

Pengenalan Emosi pada Citra wajah menggunakan Metode YOLO

Apliana Gallu¹, AR. Himamunanto², Haeni Budiati³

^{1,2,3}Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan komputer, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia

E-mail: apliana.g2042@student.ukrimuniversity.ac.id¹, rudatyo@ukrim.ac.id², heni@ukrimuniversity.ac.id³

Abstract

Human emotions can be expressed through facial expressions, and automatic recognition has a wide range of applications, from human and computer interaction to behavior analysis. Researchers developed a YOLO-based model that was trained to recognize various basic emotions such as happy, sad, angry, and surprised. The dataset used includes various facial images with corresponding emotion labels. This research produced a web to detect human faces using the YOLO algorithm in realtime. A total of 400 photos were used in the analysis; these images were separated into 4 classes: happy, sad, angry, and surprised. Of the 400 images, 70% are training images, 20% are validation images, and 10% are test images. There were 200 epochs of training data, which resulted in a new model. The validation rate of the mAP is 90%, the final score of the model shows that the object identification accuracy of the YOLOv8 model on facial expressions is at the highest point. The experimental results show that the YOLO method is able to detect and classify emotions with a high degree of accuracy. These results demonstrate its advantages in speed and efficiency compared to other more conventional methods. This implementation opens up opportunities for further development in real-time applications that allow the YOLO method to be used in a variety of applications.

Keywords: Emotion recognition, Facial image, YOLO (You Only Look Once), Detection & Classification, real-time

Abstrak

Emosi manusia dapat diekspresikan melalui ekspresi wajah, dan pengenalan otomatis yang memiliki berbagai aplikasi, mulai dari interaksi manusia dan komputer hingga analisis perilaku. Peneliti mengembangkan model berbasis YOLO yang dilatih untuk mengenali berbagai emosi dasar seperti bahagia, sedih, marah, dan terkejut. Dataset yang digunakan mencakup berbagai gambar wajah dengan label emosi yang sesuai. Pada penelitian ini menghasilkan sebuah web untuk mendeteksi wajah pada manusia menggunakan algoritma YOLO secara realtime. Total ada 400 foto yang digunakan dalam analisis; gambar-gambar ini dipisahkan menjadi 4 kelas: bahagia, sedih, marah, dan terkejut. Dari 400 gambar tersebut, 70% merupakan gambar pelatihan, 20% merupakan gambar validasi, dan 10% merupakan gambar uji. Ada sebanyak 200 epoch data pelatihan, yang menghasilkan sebuah model baru. Tingkat validasi mAP sebesar 90%, skor akhir model menunjukkan bahwa akurasi identifikasi objek model YOLOv8 pada ekspresi wajah berada pada titik tertinggi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode YOLO mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan emosi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil ini menunjukkan keunggulannya dalam kecepatan dan efisiensi dibandingkan dengan metode lain yang lebih konvensional. Implementasi ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi real-time yang memerlukan analisis cepat dan akurat dari ekspresi wajah.

Kata kunci: Pengenalan emosi, Citra wajah, YOLO(You Only Look Once), Deteksi & Klasifikasi, real-time

1. Pendahuluan

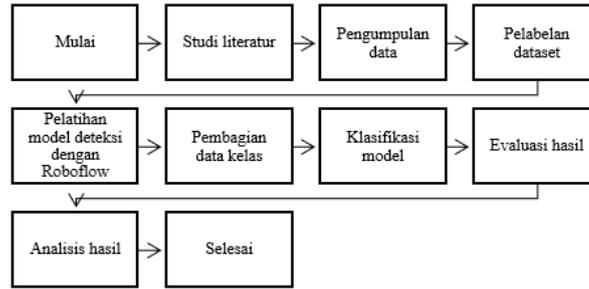
Pengenalan emosi pada citra wajah memiliki berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang pengenalan emosi manusia, kecerdasan buatan, atau antarmuka pengguna. Penelitian tentang pengenalan pola komputer telah lama berfokus pada pengenalan emosi wajah, dan hingga saat ini, tidak ada teknik pengenalan ekspresi wajah yang memiliki tingkat pengenalan 100% [1]. Karena perubahan pencahayaan dan ekspresi wajah, identifikasi emosi dalam foto wajah merupakan masalah yang menantang. Menanggapi kesulitan-kesulitan ini, penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat mengembangkan teknik yang lebih dapat dipercaya dan kuat. Elemen penting dari kontak manusia adalah emosi. Di bidang komputer dan pengenalan pola, pengenalan emosi gambar wajah sangatlah penting. Saat ini, mengenali emosi secara otomatis dari ekspresi wajah sangatlah penting di era teknologi informasi yang berkembang pesat.

