

Aplikasi Pendekripsi Wajah Real-Time Pada Tempat Umum Menggunakan Yolov8

Aditya nugroho¹

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: *1Nugrohoaditya954@gmail.com

Abstrak – Perkembangan teknologi computer vision telah memajukan sistem identifikasi wajah untuk berbagai kebutuhan keamanan dan operasional, namun tantangan berupa variasi pencahayaan dan kebutuhan proses real-time pada perangkat terbatas masih menjadi kendala utama. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem deteksi wajah menggunakan arsitektur YOLOv8 Nano yang diintegrasikan ke dalam antarmuka berbasis web dengan framework Streamlit. Metode penelitian meliputi akuisisi data citra statis dan aliran video, pemrosesan citra melalui resizing 640x640 piksel, serta optimasi model selama 100 epochs. Hasil penelitian menunjukkan performa model yang sangat stabil dan akurat dengan pencapaian nilai presisi sempurna 1,000, recall 0,937, dan Mean Average Precision (mAP50) sebesar 0,995. Penurunan nilai box loss yang signifikan dari 1,183 menjadi 0,2801 membuktikan peningkatan presisi lokalisasi koordinat wajah secara tajam. Kesimpulannya, integrasi YOLOv8 dan Streamlit berhasil menciptakan solusi deteksi wajah yang ringan dan efisien untuk pemantauan di tempat umum tanpa menuntut spesifikasi perangkat keras yang tinggi.

Kata Kunci — Deteksi Wajah, Real-Time, Streamlit, YOLOv8

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang visi komputer (computer vision), telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor kehidupan. Salah satu aplikasi yang paling mendasar namun krusial adalah deteksi wajah. Deteksi wajah berfungsi sebagai pintu masuk bagi sistem yang lebih kompleks seperti sistem absensi digital, pemantauan keamanan, hingga interaksi manusia dan mesin secara otomatis [1]. Seiring meningkatnya kebutuhan akan sistem identifikasi yang efisien dan minim kontak fisik, khususnya di lingkungan pendidikan dan perkantoran, teknologi pengenalan wajah menjadi solusi yang semakin relevan untuk meningkatkan efektivitas operasional [2].

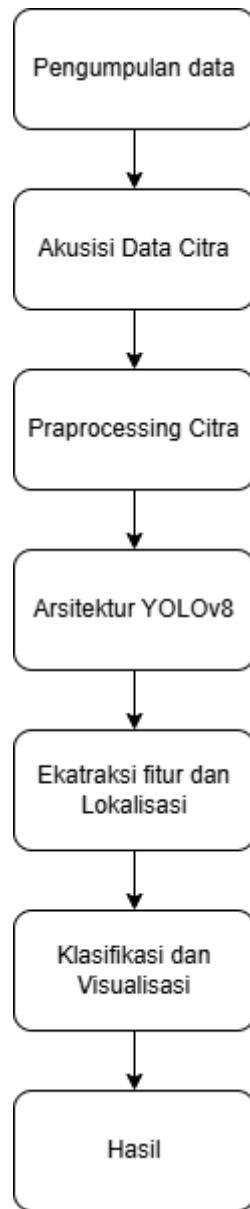
Meskipun teknologi deteksi wajah telah berkembang pesat, tantangan dalam implementasinya di lingkungan nyata masih sering ditemukan. Variasi kondisi lingkungan, seperti perubahan intensitas pencahayaan dan sudut pengambilan gambar, dapat mempengaruhi akurasi sistem deteksi wajah secara signifikan [2]. Selain itu, tuntutan pemrosesan secara real-time menuntut algoritma yang tidak hanya akurat tetapi juga memiliki kecepatan inferensi yang tinggi agar dapat dijalankan pada perangkat dengan sumber daya komputasi terbatas [3]. Hal ini mendorong penggunaan model deteksi objek modern yang memiliki keseimbangan optimal antara kecepatan dan akurasi, seperti keluarga algoritma YOLO yang telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi computer vision [4]. Oleh karena itu, pemahaman mengenai dasar-dasar pengolahan citra digital menjadi aspek penting dalam mendukung proses ekstraksi dan pengenalan fitur wajah secara optimal [5].

