk membantu pelatihan model dalam mengenali dan mengklasifikasikan gambar-gambar tersebut.

2) Persiapan Model YOLO V8:

Proses pelatihan model YOLO V8 membutuhkan sumber daya komputasi yang besar. Oleh karena itu, penggunaan GPU Nvidia diperlukan untuk mempercepat proses pelatihan. Dataset gambar dan file-file pendukung lainnya disimpan dalam Google Drive untuk kemudahan akses dan pengelolaan selama proses pelatihan.

3) Pelatihan Model YOLO V8:

Model YOLO V8 diinisialisasi menggunakan dataset pelatihan untuk mempelajari pola dan fitur dari gambar-gambar daun kelor kering. Model YOLO V8 dilatih menggunakan algoritma pembelajaran mesin yang sesuai, seperti stochastic gradient descent (SGD) atau Adam optimizer. Proses pelatihan

dilakukan dengan menggunakan dataset pelatihan dan diulang beberapa kali hingga mencapai tingkat akurasi yang diinginkan. Kinerja model dievaluasi secara berkala menggunakan dataset pengujian untuk memastikan bahwa model dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan gambar-gambar daun kelor dengan akurasi yang tinggi.

4) **Prediksi Objek pada Dataset Pengujian:**

Model YOLO V8 yang telah dilatih digunakan untuk melakukan prediksi objek pada gambar-gambar dari dataset pengujian. Hasil prediksi dari YOLO V8 diklasifikasikan menjadi "YA" atau "TIDAK" kering sesuai standar mutu yang telah ditetapkan. Proses ini membantu dalam menentukan tingkat kekeringan daun kelor dengan akurasi yang sesuai.

2. 4 *Preprocessing dan Augmentasi Data:*

Preprocessing dan augmentasi data merupakan langkah penting dalam mempersiapkan dataset untuk pelatihan model YOLO V8. Langkah-langkah ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan keragaman data, sehingga model dapat belajar dengan lebih baik dan mampu mengenali pola dengan akurasi yang tinggi. Berikut adalah beberapa teknik preprocessing dan augmentasi yang digunakan dalam penelitian ini:

1) **Resize Gambar:**

Gambar-gambar dalam dataset diresize menjadi ukuran yang konsisten sebelum dimasukkan ke dalam model. Hal ini dilakukan untuk memastikan konsistensi dalam dimensi input yang diterima oleh YOLO V8.

2) **Normalisasi Gambar:**

Normalisasi dilakukan untuk menstandarisasi rentang nilai piksel dalam gambar. Hal ini membantu model dalam konvergensi lebih cepat selama proses pelatihan.

3) **Augmentasi Gambar:**

Augmentasi data digunakan untuk meningkatkan keragaman dataset tanpa harus mengumpulkan lebih banyak data. Beberapa teknik augmentasi yang diterapkan pada gambar-gambar daun kelor kering termasuk:

- **Rotasi:** Gambar-gambar diputar dengan sudut tertentu untuk menambah variasi orientasi daun.
- **Flip horizontal/vertical:** Gambar-gambar dibalik secara horizontal atau vertikal untuk menciptakan variasi tambahan.
- **Brightness/Contrast adjustment:** Penyesuaian kecerahan dan kontras dilakukan untuk membuat model lebih robust terhadap variasi pencahayaan.

4) **Data Augmentation Balance:**

Penting untuk memastikan bahwa augmentasi data dilakukan secara seimbang agar tidak menghasilkan bias terhadap kelas tertentu. Oleh karena itu, augmentasi dilakukan dengan memperhatikan proporsi kelas "YA" dan "TIDAK" dalam dataset.

5) **Augmentasi dengan Geometri Warp:**

Teknik ini digunakan untuk merubah geometri dari gambar dengan cara yang terkontrol, seperti pergeseran, rotasi, dan perbesaran. Hal ini membantu model dalam mengatasi variasi posisi dan sudut pandang dari daun kelor kering.

