

PEMANFAATAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK YOLOV8 UNTUK DETEKSI KONDISI PERMUKAAN PANEL SURYA MULTIKELAS

¹Muhammad Choirul Anwar, ²Julian Sahertian, ³Ratih Kumalasari Niswatin

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹muhamadkhirul2018@gmail.com, ²juliansahertian@unpkediri.ac.id,
³ratih@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Muhammad Choirul Anwar

Abstrak—Panel surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Namun, kinerja panel surya dapat mengalami penurunan akibat adanya debu, kotoran burung, daun, maupun kerusakan fisik pada permukaan panel. Proses inspeksi yang masih dilakukan secara manual membutuhkan waktu yang relatif lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan identifikasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja model Convolutional Neural Network berbasis YOLOv8 dalam mendeteksi berbagai kondisi permukaan panel surya secara otomatis. Dataset yang digunakan berjumlah 6.218 citra yang terdiri dari tujuh kelas yaitu Bird Drop, Defective, Dust, Non Defective, Physical Damage, Snow, dan Leaf. Model dilatih menggunakan YOLOv8n selama 100 epoch dengan ukuran citra 640×640 piksel. Hasil penelitian menunjukkan model memperoleh Precision sebesar 73,06%, Recall sebesar 64,46%, mAP50 sebesar 68,13%, dan mAP50-95 sebesar 44,71%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa YOLOv8 mampu melakukan deteksi multikelas pada citra panel surya dengan performa yang cukup baik dan berpotensi diterapkan pada sistem monitoring panel surya secara otomatis.

Kata Kunci— Convolutional neural network, deteksi objek, panel surya, computer vision, YOLOv8

Abstract—Solar panels are widely used as a renewable energy source. However, dust, bird droppings, leaves, and physical damage on the panel surface can reduce energy generation efficiency. This study aims to analyze the performance of the YOLOv8 model in detecting various solar panel surface conditions using a multiclass dataset. The dataset consists of 3,962 images categorized into seven classes, namely Bird Drop, Defective, Dust, Leaf, Non Defective, Physical Damage, and Snow. The YOLOv8 model was trained using annotated data that had been divided into training, validation, and testing sets. Model evaluation was conducted using Precision, Recall, F1-Score, and Confusion Matrix metrics. The results show that YOLOv8 can effectively detect various solar panel conditions and provides stable performance across most object classes. This study demonstrates the potential of YOLOv8 as an automated solution for supporting solar panel inspection and maintenance processes.

Keywords— computer vision, convolutional neural network, object detection, solar panel, YOLOv8

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi surya terus mengalami peningkatan seiring meningkatnya kebutuhan energi dan kesadaran terhadap penggunaan energi terbarukan [1]. Panel surya menjadi salah satu teknologi yang banyak digunakan karena mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara ramah lingkungan[8],[9]. Meskipun demikian, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan panel. Adanya debu, kotoran burung, daun, maupun kerusakan fisik dapat mengurangi intensitas cahaya yang diterima sel fotovoltaik sehingga menyebabkan penurunan efisiensi pembangkitan listrik [2], [3].

Proses inspeksi panel surya umumnya masih dilakukan secara manual melalui pengamatan langsung oleh teknisi. Metode tersebut membutuhkan waktu yang relatif lama dan berpotensi menghasilkan kesalahan akibat faktor subjektivitas manusia[7],[10]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem otomatis yang mampu melakukan identifikasi kondisi panel surya secara cepat dan akurat.

Perkembangan teknologi Computer Vision dan Deep Learning telah membuka peluang dalam proses deteksi objek secara otomatis. Salah satu algoritma yang banyak digunakan adalah YOLO (You Only Look Once). YOLOv8 sebagai generasi terbaru memiliki keunggulan dalam hal kecepatan inferensi dan akurasi deteksi objek dibandingkan versi sebelumnya [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan YOLO untuk mendeteksi objek pada bidang pertanian, industri, dan energi. Namun penelitian yang secara khusus menganalisis performa YOLOv8 dalam mendeteksi berbagai kondisi permukaan panel surya menggunakan dataset multikelas masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja model YOLOv8 dalam mendeteksi tujuh kondisi panel surya yang berbeda sehingga dapat mendukung proses monitoring dan pemeliharaan panel surya secara otomatis.