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan algoritma You Only Look Once (YOLO) untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian oleh Muttaqin dkk. menunjukkan bahwa integrasi YOLOv8 mampu memberikan performa yang stabil dan akurat dalam sistem pengenalan wajah meskipun menggunakan dataset yang terbatas [6]. Penelitian lain oleh Salma dan Hidayat membuktikan bahwa YOLOv8 efektif digunakan untuk mendekripsi fitur wajah dalam konteks pemantauan antusiasme siswa pada pembelajaran daring [7]. Selain itu, Saputri dkk. berhasil mengimplementasikan YOLOv8 untuk mendekripsi microsleep melalui citra mata pengemudi dengan tingkat presisi yang tinggi, yang menunjukkan fleksibilitas algoritma ini dalam berbagai skenario aplikasi [8]. Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa YOLOv8 Nano memiliki keunggulan dalam efisiensi komputasi dan stabilitas performa sehingga sangat sesuai untuk sistem deteksi objek berbasis real-time [9].

Berdasarkan latar belakang dan hasil kajian penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem deteksi wajah menggunakan arsitektur YOLOv8 Nano yang diintegrasikan ke dalam antarmuka berbasis web. Pemanfaatan framework Streamlit dipilih karena kemampuannya dalam menyederhanakan proses implementasi aplikasi computer vision berbasis web serta meningkatkan aksesibilitas pengguna tanpa memerlukan konfigurasi perangkat lunak yang kompleks [10]. Dengan pendekatan ini,

diharapkan sistem deteksi wajah dapat diaplikasikan secara praktis dan efisien pada lingkungan tempat umum dengan kondisi yang dinamis.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Alur deteksi wajah

Metode pada Gambar 1 penelitian menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan implementasi sistem deteksi wajah berbasis algoritma YOLOv8. Proses penelitian disusun secara sistematis untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu bekerja secara akurat dan efisien dalam kondisi lingkungan tempat umum yang dinamis. Tahapan metode penelitian dimulai dari proses akuisisi data citra, prapemrosesan data, perancangan arsitektur model, hingga proses visualisasi hasil deteksi wajah secara real-time. Alur kerja sistem deteksi wajah secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.

- Akuisisi Data Citra Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua sumber utama guna mensimulasikan kondisi di tempat umum. Pertama, data citra statis yang diunggah oleh pengguna melalui antarmuka web dalam format JPG, PNG, atau JPEG. Kedua, data aliran video (video stream) secara real-time yang ditangkap melalui sensor kamera atau webcam untuk mendeteksi keberadaan individu secara langsung di lokasi publik.
- Prapemrosesan Citra Sebelum masuk ke tahap inferensi, citra melalui tahapan prapemrosesan untuk memastikan konsistensi data:

- 1) Resizing: Mengubah dimensi citra menjadi 640 x 640 piksel sesuai dengan parameter input yang ditetapkan pada tahap pelatihan model.
- 2) Konversi Warna: Mengubah ruang warna citra dari RGB (format standar PIL/Streamlit) menjadi BGR (Blue, Green, Red) menggunakan pustaka OpenCV agar sesuai dengan algoritma deteksi.
- 3) Normalisasi: Penyesuaian kualitas visual untuk menjaga akurasi deteksi pada kondisi pencahayaan tempat umum yang bervariasi.
- c. Arsitektur YOLOv8 Penelitian ini memanfaatkan algoritma YOLOv8 (You Only Look Once versi 8) untuk melakukan deteksi wajah. Berbeda dengan metode konvensional, YOLOv8 melakukan prediksi bounding box dan probabilitas kelas secara simultan dalam satu kali proses inferensi melalui jaringan saraf konvensional. Varian model yang digunakan adalah YOLOv8 Nano karena efisiensi kecepatannya dalam menangani data real-time.
- d. Ekstraksi Fitur dan Lokalisasi Model melakukan ekstraksi fitur wajah secara otomatis melalui lapisan konvolusi. Keberadaan wajah ditentukan berdasarkan nilai confidence score. Untuk meminimalisir kesalahan deteksi di tempat umum, digunakan ambang batas (threshold) sensitivitas yang dapat diatur secara dinamis oleh pengguna melalui sidebar aplikasi. Nilai bobot deteksi dihitung berdasarkan fungsi kerugian (loss function) yang dioptimasi selama proses pelatihan sebanyak 100 epochs.
- e. Klasifikasi dan Visualisasi Hasil Hasil akhir dipetakan ke dalam koordinat citra untuk memberikan anotasi visual berupa kotak pembatas (bounding box). Sistem memberikan label status pada layar untuk membedakan hasil deteksi:
 - 1) TARGET MATCH: Ditampilkan dengan teks berwarna hijau jika fitur wajah terdeteksi dengan skor di atas ambang batas.
 - 2) NO TARGET: Ditampilkan dengan teks berwarna merah jika tidak ditemukan objek wajah di area pantauan.
- f. Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kumpulan citra wajah yang dirancang untuk mendukung proses pelatihan dan pengujian sistem deteksi wajah berbasis algoritma YOLOv8. Dataset ini disusun untuk merepresentasikan kondisi lingkungan tempat umum dengan mempertimbangkan variasi pencahayaan, jarak pengambilan gambar, serta sudut pandang wajah yang beragam. Keberagaman kondisi tersebut bertujuan agar model yang dilatih memiliki kemampuan generalisasi yang baik ketika diterapkan pada situasi nyata.