2. 5 *Teknik Pelabelan*

Dalam penelitian ini, teknik pelabelan yang digunakan adalah anotasi manual. Setiap gambar dalam dataset dianotasi dengan label yang sesuai, yaitu "YA" untuk daun kelor yang sudah kering dan "TIDAK" untuk daun kelor yang belum sepenuhnya kering. Anotasi dilakukan secara manual oleh para peneliti atau operator yang terlatih untuk memastikan akurasi dan keandalan label. Proses anotasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak khusus yang memungkinkan penambahan label pada gambar-gambar tersebut. Kombinasi antara data dan gambar ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efektivitas dan keandalan dari solusi yang diusulkan:

a. **Gambar Daun Kelor:**

Gambar-gambar daun kelor yang mencakup berbagai tingkat kekeringan. Ini termasuk gambar-gambar yang diambil sebelum, selama, dan setelah proses pengeringan.

b. **Label Data:**

Setiap gambar diberi label yang menunjukkan apakah daun kelor pada gambar tersebut sudah kering (YA) atau belum (TIDAK).

c. **Dataset:**

Setidaknya 80% dari gambar-gambar daun kelor digunakan sebagai dataset pelatihan, sedangkan sisanya digunakan sebagai dataset pengujian.

Contoh label daun yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Gambar 1: YA (daun kelor sudah kering)
- 2) Gambar 2: TIDAK (daun kelor belum sepenuhnya kering)

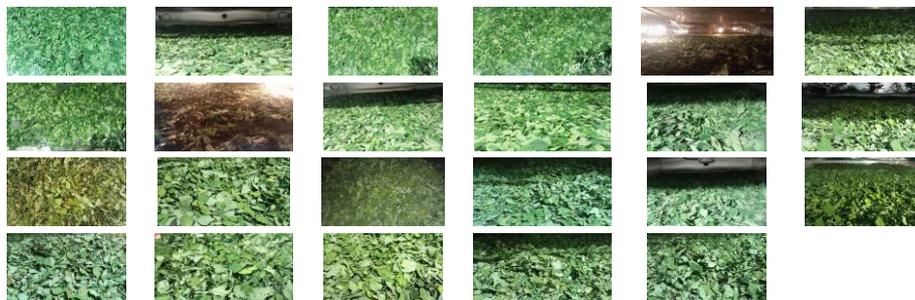
Tabel 1 Contoh Pelabelan Gambar

Gambar	Label
	YA
	TIDAK

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Daun Kelor

Dataset daun kelor merupakan kumpulan data yang digunakan untuk tujuan pengenalan pola daun kelor kering menggunakan algoritma YOLO V8. Dataset ini terdiri dari gambar yang menampilkan daun kelor dalam kondisi kering. Setiap gambar di dalam dataset ini menampilkan variasi yang beragam dari daun kelor, termasuk perbedaan dalam tekstur, ukuran, dan orientasi. Data yang diperoleh dari dataset ini akan membantu dalam melatih model pengenalan pola menggunakan YOLO V8 untuk mendeteksi dan mengidentifikasi daun kelor kering secara akurat. Dengan menggunakan dataset yang cukup representatif ini, diharapkan model yang dihasilkan mampu mengenali daun kelor kering dengan baik, bahkan dalam situasi yang berbeda-beda. Dengan demikian, dataset ini menjadi kunci penting dalam pengembangan solusi yang dapat mendukung aplikasi yang berhubungan dengan pengolahan daun kelor kering secara otomatis dan efisien.



Gambar 5 Daun Kelor di Oven

Berikut ini adalah gambar data daun kelor yang akan digunakan untuk training dataset :



Gambar 6 Tampilan Daun Kelor

3.2 Training Dataset Daun Kelor

Dataset pelatihan daun kelor adalah kumpulan gambar yang digunakan untuk melatih model pengenalan pola menggunakan algoritma YOLO v8. Dataset ini terdiri dari berbagai

gambar yang menampilkan daun kelor dalam berbagai kondisi, termasuk daun kelor segar, kering, dan yang telah mengalami berbagai deformasi atau kerusakan. Setiap gambar dalam dataset ini telah dilengkapi dengan anotasi yang mencakup koordinat bounding box yang menandai letak daun kelor dalam gambar serta label yang menunjukkan kategori dari daun kelor tersebut. Dataset ini dirancang untuk memberikan variasi yang cukup dalam kondisi dan posisi daun kelor, sehingga memungkinkan model untuk belajar dengan baik dan mampu mengenali daun kelor dalam berbagai situasi yang mungkin ditemui di lapangan. Dengan menggunakan dataset pelatihan ini, diharapkan model pengenalan pola yang dihasilkan dapat memberikan kinerja yang optimal dalam mengenali dan membedakan daun kelor kering dari berbagai kondisi lainnya.