II. METODE

Model YOLOv8 merupakan pengembangan algoritma YOLO yang dirancang untuk melakukan deteksi objek secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik Precision, Recall, mAP50, dan mAP50-95 yang umum digunakan pada sistem object detection. Dataset yang digunakan berasal dari Roboflow yang terdiri dari tujuh kelas, yaitu Bird Drop, Defective, Dust, Leaf, Non Defective, Physical Damage, dan Snow. Total dataset berjumlah 6.218 citra yang dibagi menjadi 4.352 data latih, 1.243 data validasi, dan 623 data uji.

Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan dataset, kemudian dilakukan pelabelan objek dan augmentasi data menggunakan teknik Mosaic, Horizontal Flip (Fliplr), HSV Augmentation, dan Random Erasing. Selanjutnya model YOLOv8n dilatih menggunakan transfer learning dengan ukuran citra 640×640 piksel, batch size 16, optimizer AdamW, learning rate 0,01, dan IoU threshold 0,70. Setelah proses pelatihan selesai, model dievaluasi menggunakan metrik Precision, Recall, Mean Average Precision (mAP50), Mean Average Precision (mAP50-95), serta Confusion Matrix untuk mengetahui performa deteksi pada setiap kelas objek

Evaluasi model dilakukan menggunakan Precision, Recall, dan Mean Average Precision (mAP).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \dots (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots (2)$$

Selain itu digunakan Confusion Matrix untuk mengetahui performa klasifikasi pada masing-masing kelas objek.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pelatihan Model

Pelatihan model dilakukan menggunakan arsitektur YOLOv8n selama 100 epoch dengan memanfaatkan GPU CUDA. Berdasarkan hasil pelatihan, model menunjukkan peningkatan performa yang stabil yang ditandai dengan penurunan nilai loss pada proses training maupun validation. Hal tersebut menunjukkan bahwa model mampu mempelajari karakteristik objek pada dataset panel surya secara baik tanpa mengalami overfitting yang signifikan.

Tabel 1. Konfigurasi Pelatihan Model

Parameter	Nilai
Model	YOLOv8n
Epoch	100
Batch Size	16
Image Size	640×640
Optimizer	AdamW
Learning Rate	0,01
IoU Threshold	0,70
Device	GPU CUDA
Transfer Learning	Ya

Tabel 2. Hasil Evaluasi Model YOLOv8

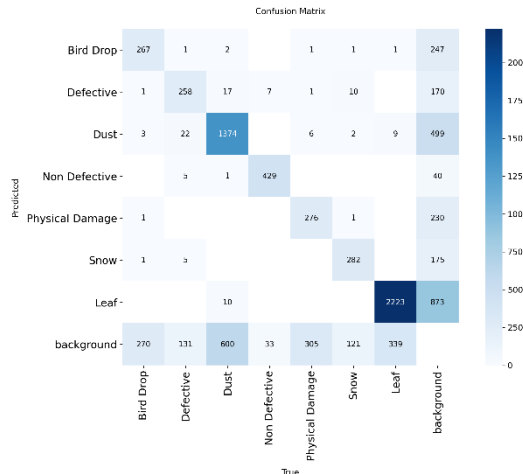
Metrik	Nilai
Precision	73,06%
Recall	64,46%
mAP50	68,13%
mAP50-95	44,71%

Nilai precision mencapai 73,06% dan recall sebesar 64,46%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model cukup baik dalam mengidentifikasi objek yang terdapat pada permukaan panel surya. Nilai precision yang lebih tinggi dibanding recall mengindikasikan bahwa model cenderung menghasilkan prediksi yang benar ketika objek berhasil dideteksi, namun masih terdapat sejumlah objek yang belum berhasil dikenali.