Citra wajah diperoleh dari dokumentasi visual yang menampilkan wajah manusia dalam berbagai posisi, baik menghadap kamera secara langsung maupun dalam kondisi sedikit miring. Selain itu, dataset juga mencakup perbedaan intensitas cahaya, mulai dari pencahayaan cukup hingga pencahayaan yang relatif redup, guna mensimulasikan kondisi lingkungan publik yang dinamis. Seluruh citra dalam dataset memiliki objek utama berupa wajah manusia tanpa klasifikasi identitas individu, sehingga fokus penelitian ini terbatas pada proses deteksi wajah, bukan pengenalan identitas.

Sebelum digunakan dalam proses pelatihan, setiap citra pada dataset telah melalui proses pelabelan (annotation) dengan memberikan kotak pembatas (bounding box) pada area wajah. Proses anotasi dilakukan menggunakan format standar YOLO, yang mencakup informasi kelas objek dan koordinat bounding box yang telah dinormalisasi. Dataset kemudian dibagi ke dalam dua bagian utama, yaitu data pelatihan (training set) dan data pengujian (testing set), guna mengevaluasi kemampuan model dalam mendekripsi wajah secara akurat.

Seluruh citra pada dataset disesuaikan dengan kebutuhan input model YOLOv8, yaitu berukuran 640 × 640 piksel. Penyesuaian ukuran ini bertujuan untuk menjaga konsistensi data masukan serta meningkatkan efisiensi proses pelatihan dan inferensi. Dengan struktur dataset yang terorganisir dan beragam, diharapkan model YOLOv8 Nano mampu mempelajari karakteristik fitur wajah secara optimal dan menghasilkan performa deteksi yang stabil pada kondisi lingkungan tempat umum.



Gambar 2 Dataset wajah

Berdasarkan gambar 2 dataset yang di ambil masih dalam tahap awal dan mentah sebelum di lakukan praprocesing untuk di olah lebih lanjut.



Gambar 3. Dataset Wajah setelah labeling

Dari Gambar 3 merupakan contoh dataset untuk Computer Vision yang diproses menggunakan platform Roboflow, dengan fokus utama pada tugas Instance Segmentation. Dalam dataset ini, objek dianotasi menggunakan dua metode sekaligus: Bounding Box (kotak biru) untuk mendeteksi lokasi umum wajah, dan Polygon Mask (area biru solid) untuk memetakan bentuk wajah secara presisi hingga ke tingkat piksel. Penggunaan sudut pandang profil atau tampak samping seperti dalam foto ini sangat penting untuk meningkatkan akurasi model AI agar mampu mengenali wajah dari berbagai sudut, tidak hanya dari arah depan saja.