Proses dari pengenalan wajah diantaranya adalah deteksi wajah dan klasifikasi wajah [2]. Mengenali ekspresi untuk saat ini banyak menggunakan berbagai macam metode seperti menunjukkan ekspresi didepan kamera, atau komputer. Dalam hal tersebut dilakukan metode facial landmark sebagai deteksi area komponen wajah seperti alis, mata, dan mulut untuk diekstraksi agar menghasilkan nilai ciri tanpa harus memproses keseluruhan wajah [3]. Pengolahan citra digital menggunakan pengenalan wajah, yaitu teknik penerapan gambar pada wajah untuk mengidentifikasi wajah dalam foto atau gambar [4][5].

YOLOv8 adalah iterasi terbaru dari keluarga YOLO, yang terkenal dengan kemampuannya mendeteksi objek dalam gambar secara real-time dengan kecepatan tinggi dan akurasi yang baik. Untuk pendeteksian objek, pendekatan YOLOv8 (You Only Look Once) merupakan pilihan yang cocok karena efisiensi dan hasil pendeteksiannya yang tepat. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas model YOLOv8 dalam mengidentifikasi dan mendeteksi foto yang diubah sebelumnya. [6]. Kecepatan dan Efisiensi YOLO V8 mempertahankan kecepatan yang tinggi dalam proses deteksi objek, yang merupakan karakteristik utama dari semua versi YOLO. Algoritma ini dirancang untuk melakukan deteksi dalam satu langkah (single-stage detector), yang memungkinkan proses yang lebih cepat dibandingkan dengan metode two-stage seperti R-CNN. Peningkatan dalam arsitektur jaringan dan optimasi algoritma membuat YOLO V8 lebih efisien dalam pemrosesan gambar besar dan real-time applications [7]. Akurasi Deteksi YOLO V8 menunjukkan peningkatan akurasi dibandingkan versi sebelumnya (seperti YOLO V5 dan V6) dalam berbagai dataset benchmark seperti COCO (Common Objects in Context). Modifikasi dalam arsitektur dan penggunaan teknik-teknik modern seperti augmentasi data dan penambahan modul self-attention berkontribusi terhadap peningkatan ini [8]. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi yang lebih akurat, cepat, dan aplikatif dalam pengenalan emosi. Dengan mengatasi berbagai keterbatasan metode klasik telah memenuhi kebutuhan aplikasi real-time, bidang pemrosesan gambar pada interaksi manusia dan komputer dapat memperoleh manfaat besar dari penelitian ini.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menyarankan penggunaan dataset dan metode YOLO sebagai parameter gambar dalam banyak tahapan untuk mencapai pengenalan emosi berdasarkan ekspresi wajah. Berikut adalah beberapa tahapan dalam penelitian ini yaitu: studi literatur, pengumpulan data, pelabelan dataset, pelatihan model deteksi dengan Roboflow, pembagian data kelas, klasifikasi model, evaluasi hasil, dan analisis hasil.



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

2.1. Studi Literatur

Pada penelitian ini, peneliti melakukan pencarian dataset yang relevan yang berkaitan dengan penelitian ini, setelah melakukan penelusuran data maka tahap selanjutnya adalah mengumpulkan dataset yang terdiri dari empat kelas yaitu senang, sedih, kaget, dan marah.