Nilai mAP50 sebesar 68,13% menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan deteksi yang cukup baik pada tingkat Intersection over Union (IoU) 50%. Sementara itu, nilai mAP50-95 sebesar 44,71% mengindikasikan bahwa performa model menurun ketika dievaluasi menggunakan standar IoU yang lebih ketat. Kondisi ini umum terjadi pada model object detection karena ketepatan posisi bounding box menjadi faktor yang lebih dominan.

B. Hasil Confusion Matrix

Untuk mengetahui performa deteksi pada masing-masing kelas digunakan Confusion Matrix seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Confusion Matrix

Confusion matrix diperoleh dari hasil evaluasi keseluruhan objek yang terdeteksi pada dataset uji sehingga jumlah prediksi dapat melebihi jumlah citra pengujian. Hasil confusion matrix menunjukkan bahwa kelas Leaf memiliki performa terbaik dengan jumlah prediksi benar sebanyak 2.223 data. Tingginya akurasi pada kelas ini disebabkan oleh karakteristik visual daun yang memiliki bentuk, warna, dan tekstur yang cukup berbeda dibandingkan kelas lainnya.

Kelas Dust juga menunjukkan performa yang baik dengan 1.374 prediksi benar. Namun demikian, masih ditemukan beberapa kesalahan klasifikasi terhadap kelas background. Hal ini disebabkan oleh kemiripan warna debu tipis dengan permukaan panel surya sehingga model mengalami kesulitan dalam membedakan keduanya.

Kelas Non Defective memperoleh 429 prediksi benar dengan tingkat akurasi yang relatif tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali panel surya dalam kondisi normal tanpa adanya gangguan atau kerusakan.

Pada kelas Physical Damage dan Bird Drop, model masih mengalami beberapa kesalahan klasifikasi akibat variasi bentuk objek yang cukup beragam. Retakan kecil pada panel terkadang memiliki pola visual yang menyerupai bayangan atau objek lain sehingga mempengaruhi hasil deteksi.

Sebaliknya, kelas Bird Drop dan Physical Damage masih mengalami kesalahan klasifikasi yang cukup tinggi. Sebagian objek pada kedua kelas tersebut terdeteksi sebagai background akibat ukuran objek yang relatif kecil serta variasi bentuk yang beragam.

Tabel 3. Ringkasan Performa Deteksi Per Kelas

Kelas	Hasil Deteksi
Bird Drop	Sedang
Defective	Baik
Dust	Baik
Non Defective	Sangat Baik
Physical Damage	Sedang
Snow	Baik
Leaf	Sangat Baik

C. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv8n mampu mendeteksi berbagai kondisi permukaan panel surya secara otomatis dengan performa yang cukup baik. Nilai Precision sebesar 73,06% menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan deteksi yang relatif rendah, sedangkan nilai Recall sebesar 64,46% menunjukkan bahwa sebagian besar objek berhasil dikenali meskipun masih terdapat beberapa objek yang terlewat.

Berdasarkan hasil confusion matrix, kelas Leaf dan Non Defective menjadi kelas dengan performa terbaik karena memiliki karakteristik visual yang lebih mudah dibedakan dibandingkan kelas lainnya. Sementara itu, kelas Bird Drop dan Physical Damage menunjukkan performa yang lebih rendah akibat variasi bentuk objek dan kemiripan pola dengan kelas lain.

Penggunaan teknik augmentasi seperti Mosaic, Flip, HSV, dan Random Erasing terbukti membantu meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap berbagai kondisi citra. Namun demikian, selisih antara nilai mAP50 sebesar 68,13% dan mAP50-95 sebesar 44,71% menunjukkan bahwa model masih mengalami kesulitan dalam menentukan posisi bounding box secara presisi pada tingkat IoU yang lebih ketat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa YOLOv8 berpotensi diterapkan sebagai sistem monitoring kondisi panel surya secara otomatis. Integrasi dengan ESP32-CAM memungkinkan proses inspeksi dilakukan secara real-time sehingga dapat membantu proses pemeliharaan panel surya secara lebih efektif dan efisien.