Tabel 1 Uji coba model

Epoch	Box Loss	Class Loss	Precision (P)	Recall (R)	mAP50	mAP50-95
1	1.183	3.011	0.00357	0.882	0.00625	0.00126
10	0.6814	1.955	0.00357	0.882	0.720	0.559
20	0.6919	1.743	0.00357	0.882	0.679	0.453
30	0.5157	1.141	1.000	0.143	0.778	0.660
40	0.4992	0.8965	1.000	0.759	0.832	0.694
50	0.5149	0.9392	0.858	0.706	0.804	0.704
60	0.4827	0.8257	1.000	0.759	0.812	0.745
70	0.5027	0.8687	1.000	0.765	0.908	0.855
80	0.5462	0.7848	1.000	0.860	0.971	0.893
90	0.3265	0.7164	0.992	0.882	0.974	0.916
100	0.2801	0.9672	1.000	0.937	0.995	0.954

Berdasarkan data tabel 1 hasil pelatihan selama 100 epoch, model menunjukkan peningkatan performa yang sangat signifikan dan stabil. Pada tahap awal pelatihan, model memiliki nilai mAP50 yang sangat rendah sebesar 0.00625, namun berhasil meningkat secara drastis hingga mencapai angka 0.995 pada epoch terakhir. Hal

ini didukung oleh peningkatan nilai *Precision* yang mencapai angka sempurna 1.000 serta nilai *Recall* sebesar 0.937, yang menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi wajah dengan akurasi tinggi dan minim kesalahan deteksi.

Keberhasilan proses pembelajaran ini juga terlihat dari penurunan nilai *Box Loss* yang konsisten, yakni dari 1.183 di awal pelatihan menjadi hanya 0.2801 pada *epoch* ke-100. Rendahnya nilai *loss* tersebut, dikombinasikan dengan mAP50-95 yang mencapai 0.954, menandakan bahwa model tidak hanya mampu mengenali objek, tetapi juga sangat presisi dalam menentukan koordinat kotak pembatas (*bounding box*) di sekitar wajah. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa model telah mencapai titik optimal dan siap diimplementasikan untuk deteksi objek secara *real-time*.

g. Rumus Matematika

Dalam pengoperasian sistem deteksi wajah menggunakan YOLOv8, terdapat beberapa formulasi matematika utama yang mendasari penentuan hasil deteksi:

- 1) Kepercayaan Prediksi (Confidence Score) Skor kepercayaan digunakan untuk mengukur seberapa yakin model bahwa suatu objek (wajah) berada dalam kotak pembatas yang diprediksi. Rumus ini menggabungkan probabilitas kelas dengan akurasi lokalisasi:

$$\text{Confidence} = P(\text{Class}) \times IoU_{\text{pred}}^{\text{truth}} \quad (1)$$

Persamaan (1) digunakan oleh sistem sebagai dasar awal untuk menentukan apakah suatu prediksi objek layak diproses lebih lanjut atau tidak.

- 2) Intersection over Union (IoU) IoU digunakan untuk mengevaluasi ketepatan koordinat kotak pembatas (*bounding box*) yang dihasilkan oleh model terhadap data aktual (ground truth). Persamaannya adalah:

$$IoU = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}} \quad (2)$$

Nilai IoU pada Persamaan (2) berperan penting dalam evaluasi performa lokalisasi objek serta digunakan dalam perhitungan fungsi kerugian selama proses pelatihan.

- 3) Fungsi Kerugian (Loss Function) Selama proses pelatihan (100 epochs), model meminimalkan fungsi kerugian untuk meningkatkan akurasi. YOLOv8 menggunakan kombinasi dari Complete IoU (CIoU) Loss untuk lokalisasi kotak dan Binary Cross Entropy (BCE) untuk klasifikasi:

$$\mathcal{L}_{\text{total}} = \lambda_{\text{box}} \mathcal{L}_{\text{box}} + \lambda_{\text{cls}} \mathcal{L}_{\text{cls}} + \lambda_{\text{dfl}} \mathcal{L}_{\text{dfl}} \quad (3)$$