2.2. Pengumpulan dan Persiapan data

Pengumpulan data Dibutuhkan 400 gambar dengan ekspresi keheranan, kebahagiaan, kesedihan, dan kemarahan untuk dataset penelitian ini yang dikumpulkan dari internet [9] [10]. Berikut adalah contoh kumpulan data yang dikumpulkan untuk penelitian ini.



Gambar 2. Kumpulan data wajah gembira



Gambar 3. Menunjukkan dataset ekspresi sedih



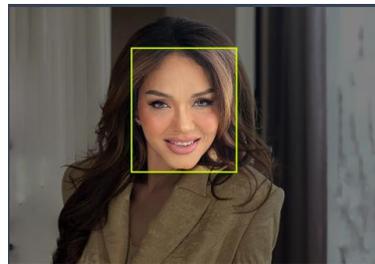
Gambar 4. Menunjukkan dataset ekspresi kaget



Gambar 5. Menunjukkan dataset ekspresi marah

2.3. Pelabelan Dataset

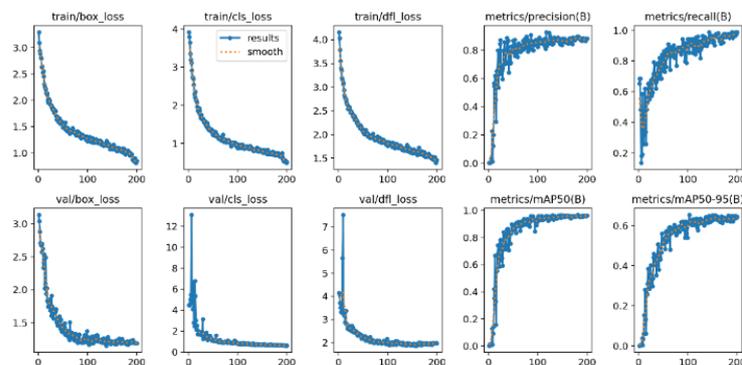
Proses membagi kelas pada setiap foto dengan roboflow adalah labelling(annotasi dataset). Kelas dalam penelitian ini adalah senang, sedih, kaget, dan marah. Setiap gambar harus dilakukan labelling terlebih dahulu sebelum masuk ke tahap deteksi model gambar, tujuan dilakukan labelling adalah untuk mengetahui objek gambar wajah sehingga mudah untuk dikenali setiap ekspresi emosi yang ditampilkan.



Gambar 6. Pelabelan

2.4. Pelatihan model deteksi dengan Roboflow

Setelah dataset diimport ke Google Collab, langkah selanjutnya adalah melatih dataset. Ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi sistem dan mencegah salah deteksi objek. Peneliti menggunakan metode yolov8 untuk proses ini yang telah dilabelling sebelumnya. Kemudian identifikasi wajah, langkah pertama adalah menemukan wajah pada gambar atau video. Setiap gambar dilabelkan dengan hati-hati, dengan kotak pembatas mengelilingi wajah. Untuk memastikan generalisasi model yang kuat, dataset yang dianotasi kemudian dibagi menjadi 70% datanya adalah pelatihan, 20% adalah validasi, dan 10% adalah pengujian. Kemudian dataset dilatih dengan 200 epoch menggunakan bobot pra-latihan deteksi YOLOv8. Ini menghasilkan model untuk mengidentifikasi ekspresi wajah. Average Average Precision (mAP), yang membandingkan kotak pembatas berlabel dengan kotak pembatas yang terdeteksi, menghasilkan skor. Model lebih akurat dengan skor yang lebih tinggi.



Gambar 7. Graph pelatihan model

2.5. Pembagian data kelas

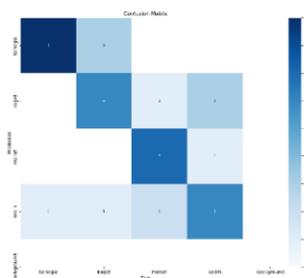
Ini dilakukan melalui website Roboflow dengan dataset yang telah diubah ukurannya dan diberi label. Selanjutnya data dibagi menjadi tiga jenis data: 70% datanya adalah pelatihan, 20% adalah validasi, dan 10% adalah pengujian. Hal ini dilakukan untuk membantu proses pelatihan dan mengurangi kemungkinan kumpulan data kelebihan atau kekurangan.