Meskipun model YOLOv8n telah menunjukkan performa yang cukup baik dalam mendeteksi tujuh kondisi panel surya, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Dataset yang digunakan berasal dari Roboflow sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi panel surya di lingkungan nyata dengan variasi pencahayaan, cuaca, sudut pengambilan gambar, dan tingkat kerusakan yang lebih beragam. Selain itu, implementasi sistem masih menggunakan proses inferensi pada komputer, sedangkan ESP32-CAM hanya berfungsi sebagai perangkat akuisisi dan pengirim citra. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan dataset yang lebih beragam, melakukan pengujian pada instalasi panel surya secara langsung, serta mengembangkan optimasi model agar mampu bekerja pada perangkat edge dengan sumber daya komputasi yang lebih terbatas.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan model Convolutional Neural Network berbasis YOLOv8 untuk mendeteksi tujuh kondisi permukaan panel surya, yaitu Bird Drop, Defective, Dust, Leaf, Non Defective, Physical Damage, dan Snow. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model memiliki performa yang cukup baik dalam mendeteksi objek pada citra panel surya dengan nilai Precision 73,06%, Recall 64,46%, mAP50 68,13%, dan mAP50-95 44,71%. Berdasarkan hasil evaluasi, model mampu digunakan sebagai solusi deteksi kondisi panel surya secara otomatis dan berpotensi mendukung sistem monitoring serta pemeliharaan panel surya berbasis computer vision dan IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Utami dan A. Daud, "Pengaruh Temperatur Panel Surya terhadap Efisiensi Panel Surya: Sistem Monitoring Menggunakan Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 11, no. 1, pp. 95–104, 2021, doi: 10.35313/energi.v11i1.2437.

- [2] P. H. Ilra, A. Faisal, dan R. Juliangga, "Analisis Kinerja Panel Surya Akibat Akumulasi Debu pada Permukaan Modul Fotovoltaik," *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.62712/juktisi.v5i1.897.
- [3] N. Afiyat dan M. Muhtaromin, "Sistem Kontrol dan Monitoring Berbasis IoT pada Off-Grid Hybrid Power System PLTS-PLN," *Nusantara Journal of Computers and Its Applications*, vol. 10, no. 1, 2025, doi: 10.36564/njca.v10i1.404.
- [4] S. P. Mursid, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Manajemen Energi Pada PLT Surya Dengan IoT," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.35313/energi.v13i1.6272.
- [5] H. Abdillah, T. Asrori, M. A. Baihaqi, D. H. T. Prasetyo, dan A. Muhammad, "Sistem Monitoring dan Manajemen Energi pada Pembangkit Hybrid PLTS, PLTB, dan PLN Berbasis Internet of Things," *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.26905/jasiek.v5i2.10920.
- [6] F. N. Fauzan, S. Utami, dan M. R. B. Pratama, "Monitoring Sistem Kelistrikan Tiga Fasa Berbasis IoT dengan Sensor ACS712 dan ZMPT101B," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.35313/energi.v13i1.5246.
- [7] Widayanti dan A. Fajarrohman, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Cuaca Berbasis IoT dengan Tampilan Blynk dan Panel Surya," *Sunan Kalijaga Journal of Physics*, vol. 6, no. 2, 2024, doi: 10.14421/physics.v6i2.5209.
- [8] S. Haryudo dan R. Ramadhani, "Analisis Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya terhadap Efektivitas Panel Surya Berbasis IoT ESP32," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 10, no. 24, 2024, doi: 10.5281/zenodo.14574077.
- [9] J. Jawati, Z. Zainuddin, dan S. Sahibu, "Monitoring dan Kendali Fokus Pergerakan Panel Surya Menggunakan Algoritma Dual-Axis Tracking Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 1, 2026, doi: 10.22441/jte.2026.v17i1.005.
- [10] A. A. Putra dan D. Saefudin, "Penerapan IoT untuk Monitoring Konsumsi Energi pada Greenhouse," *Jurnal Teknik Elektro Terapan*, vol. 8, no. 2, pp. 101–108, 2023.