Teknik Pembatasan Kotak pada Gambar untuk tahap pembelajaran data, teknik pembatasan kotak (bounding box) menjadi kunci dalam mengajarkan model untuk mengenali pola pada gambar daun kelor. Proses ini dilakukan dengan memberikan kotak pembatas yang menandai letak daun kelor pada gambar.

Berikut adalah daun kelor beserta label dan keterangan yang telah dilakukan teknik pembatasan kotak sebagai dasar untuk pembelajaran data:

No	Gambar	Label
1		YA
2		TIDAK

Tabel 2 Pembatasan Kotak

3. 4 Dataset Pelatihan dan Pengujian

Dataset pelatihan terdiri dari sejumlah gambar daun kelor yang telah dikeringkan, dengan variasi sudut pandang, pencahayaan, dan kondisi lingkungan yang beragam. Setiap gambar dalam dataset ini dilengkapi dengan label yang menandakan posisi dan jenis daun kelor yang terdapat di dalamnya, memungkinkan model untuk belajar dan memahami pola yang berbeda dari berbagai variasi daun kelor.

Hasil identifikasi dari YOLOv8 kemudian diklasifikasikan ke dalam kondisi "YA" atau "TIDAK" kering sesuai standar mutu. Penggunaan metode YOLOv8 dalam penelitian ini diharapkan memberikan solusi inovatif dan efektif dalam mengatasi tantangan pengeringan daun kelor secara optimal. Dengan pemantauan real-time yang dilakukan oleh YOLOv8, perubahan dalam tingkat kekeringan daun kelor dapat dideteksi secara akurat dan cepat, memungkinkan intervensi yang diperlukan untuk mempertahankan kualitas nutrisi yang optimal.

Tabel 3. Identifikasi Daun Kelor memberikan hasil identifikasi dari proses penggunaan metode YOLOv8 terhadap sejumlah gambar daun kelor yang dikeringkan. Dalam tabel ini, terdapat kolom-kolom berikut:

- 1) No : Nomor urut atau identifikasi dari setiap gambar daun kelor yang telah dianalisis.
- 2) Gambar : Representasi visual dari daun kelor yang dikeringkan.
- 3) Label : hasil identifikasi dari model YOLOv8 terhadap setiap gambar, yang terdiri dari dua kemungkinan, yaitu "YA" atau "TIDAK".

Tabel 3 Identifikasi Daun Kelor

No	Gambar	Label
1		YA

2		TIDAK
3		YA
4		YA
5		YA
6		TIDAK
7		YA
8		YA
9		TIDAK

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa model YOLOv8 berhasil mengklasifikasikan setiap gambar daun kelor ke dalam dua kategori, yaitu "YA" dan "TIDAK", yang masing-masing mengindikasikan apakah daun kelor tersebut sudah kering atau belum. Secara spesifik, dari hasil identifikasi pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa:

- Gambar nomor 1, 3, 4, 5, 7, 8, dan diklasifikasikan sebagai "YA", yang berarti daun kelor pada gambar-gambar tersebut sudah kering.
- Sedangkan, gambar nomor 2, 6, dan 9 diklasifikasikan sebagai "TIDAK", yang menunjukkan bahwa daun kelor pada gambar-gambar tersebut belum sepenuhnya kering.

3. 5 Hasil teknik cara pengukuran validasi terhadap daun kelor.

1. Confusion Matrix

Confusion Matrix adalah alat evaluasi yang berguna untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi dengan membandingkan hasil prediksi model dengan nilai sebenarnya dari data. Confusion matrix biasanya berisi empat kotak, yaitu True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN), dan False Negative (FN). Berdasarkan informasi yang diberikan, kita dapat membuat confusion matrix untuk mengevaluasi kinerja model dalam mengenali daun kelor kering.

Diberikan informasi bahwa:

- Gambar dengan label "YA" menunjukkan daun kelor sudah kering.
- Gambar dengan label "TIDAK" menunjukkan daun kelor belum kering.