2.6. Klasifikasi Model

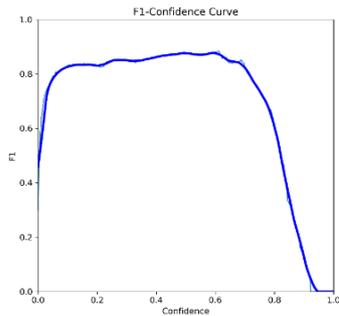
Dataset yang digunakan untuk melatih model klasifikasi emosi terdiri dari empat kelas dengan empat ratus gambar. Proses klasifikasi emosi menggunakan YOLO dapat dilatih berdasarkan fitur setiap kelas emosi sehingga dapat diklasifikasikan dengan akurasi yang tinggi pada setiap citra wajah. Hasilnya menunjukkan bahwa k dengan akurasi tertinggi adalah $k=1$ dan bahwa akurasi rata-rata lebih dari 90%. Namun, penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa model dengan $k=1$, meskipun lebih akurat, akan menyebabkan model overfitting karena model mempelajari data terlalu banyak dan tidak melihat pola dasar data. Seperti yang ditunjukkan oleh fakta bahwa $k=5$ lebih tinggi dan tetap mempertahankan akurasi rata-rata di atas 80%, dan k lebih besar, semakin besar semakin tidak akurat model [11]. Selanjutnya, penelitian ini menggunakan metodologi YOLOv8 untuk mendeteksi emosi wajah yang tepat dari gambar. Versi terbaru YOLO digunakan karena lebih akurat daripada versi sebelumnya dan memiliki paket yang lebih mudah digunakan di Python. Arsitektur ini dapat mengekstrak tepi, tekstur, dan variasi warna dari gambar [12]. Penelitian ini menunjukkan bahwa YOLOv8 dapat mendeteksi objek dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, dan skala. Kemampuan generalisasi ditingkatkan dengan penggunaan dataset yang lebih besar dan lebih beragam selama pelatihan [13]. Untuk menilai kinerja model secara Recall dan Precision digunakan. Recall mengukur kemampuan untuk membedakan individu emosi yang sebenarnya, dan precision mengukur ketepatan prediksi emosi, dengan fokus pada mengurangi false positive.

2.7. Evaluasi Hasil

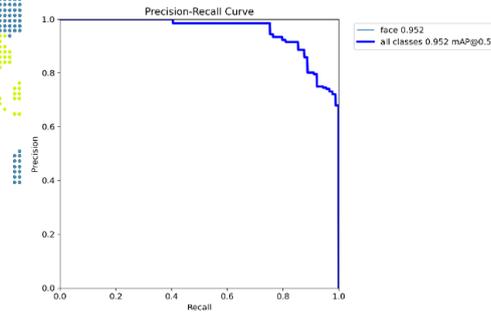
Peneliti membuat perkiraan seberapa baik sistem yang dikembangkan memenuhi harapan sehubungan dengan persyaratan. Setelah pelatihan selesai, langkah selanjutnya adalah evaluasi akurasi, nilai mAP, Precision, dan Recall, dan F1-score untuk mengukur keberhasilan model dalam mengklasifikasi emosi wajah berdasarkan citra wajah menggunakan YOLO[14]. Total ada 400 foto, 70 persen digunakan untuk pelatihan, 20 persen untuk validasi, dan 10 persen untuk uji coba. Gambar-gambar tersebut dibagi menjadi empat kategori: terkejut, gembira, sedih, dan marah. Ada sebanyak 200 epoch data pelatihan, yang menghasilkan sebuah model baru. Menunjukkan bahwa model akhir memiliki loss sebesar 0,95 dan dengan rating validasi peta sebesar 90%, akurasi deteksi objek model YOLOv8 pada ekspresi wajah berada pada level tertinggi. [15][16]. Pada penggunaan python semua gambar harus diubah ukuran yang sama semua yaitu menjadi 640 x 640 pixel. Dataset harus memiliki piksel yang seragam agar mesin dapat melatihnya. Jika tidak, mesin akan mengalami kesulitan.