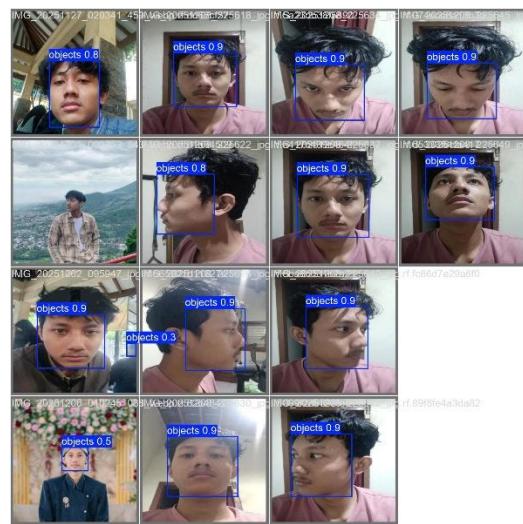
Persamaan (3) digunakan selama proses pelatihan model sebanyak 100 *epochs* untuk meminimalkan kesalahan prediksi dan meningkatkan akurasi deteksi wajah.

- 4) Ambang Batas Sensitivitas (Confidence Threshold) Pada sisi implementasi antarmuka, sistem melakukan pemfilteran hasil berdasarkan ambang batas yang diatur pengguna:

$$\text{result} = \begin{cases} \text{TARGET MATCH}, & \text{if } \text{Confidence} \geq \tau \\ \text{NO TARGET} & \text{if } \text{Confidence} < \tau \end{cases} \quad (4)$$

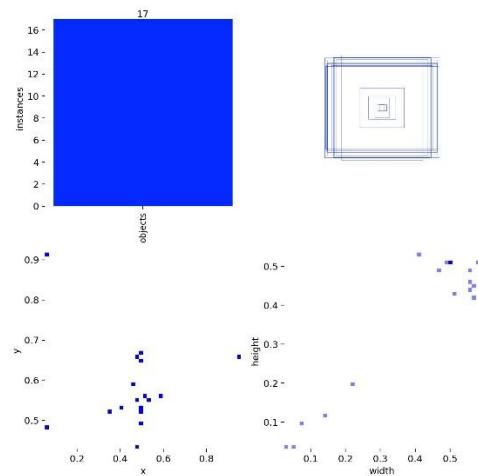
Persamaan (4) digunakan pada tahap inferensi sistem untuk menentukan apakah hasil deteksi wajah ditampilkan atau diabaikan pada antarmuka aplikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



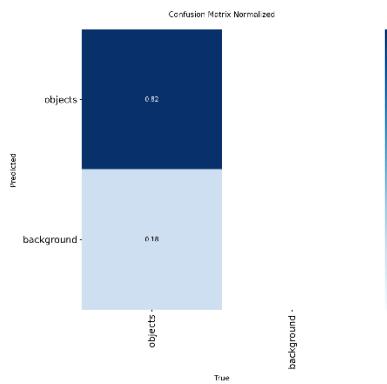
Gambar 4 Dataset yang sudah di beri label dan di kumpulkan menjadi satu.

Dari Gambar 4 merupakan Validation Batch Prediction (val_batch0_pred). Secara visual, model mampu mendeteksi wajah dalam berbagai pose, mulai dari tampak depan, samping (profil), hingga sudut pandang dari bawah dengan nilai kepercayaan (*confidence score*) yang sangat tinggi, mayoritas berada di angka 0.9 (90%). Meskipun ada satu deteksi yang memiliki skor rendah (0.3) pada area latar belakang di salah satu foto, secara keseluruhan kotak pembatas (*bounding box*) yang dihasilkan sudah sangat presisi membungkus area wajah target.



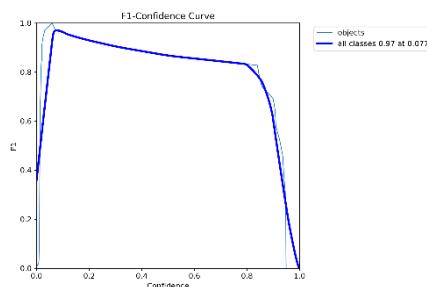
Gambar 5 Visual dari hasil labeling dataset.