Dari informasi ini, kita dapat menafsirkan:

- True Positive (TP): Jumlah gambar yang diprediksi kering dan memang kering.
- False Positive (FP): Jumlah gambar yang diprediksi kering tetapi sebenarnya masih basah.
- True Negative (TN): Jumlah gambar yang diprediksi belum kering dan memang belum kering.
- False Negative (FN): Jumlah gambar yang diprediksi belum kering tetapi sebenarnya sudah kering.

Dari data yang diberikan, kita bisa menentukan confusion matrix-nya:

	Prediksi Kering	Prediksi Belum Kering
--	-----------------	-----------------------

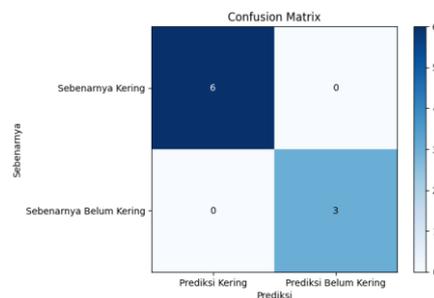
Sebenarnya Kering	TP	FN
Sebenarnya Belum Kering	FP	TN

Kemudian, kita dapat menghitung nilai-nilai untuk masing-masing kotak berdasarkan data yang diberikan:

- TP: 6 (Gambar dengan label YA yang diprediksi sebagai kering)
- FP: 0 (Tidak ada gambar yang sebenarnya masih basah tapi diprediksi sebagai kering)
- TN: 3 (Gambar dengan label TIDAK yang diprediksi sebagai belum kering)
- FN: 0 (Tidak ada gambar yang sebenarnya sudah kering tapi diprediksi sebagai belum kering)

Sehingga, confusion matrix yang dihasilkan adalah:

	Prediksi Kering	Prediksi Belum Kering
Sebenarnya Kering	6	0
Sebenarnya Belum Kering	0	3



Gambar 7 Grafik Confusion Matrix

2. Kurva ROC (Receiver Operating Characteristic)

Untuk membuat kurva ROC (Receiver Operating Characteristic), kita perlu memiliki nilai True Positive Rate (TPR) dan False Positive Rate (FPR) dari model kita. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung TPR dan FPR:

1. True Positive Rate (TPR):

$$TPR = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

2. False Positive Rate (FPR):

$$FPR = \frac{FP}{(FP+TN)}$$

Hasil :

Berdasarkan tabel identifikasi daun kelor:

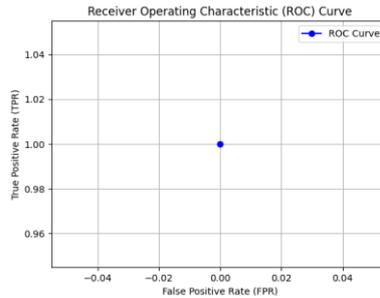
- True Positive (TP): 6 (gambar nomor 1, 3, 4, 5, 7, 8)
- False Positive (FP): 0
- True Negative (TN): 3 (gambar nomor 2, 6, 9)
- False Negative (FN): 0

Dengan demikian, dapat dihitung:

$$TPR = \frac{TP}{(TP+FN)} = \frac{6}{(6+0)} = 1$$

$$FPR = \frac{FP}{(FP+TN)} = \frac{0}{(0+3)} = 0$$

Sehingga titik pada kurva ROC adalah (0, 1). Gambar kurva ROC beserta grafik dari confusion matrix yang telah dibuat:



Gambar 8 Grafik Kurva ROC

3. Precision-Recall Curve

Untuk membuat Precision-Recall Curve (kurva Presisi-Ingatlah), kita perlu menghitung nilai-nilai Precision, Recall, dan kemudian menggambarkannya dalam grafik. Berikut adalah langkah-langkahnya:

Langkah 1: Hitung True Positive (TP), False Positive (FP), dan False Negative (FN) dari hasil identifikasi:

- TP : Jumlah gambar yang benar diklasifikasikan sebagai "YA" (daun kelor sudah kering).
- FP : Jumlah gambar yang salah diklasifikasikan sebagai "YA" (daun kelor sebenarnya belum kering, tetapi diprediksi sudah kering).
- FN : Jumlah gambar yang salah diklasifikasikan sebagai "TIDAK" (daun kelor sebenarnya sudah kering, tetapi diprediksi belum kering).