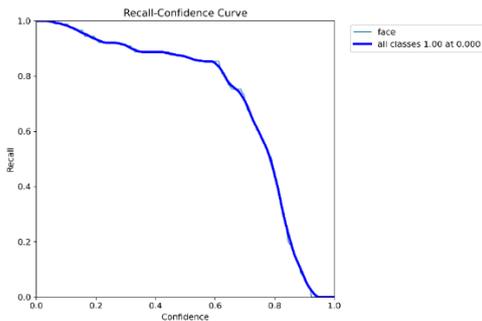
Gambar 8. Akurasi (Normalisasi Matriks)



Gambar 9. Skor F1



Gambar 10. Precision



Gambar 11. Recall

2.8. Analisis Hasil

Pada penelitian ini hasil evaluasi akan dianalisis untuk mengetahui apa kelemahan dan kelebihan pada metode YOLO menggunakan dataset yang telah diuji sehingga dapat mengukur kinerja klasifikasi emosi pada citra wajah. Metode You Only Look Once (YOLO) adalah algoritma pendekatan pada pendeteksian dan pengklasifikasian serta pendeteksian pada bidang objek real-time. YOLO sangat bagus dalam mendeteksi objek secara cepat dan akurat, sehingga dalam mengklasifikasi emosi berdasarkan citra wajah mudah mengenali dengan cepat.

3. Hasil dan Pembahasan

Kemampuan metode Yolo dalam mengidentifikasi emosi pada foto wajah menjadi permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini. Tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data, pelabelan dataset, pelatihan model deteksi dengan Roboflow, pembagian data kelas, dan klasifikasi model. Proses labelling dataset atau anotasi data digunakanlah roboflow, dimana aplikasi tersebut digunakan untuk memotong (cropping) bagian objek area wajah saja, yang digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasi emosi wajah. Algoritma YOLOv8 kemudian digunakan untuk menjalankan prosedur pelatihan atau dataset pelatihan. Algoritme pengenalan objek yang dapat mengidentifikasi item dalam foto atau video secara real time disebut YOLOv8. Langkah awal dataset pelatihan di Roboflow adalah memberi label pada dataset tersebut. Setelah pelabelan, kumpulan data dibagi menjadi tiga kategori: 70% data pelatihan, 20% data validasi, dan 10% data pengujian. untuk mengurangi underfitting dan overfitting pada kumpulan data dan menyederhanakan prosedur pelatihan. Selanjutnya, adalah tahap evaluasi dan analisis. Berdasarkan hasil pengujian kinerja objek yang dilakukan peneliti untuk mengukur klasifikasi emosi wajah menggunakan algoritma YOLOv8 adalah 80%.