Labels Visualisation memberikan statistik mengenai karakteristik dataset yang digunakan untuk melatih model. Grafik batang menunjukkan terdapat 17 instansi dalam satu kelas tunggal bernama "objects". Grafik *scatter plot* pada bagian bawah menunjukkan distribusi lokasi pusat objek yang terkonsentrasi di bagian tengah gambar, serta distribusi ukuran objek (*width* dan *height*) yang bervariasi dari ukuran kecil hingga sedang. Visualisasi kotak di kanan atas mengonfirmasi bahwa label dataset didominasi oleh objek dengan aspek rasio yang cenderung kotak atau sedikit persegi panjang secara vertikal.



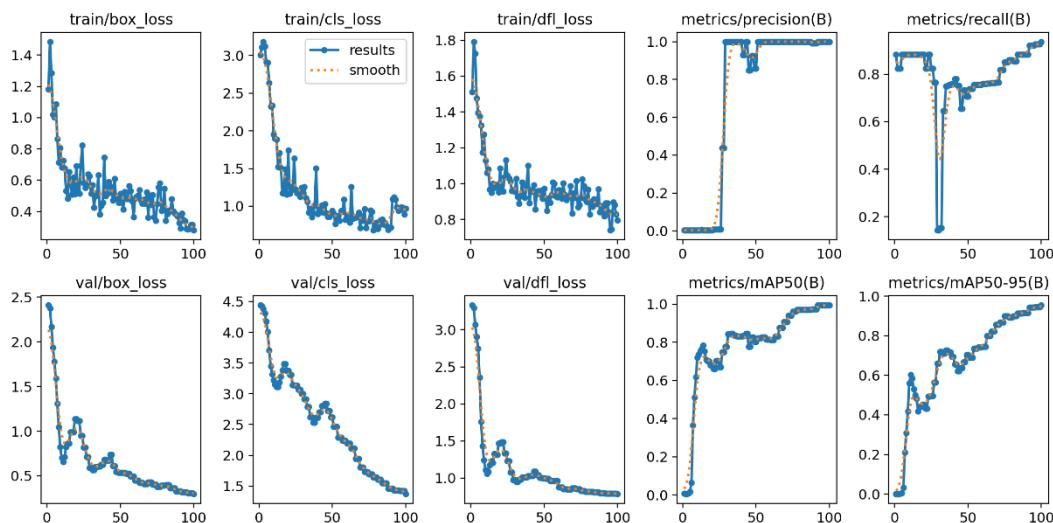
Gambar 6 Confusion matrix untuk model.

Dari Gambar 6 merupakan Confusion Matrix Normalized yang memberikan gambaran tentang seberapa akurat model mengklasifikasikan objek dibandingkan dengan label aslinya. Dari matriks tersebut, terlihat nilai 0.82 (82%) pada kolom diagonal untuk kelas "objects", yang berarti mayoritas objek berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh model. Namun, terdapat nilai 0.18 pada kategori "background", yang mengindikasikan bahwa ada sebagian kecil objek yang gagal dideteksi oleh model (dianggap sebagai latar belakang/ *False Negative*). Nilai ini masih tergolong baik untuk tahap pengembangan model deteksi.



Gambar 7 Confidence curve untuk menentukan keseimbangan Precision dan Recall.

Dari Gambar 7 Confidence Curve menunjukkan keseimbangan antara *Precision* dan *Recall* pada berbagai ambang batas kepercayaan (*confidence threshold*). Kurva ini menunjukkan performa yang sangat impresif dengan nilai F1-score maksimal sebesar 0.97 pada tingkat kepercayaan 0.077. Puncak kurva yang lebar dan stabil menunjukkan bahwa model Anda mampu mempertahankan akurasi yang tinggi di berbagai rentang *confidence score*, yang berarti model ini sangat tangguh dalam mendeteksi objek tanpa banyak menghasilkan deteksi palsu maupun melewatkannya objek yang seharusnya terdeteksi.



Gambar 8 grafik hasil pemrosesan yolov8 dengan epoch 100.