Langkah 2: Hitung Precision dan Recall:

$$\begin{aligned} \text{Precision} &= \frac{TP}{TP+FP} \\ \text{Recall} &= \frac{TP}{TP+FN} \end{aligned}$$

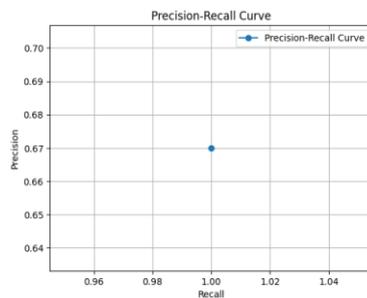
Langkah 3: Gambarkan Precision-Recall Curve dengan nilai Precision dan Recall yang dihitung. Berikut ini adalah implementasi langkah-langkah tersebut:

1. TP = 6 (jumlah gambar yang benar diklasifikasikan sebagai "YA")
2. FP = 3 (jumlah gambar yang salah diklasifikasikan sebagai "YA")
3. FN = 0 (jumlah gambar yang salah diklasifikasikan sebagai "TIDAK")

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{6}{(6+3)} = 0.67$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{6}{(6+0)} = 1.0$$

Sekarang nilai Precision dan Recall, bisa mulai membuat kurva Precision-Recall. Setelah mendapatkan beberapa titik data Precision dan Recall, kita bisa menggambarkannya dalam sebuah grafik dan menghubungkan titik-titik tersebut untuk membentuk kurva Precision-Recall. Sekarang, saya akan menampilkan hasilnya dalam sebuah grafik.



Gambar 9 Grafik Precision-Recall Curve

4. Cross-Validation

Berikut adalah hasil perhitungan Cross-Validation untuk evaluasi model dalam mengenali daun kelor kering berdasarkan confusion matrix yang telah disediakan:

Cross-Validation Results:

1) Hitung metrik evaluasi:

a. Accuracy:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

b. Precision:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

c. Recall (Sensitivity):

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN}$$

d. F1-Score:

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

2) Buat grafik:

Grafik akan menunjukkan performa model dalam terms of Precision, Recall, dan F1-Score pada setiap fold dari cross-validation.

Implementasi:

Mari mulai dengan menghitung metrik evaluasi:

1. Accuracy:

$$\text{Accuracy} = \frac{6+3}{6+3+0+0} = \frac{9}{9} = 1.0$$

2. Precision:

$$\text{Precision} = \frac{6}{6+0} = 1.0$$

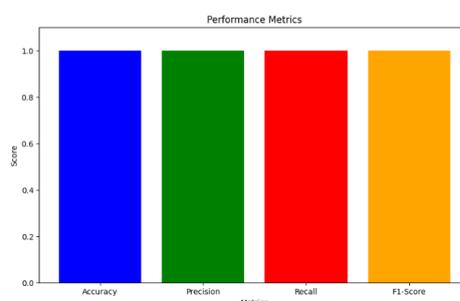
3. Recall:

$$\text{Recall} = \frac{6}{6+0} = 1.0$$

4. F1-Score:

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{1.0 \times 1.0}{1.0 + 1.0} = 1.0$$

Setelah mendapatkan metrik evaluasi, mari buat grafik untuk menunjukkan performa model:



Gambar 10 Grafik Cross-Validation

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang disajikan, terlihat bahwa dataset daun kelor telah berhasil dikumpulkan dan dilengkapi dengan anotasi yang memungkinkan pelatihan model menggunakan algoritma YOLO v8. Proses pelatihan dilakukan dengan memanfaatkan dataset yang representatif, mencakup berbagai kondisi daun kelor, baik segar maupun kering, serta berbagai variasi dalam pencahayaan dan orientasi. Hasil identifikasi menggunakan YOLOv8 menunjukkan kemampuan model dalam mengklasifikasikan daun kelor ke dalam kategori "YA" (kering) dan "TIDAK" (belum kering) dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, evaluasi model dilakukan menggunakan beberapa metode, termasuk confusion matrix, kurva ROC, precision-recall curve, dan cross-validation. Confusion matrix memberikan gambaran tentang seberapa baik model dapat membedakan antara daun kelor yang sudah kering dan yang belum kering, dengan hasil yang menunjukkan tidak adanya false positive atau false negative, serta tingkat true positive yang tinggi. Kurva ROC menunjukkan bahwa model memiliki tingkat