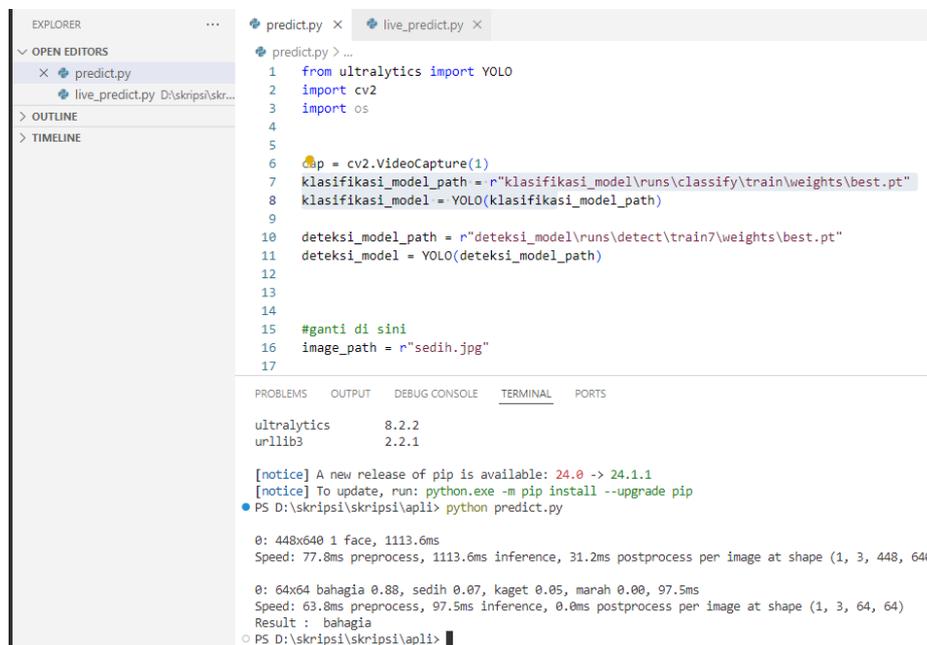


Gambar 12. Hasil Labelling klasifikasi dataset

Untuk mendapatkan hasil training yang akurat maka dilakukanlah training berulang kali sebanyak tujuh kali training dataset. Selanjutnya hasil deteksi pada emosi wajah dengan akurasi masing-masing yang dihasilkan sudah akurat dan relevan.

3.1. Pengujian Sistem secara Real-time

You Only Look Once dikombinasikan dengan pembelajaran mendalam memberikan hasil yang baik untuk pengenalan emosi secara real-time dari ekspresi wajah. Namun, metode ini membutuhkan sumber daya hardware yang cukup besar untuk memprediksi nilai emosi[9]. Saat memulai program masukkan perintah `detect.py --deteksi_model/runs/detect/train7/weights/best.pt --img 64 --conf 0.6 --source 0` di skripsi prompt. Sedangkan untuk mengaktifkan kamera maka perintahnya `live_predict.py --klasifikasi_model/runs/classify/train/weights/best.pt --img 64 --conf 0.6 --source 0` di skripsi prompt. Berikut merupakan hasil pengujian system unggah file gambar dan video live dapat dilihat pada gambar berikut ini.

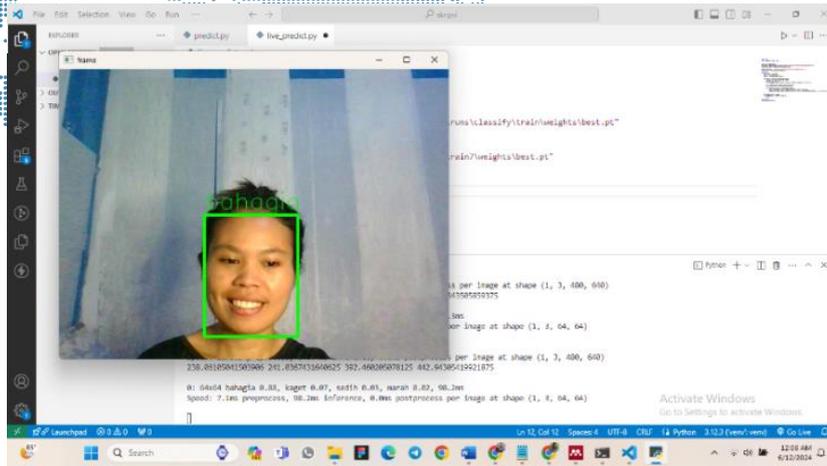


```

predict.py > ...
1 from ultralytics import YOLO
2 import cv2
3 import os
4
5
6 cap = cv2.VideoCapture(1)
7 klasifikasi_model_path = r"klasifikasi_model\runs\classify\train\weights\best.pt"
8 klasifikasi_model = YOLO(klasifikasi_model_path)
9
10 deteksi_model_path = r"deteksi_model\runs\detect\train7\weights\best.pt"
11 deteksi_model = YOLO(deteksi_model_path)
12
13
14
15 #ganti di sini
16 image_path = r"sedih.jpg"
17
PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS
ultralytics 8.2.2
urllib3 2.2.1
[notice] A new release of pip is available: 24.0 -> 24.1.1
[notice] To update, run: python.exe -m pip install --upgrade pip
PS D:\skripsi\skripsi\apli> python predict.py
0: 448x640 1 face, 1113.6ms
Speed: 77.8ms preprocess, 1113.6ms inference, 31.2ms postprocess per image at shape (1, 3, 448, 640)
0: 64x64 bahagia 0.88, sedih 0.07, kaget 0.05, marah 0.00, 97.5ms
Speed: 63.8ms preprocess, 97.5ms inference, 0.0ms postprocess per image at shape (1, 3, 64, 64)
Result : bahagia
PS D:\skripsi\skripsi\apli>
  