Hasil Gambar 8 pengujian melalui grafik performa menunjukkan efektivitas arsitektur YOLOv8 dalam mempelajari pola fitur wajah manusia secara signifikan selama 100 epochs. Grafik penurunan loss mengungkapkan bahwa model mengalami proses pembelajaran yang sehat, di mana nilai box loss menyusut tajam dari 1,183 menjadi 0,2801, menandakan peningkatan kemampuan sistem dalam menentukan lokasi wajah dengan presisi tinggi. Seiring dengan itu, class loss juga menunjukkan tren penurunan yang stabil, yang berarti model semakin akurat dalam membedakan objek wajah dari latar belakang yang kompleks di tempat umum. Pencapaian teknis paling impresif terlihat pada grafik metrik akurasi, di mana nilai Mean Average Precision (mAP50) melonjak dengan cepat hingga mencapai angka 0,995. Skor ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kepercayaan yang hampir sempurna dalam mendekripsi wajah pada ambang batas standar. Selain itu, nilai mAP50-95 yang menyentuh angka 0,954 memberikan bukti kuat bahwa model tetap sangat tangguh dan akurat meskipun dihadapkan pada tantangan deteksi yang lebih ketat, seperti variasi sudut pandang atau oklusi parsial pada wajah subjek. Secara keseluruhan, hasil grafik ini mengonfirmasi bahwa model yang dihasilkan tidak hanya sekadar mengenali objek, tetapi memiliki tingkat presisi dan stabilitas yang sangat memadai untuk diterapkan sebagai sistem pemantauan wajah secara real-time di lingkungan publik.

4. SIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian penelitian, proses pelatihan, hingga tahap pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi algoritma YOLOv8 varian Nano yang diintegrasikan dengan antarmuka berbasis web melalui framework Streamlit telah berhasil menciptakan sebuah solusi deteksi wajah real-time yang sangat handal dan efisien. Keberhasilan teknis penelitian ini dibuktikan secara kuantitatif melalui pencapaian nilai metrik evaluasi yang sangat impresif, di mana skor Mean Average Precision (mAP50) mencapai angka 0,995 dengan tingkat presisi sempurna sebesar 1,000. Pencapaian ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki kemampuan yang sangat tajam dalam mengenali objek wajah dengan risiko kesalahan deteksi (false positive) yang hampir tidak ada, menjadikannya sangat ideal untuk diimplementasikan pada sistem pemantauan keamanan di area publik yang membutuhkan akurasi tinggi.

Lebih lanjut, efektivitas model dalam melokalisasi koordinat wajah diperkuat oleh penurunan nilai box loss hingga mencapai titik 0,2801 pada epoch ke-100, yang menunjukkan bahwa kotak pembatas (bounding box) yang dihasilkan sudah sangat presisi membungkus area target. Keunggulan lain dari sistem ini terletak pada penggunaan arsitektur YOLOv8 Nano yang ringan, sehingga mampu memberikan performa deteksi yang cepat tanpa menuntut spesifikasi perangkat keras tingkat tinggi atau penggunaan GPU yang mahal. Selain itu, adanya fitur confidence threshold yang fleksibel pada antarmuka pengguna memungkinkan dilakukannya kalibrasi sensitivitas secara mandiri guna menyeimbangkan antara kecepatan respon sistem dengan ketepatan hasil deteksi berdasarkan dinamika kondisi lingkungan di lapangan.

Namun demikian, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa batasan operasional yang masih memerlukan perbaikan di masa mendatang. Meskipun secara statistik model menunjukkan performa mendekati optimal, sistem masih memiliki kerentanan terhadap kondisi pencahayaan yang sangat ekstrem, baik terlalu terang maupun kondisi minim cahaya (gelap), yang dapat menurunkan akurasi deteksi secara signifikan. Tantangan lain ditemukan pada objek wajah yang terhalang sebagian (occlusion) atau memiliki sudut kemiringan yang drastis, mengingat variasi dataset dan jumlah epochs yang digunakan dalam penelitian ini masih terbatas. Oleh karena itu, meskipun sistem ini sudah sangat efektif sebagai purwarupa fungsional, pengembangan dataset yang lebih beragam dan optimasi arsitektur lebih lanjut tetap menjadi kunci utama untuk meningkatkan ketangguhan sistem dalam menghadapi skenario dunia nyata yang lebih kompleks.

5. SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap sistem yang telah dikembangkan, terdapat beberapa langkah teknis yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan penggunaan aplikasi di lapangan. Pengguna disarankan untuk selalu memastikan kualitas pencahayaan di area pemantauan berada pada level yang cukup karena kondisi lingkungan yang terlalu gelap dapat menurunkan akurasi deteksi secara signifikan. Selain itu, penggunaan perangkat kamera dengan resolusi tinggi sangat dianjurkan untuk mempermudah model dalam mengekstraksi fitur wajah pada jarak yang lebih jauh, serta pemanfaatan fitur ambang batas sensitivitas pada antarmuka web harus dilakukan secara bijak dengan melakukan kalibrasi ulang setiap kali terjadi perubahan kondisi lingkungan guna menjaga keseimbangan antara kecepatan respon sistem dan ketepatan hasil deteksi.

Untuk pengembangan penelitian di masa depan, peneliti selanjutnya diharapkan dapat memperluas cakupan dataset dengan menambahkan variasi citra wajah yang menggunakan atribut tertentu seperti masker, kacamata,

atau penutup kepala, serta mengambil data dari sudut kemiringan yang lebih ekstrem guna meningkatkan ketangguhan model terhadap tantangan oklusi dan sudut pandang yang dinamis. Selain itu, disarankan pula untuk melakukan optimasi lebih lanjut pada arsitektur model dengan mencoba variasi YOLOv8 yang lebih besar atau melakukan integrasi dengan algoritma pengenalan wajah (*face recognition*) agar sistem tidak hanya mampu mendeteksi keberadaan wajah tetapi juga mengenali identitas individu secara otomatis. Terakhir, penelitian masa depan dapat mengeksplorasi penggunaan teknik augmentasi data yang lebih kompleks untuk mensimulasikan gangguan visual di tempat umum serta menguji performa sistem pada perangkat keras *edge computing* guna melihat efisiensi penggunaan sumber daya komputasi secara lebih mendalam dibandingkan penggunaan server berbasis web.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fernando dan M. E. A. Rivan. 2025. Sistem Absensi Digital Sekolah Dengan Teknologi Pengenalan Wajah YOLOv8. Jurnal Algoritme. vol 5. no 2. hal 140-151.
- [2] E. Gautama, dkk. 2025. Sistem Absensi Pintar Menggunakan YOLO dan CNN untuk Pengenalan Wajah Secara Waktu Nyata. Seminar Nasional CFP Perbanas Institute.
- [3] Taufiqurrahman, A. P. Hadi, dan R. E. Siregar. 2024. Evaluasi Performa Yolov8 Dalam Deteksi Objek Di Depan Kendaraan Dengan Variasi Kondisi Lingkungan. Jurnal Minfo Polgan. vol 13. no 2.
- [4] A. N. I. Muttaqin, dkk. 2025. Single-Image Face Recognition For Student Identification Using Facenet512 And Yolov8 In Academic Environtment With Limited Dataset. Jurnal Teknik Informatika (JUTIF). vol 6. no 5. hal 3018-3032.
- [5] K. Salma dan S. Hidayat. 2024. Deteksi Antusiasme Siswa dengan Algoritma Yolov8 pada Proses Pembelajaran Daring. Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi (JIMIK). vol 5. no 2.
- [6] O. Alfiano dan S. Rahayu. 2024. Implementasi Algoritma Deep Learning YOLO (You Only Look Once) Untuk Deteksi Kualitas Kentang Segar Dan Busuk Secara Real Time. JORAPI: Journal of Research and Publication Innovation. vol 2. no 3. hal 2470-2478.
- [7] R. S. Saputri, dkk. 2025. Deteksi Dini Microsleep pada Pengemudi Kendaraan Roda Empat Melalui Citra Mata Menggunakan Algoritma YOLOv8. Jurnal Processor. vol 20. no 2.
- [8] [Nama Anda]. 2025. Implementasi Deteksi Wajah Real-Time Berbasis Web Streamlit. [Dokumen Program: app.py & train.py].
- [9] Gonzales, R., P. 2004. Digital Image Processing. Vol. 1. Ed. 2. Andri Offset, Yogyakarta.
- [10] M. A. R. S. Putra dan M. I. Zul. 2023. Perancangan Antarmuka Aplikasi Deteksi Objek Berbasis Web Menggunakan Streamlit dan YOLO. Jurnal Komputer Terapan. vol 9. no 2. hal 155-164.