true positive rate yang sempurna (1) tanpa adanya false positive rate, menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam pengenalan daun kelor kering. Begitu pula dengan precision-recall curve yang menunjukkan nilai precision sebesar 0.67 dan recall sebesar 1.0, yang mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat presisi yang baik dalam mengenali daun kelor kering, sementara recall-nya mencapai nilai maksimum, menunjukkan bahwa model dapat mengidentifikasi semua daun kelor yang sebenarnya sudah kering. Hasil cross-validation juga menunjukkan konsistensi dalam performa model, dengan semua metrik evaluasi (accuracy, precision, recall, dan F1-score) mencapai nilai maksimum (1.0), menunjukkan bahwa model sangat baik dalam mengenali daun kelor kering.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang besar kepada Dosen Pembimbing yang sudah membirakan bimbingan atas penelitian, pengabdian, dan inovasi di INSTIKI. Terima kasih juga kepada Mitra yang telah membantu penelitian ini dengan kontribusi baik secara finansial maupun dalam bentuk lainnya sehingga penelitian ini bisa berhasil dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Susanti and M. Nurman, "Manfaat Kelor (*Moringa Oleifera*) Bagi Kesehatan," *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 3, no. 3, pp. 509–513, 2022, doi: 10.31004/jkt.v3i3.7287.
- [2] H. Herwin *et al.*, "Pendampingan dan Edukasi pada Keluarga dengan Anak Stunting tentang Pembuatan Suplemen Daun Kelor melalui Studi Antropometri," *Media Karya Kesehat.*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [3] P. G. Milla, R. Peñalver, and G. Nieto, "Health benefits of uses and applications of *Moringa oleifera* in bakery products," *Plants*, vol. 10, no. 2, p. 318, 2021.
- [4] G. Sandeep, T. Anitha, K. R. Vijayalatha, and A. Sadasakthi, "Moringa for nutritional security (*Moringa oleifera* Lam.)," *Int J Bot Stud*, vol. 4, no. 1, pp. 21–24, 2019.
- [5] N. N. Affandi, *Kelor Tanaman Ajaib Untuk Kehidupan Yang Lebih Sehat*. Deepublish, 2019.
- [6] S. S. Yuwono, N. Istianah, and A. Z. Mubarok, *Kinetika Reaksi pada Bahan Pangan dan Produk Fermentasi*. Universitas Brawijaya Press, 2022.
- [7] A. R. Firdaus, O. B. Kharisma, E. Ismaredah, and Abdillah, "Deteksi Kode Etik Berpakaian pada Area Kampus Menggunakan YoloV8," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 450–458, 2024, doi: 10.47065/josh.v5i2.4741.
- [8] E. U. Armin, A. P. Edra, F. I. Alifin, I. Sadidan, I. P. Sary, and U. Latifa, "Performa Model YOLOv8 untuk Deteksi Kondisi Mengantuk pada pengemudi mobil," *Brahmana J. Penerapan Kecerdasan Buatan*, vol. 5, no. 1, pp. 67–76, 2023.
- [9] W. Sartika and Y. Suryarinilsih, *Daun Kelor: Alternatif dalam Meningkatkan Hemoglobin Remaja Putri*. Penerbit NEM, 2022.
- [10] M. S. Loaloka, Asweros Umbu Zogara, Anak Agung Ayu Mirah Adi, and Maria Goreti Pantaleon, "Pemberdayaan Kader Posyandu Dalam Pengembangan Pangan Lokal Berbasis Kelor Di Kota Kupang," *Joong-Ki J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 3, pp. 448–453, 2022, doi: 10.56799/joongki.v1i3.849.
- [11] Laras Andria Wardani, H. Widodo, Lisa Adhani, Everlita Sabrina, and Amaliah Annisa, "Pengaruh Suhu pada Inhibitor Daun Pandan Terhadap Laju Korosi pada Baja SS-304 dalam Larutan Asam HCL 0,1M," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 31–41, 2021, doi: 10.26874/jt.vol20no1.372.
- [12] W. Suprpto, *Baja dan Aplikasinya*. Universitas Brawijaya Press, 2023.