```

Gambar 13. Hasil pengujian prediksi real-time

Berdasarkan hasil pengujian prediksi pada real-time, akurasi dari emosi wajah bahagia 0,80% dibandingkan dengan akurasi metrik pada gambar 8 mencapai 0,90%.



Gambar 14. Hasil Pengujian video live

Berdasarkan metrik dari matriks konfusi, nilai parameter label ceria adalah 0,90; namun, hasil yang ditampilkan pada Gambar 14 menunjukkan nilai 0,85 yang dapat dikaitkan dengan waktu tunda atau kurang stabil dalam menangkap wajah.

4. Kesimpulan

Penelitian ini memberikan beberapa temuan penting dan kontribusi signifikan dalam bidang ini yaitu Akurasi dan Kecepatan dimana metode YOLO terbukti efektif dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan emosi dari ekspresi wajah dengan akurasi tinggi. Kemampuan YOLO untuk melakukan deteksi objek secara real-time juga menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk aplikasi yang membutuhkan respons cepat. 400 kumpulan data gambar yang digunakan dibagi menjadi tiga kategori: pelatihan (70%), validasi (20%), dan pengujian (10%). Set pelatihan mencakup foto-foto dari empat kelas berbeda: senang, sedih, marah, dan kaget. Model menunjukkan bahwa akurasi identifikasi objek model YOLOv8 pada ekspresi wajah berada pada titik tertinggi, peringkat validasi mAP sebesar 90%. Model ini dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi praktis seperti sistem keamanan, layanan pelanggan, pendidikan, dan interaksi manusia dan komputer. Kemampuan untuk mendeteksi emosi secara real-time membuka peluang untuk inovasi lebih lanjut dalam bidang ini. Setelah melakukan penelitian ini masalah yang diteliti sudah terjawab dimana hasil pengujian mampu mengenali emosi pada wajah. pengembangan Sistem Real-time, untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi model, disarankan untuk menggunakan dataset yang lebih besar dan lebih beragam. Menambahkan lebih banyak data dari berbagai demografi dan situasi dapat membantu meningkatkan performa model. Etika dan Privasi, diperlukan pertimbangan etika dan privasi harus menjadi prioritas utama. Penggunaan teknologi pengenalan emosi harus mematuhi regulasi privasi data dan mendapatkan persetujuan dari pengguna untuk menghindari penyalahgunaan.

Daftar Pustaka

- [1] A. D. W. M. Sidik *Et Al.*, “Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Teknik Filter Wavelet Gabor,” *Fidel. J. Tek. Elektro*, Vol. 3, No. 1, Pp. 1–4, 2021, Doi: 10.52005/Fidelity.V3i1.84.
- [2] F. Setiawan And D. A. R., “Sistem Pengenalan Wajah Dengan Metode Local Binary Pattern Histogram Pada Firebase,” *Sentik*, Vol. 4, No. 1, Pp. 19–25, 2020.
- [3] D. Nur Cahyo, H. Zulfia Zahro’, And N. Vendyansyah, “Pengenalan Ekspresi Mikro Wajah Dengan Ekstraksi Fitur Pada Komponen Wajah Menggunakan Metode Local Binary Pattern Histogram,” *Jati (Jurnal Mhs. Tek. Inform., Vol. 7, No. 1, Pp. 822–829, 2023, Doi: 10.36040/Jati.V7i1.6167.*

- [4] E. Tarigan, R. S. Naibaho, And A. Satria, "Pengenal Wajah Menggunakan Metode Viola Jones dengan Menggunakan Aplikasi Matlab 2015," *Djtechno J. Teknol. Inf.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 82–89, 2023, Doi: 10.46576/Djtechno.V4i1.3256.
- [5] R. Anita Jasmine, P. Arockia Jansi Rani, And J. Ashley Dhas, "Hyper Parameters Optimization For Effective Brain Tumor Segmentation With Yolo Deep Learning," *J. Pharm. Negat. Results*, Vol. 13, Pp. 2247–2257, 2022, Doi: 10.47750/Pnr.2022.13.S06.292.
- [6] I. Maulana, N. Rahaningsih, And T. Suprpti, "Analisis Penggunaan Model Yolov8 (You Only Look Once) Terhadap Deteksi Citra Senjata Berbahaya," *Jati (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* Vol. 7, No. 6, Pp. 3621–3627, 2024, Doi: 10.36040/Jati.V7i6.8271.
- [7] D. P. Andini, Y. G. Sugiarta, T. Y. Putro, And R. D. Setiawan, "Sistem Presensi Kelas Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Cnn," *Jtera (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, Vol. 7, No. 2, P. 315, 2022, Doi: 10.31544/Jtera.V7.I2.2022.315-322.
- [8] D. I. Mulyana, A. Sufriaman, And M. B. Yel, "Implementasi Deteksi Emosional Pada Wajah Menggunakan Deep Learning - Yolov5," *Jutech J. Educ. Technol.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 12–22, 2023, Doi: 10.31932/Jutech.V4i1.2174.
- [9] I. Azhar And Fitriyani, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Dalam Deteksi Emosi Manusia Berdasarkan Ekspresi Wajah," *Eprosiding Tek. Inform.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 112–118, 2021.
- [10] M. N. Al Azam And C. Darujati, "Pengenalan Citra Wajah Frontal Menggunakan Hirarikal Klaster Berbasis Deep Learning Inception V3," *Jrec (Journal Electr. Electron.*, Vol. 9, No. 2, Pp. 9–13, 2022, Doi: 10.33558/Jrec.V9i2.3187.
- [11] J. Homepage, S. N. Faadhilah, S. Bukhori, And J. A. Putra, "Malcom: Indonesian Journal Of Machine Learning And Computer Science Emotional Expressions Recognition In Facial Images Using Extreme Machine Learning Case Study Of Jaffe Public Dataset Pengenalan Ekspresi Emosi Pada Citra Wajah Menggunakan Extreme Machine," Vol. 2, No. October, Pp. 19–27, 2022.
- [12] R. Armandhani, R. C. Wihandika, And M. A. Rahman, "Klasifikasi Gender Berbasis Wajah Menggunakan Metode Local Binary Pattern Dan Random Knn," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, Vol. 3, No. 8, Pp. 7575–7582, 2019.
- [13] W. N. Jasim And R. J. Mohammed, "A Survey On Segmentation Techniques For Image Processing," *Iraqi J. Electr. Electron. Eng.*, Vol. 17, No. 2, Pp. 73–93, 2021, Doi: 10.37917/Ijeee.17.2.10.
- [14] M. Hatami, T. Tukino, F. Nurapriani, W. Widiyawati, And W. Andriani, "Deteksi Helmet Dan Vest Keselamatan Secara Realtime Menggunakan Metode Yolo Berbasis Web Flask," *Edusaintek J. Pendidikan, Sains Dan Teknol.*, Vol. 10, No. 1, Pp. 221–233, 2023, Doi: 10.47668/Edusaintek.V10i1.651.
- [15] Agustinus Andi, Kurniawan Rudi, And Oktavia Lingga Wijaya Harna, "Klasifikasi Emosi Melalui Ekspresi Wajah Menggunakan Algoritma Deep Learning," *Proc. Econ. Soc. Sci. Comput. Agric. Fish. 2nd 2023*, P. 177, 2022.
- [16] Evan Tanuwijaya Timotius, David Christian Kartamihardja, And Timotius Leonardo Lianoto, "Deteksi Ekspresi Wajah Manusia Menggunakan Convolution Neural Network Pada Citra Pembelajaran Daring," *J. Ilm. Betrik*, Vol. 13, No. 3, Pp. 224–230, 2021.