

IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

¹Ulfa Mahera, ²Raihan Islamadina

^{1,2}Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Jl. Syeikh Abdul Rauf Darussalam, Banda Aceh, 23111, Indonesia
E-mail: 200212009@student.ar-raniry.ac.id

Abstract

This research implements the Viola-Jones and YOLOv9 methods to detect moving faces using OpenCV. This research uses a total dataset consisting of 1,250 facial images for the Viola-Jones method, and 1,205 images for the YOLOv9 model. The YOLOv9 dataset is divided into three categories: train (83% or 1,000 images), valid (12% or 145 images), and test (5% or 60 images). The method applied in this research is the Viola-Jones method and YOLOv9 to detect moving faces using OpenCV. The Viola-Jones method was chosen because of its speed and accuracy in face detection, while YOLOv9 was chosen because of its advanced and efficient detection capabilities. The YOLOv9 model was trained four times by comparing epoch parameters to produce the best accuracy. From four experiments, the parameter that produced the best accuracy used epoch 100 in batch 16. The Viola-Jones method succeeded in detecting 1,204 of 1,250 facial images, producing accuracy, precision and recall of 96% each, and an F1-Score of 97%. For the YOLOv9 model, test results using the confusion matrix show that the face detector reaches a precision level of 95%, recall of 98%, and mAP50 of 99%. Based on these results, it can be concluded that the implementation of these two methods is effective for detecting moving faces with a high level of accuracy and performance.

Keywords: *Face Detection, YOLOv9, Viola-Jones, Citra, Accuracy*

Abstrak

Penelitian ini mengimplementasikan metode Viola-Jones dan YOLOv9 untuk mendeteksi wajah bergerak menggunakan OpenCV. Penelitian ini menggunakan total dataset yang terdiri dari 1.250 citra wajah untuk metode Viola-Jones, dan 1.205 citra untuk model YOLOv9. Dataset YOLOv9 dibagi kedalam tiga kategori: *train* (83% atau 1.000 citra), *valid* (12% atau 145 citra), dan *test* (5% atau 60 citra). Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode viola-jones dan YOLOv9 untuk mendeteksi wajah bergerak menggunakan OpenCV. Metode Viola-Jones dipilih karena kecepatan dan akurasinya dalam deteksi wajah, sedangkan YOLOv9 dipilih karena kemampuan deteksinya yang canggih dan efisien. Pelatihan model YOLOv9 dilakukan sebanyak empat kali percobaan dengan membandingkan parameter *epoch* untuk menghasilkan akurasi terbaik. Dari empat kali percobaan, parameter yang menghasilkan akurasi terbaik menggunakan *epoch* 100 pada *batch* 16. Metode Viola-Jones berhasil mendeteksi 1.204 dari 1.250 gambar wajah, menghasilkan akurasi, *precision*, dan *recall* masing-masing sebesar 96%, serta *F1-Score* sebesar 97%. Untuk model YOLOv9, hasil pengujian menggunakan *confusion matrix* menunjukkan bahwa pendeteksi wajah mencapai tingkat *precision* sebesar 95%, *recall* sebesar 98%, dan *mAP50* sebesar 99%. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa implementasi kedua metode tersebut efektif untuk mendeteksi

IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

wajah bergerak dengan tingkat akurasi dan performa yang tinggi.

Kata Kunci: *Pendeteksi Wajah, YOLOv9, Citra, Viola-Jones, Akurasi*

1. Pendahuluan

Wajah karena keunikannya, merupakan alat penting untuk mengidentifikasi seseorang dan menentukan identitasnya. Tujuan mendeteksi wajah berarti mengidentifikasi seluruh bagian wajah [1]. Mengidentifikasi lokasi wajah dalam sistem deteksi wajah sangatlah penting karena wajah dapat muncul pada gambar dengan latar belakang dan ukuran yang berbeda [2].

Deteksi wajah adalah bidang penelitian penting dalam pemrosesan gambar digital dan visi komputer. Dengan kemajuan teknologi, permintaan akan sistem deteksi wajah yang cepat, akurat, dan efisien terus meningkat, terutama dalam aplikasi seperti pengawasan keamanan, interaksi manusia-komputer, dan sistem *verifikasi* identitas berbasis biometrik [1][2]. Untuk mencapai tujuan tersebut, berbagai metode telah dikembangkan, yang paling menonjol adalah metode Viola-Jones dan model YOLO (You Only Look Once). Metode *viola-jones*, yang diperkenalkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001, ialah algoritma pendeteksi wajah yang sangat efektif. Algoritma ini menggunakan fitur *Haar* dan algoritma pembelajaran mesin *AdaBoost* untuk mencapai deteksi wajah yang cepat dan *real-time*. Kelebihan metode ini adalah dapat mendeteksi wajah dengan kecepatan tinggi. Di sisi lain, YOLOv9, versi terbaru YOLO, dirilis pada Februari 2024 oleh Chien-Yao Wang, I-Hau Yeh, dan Hong-Yuan Mark Liao, memberikan kemampuan deteksi objek yang lebih kompleks dengan memanfaatkan jaringan saraf konvolusional. YOLOv9 dapat mendeteksi objek secara *real time* dengan akurasi sangat tinggi, sehingga ideal untuk aplikasi yang membutuhkan deteksi cepat dan akurat. Keunggulan YOLOv9 adalah kemampuannya menangani berbagai objek dalam berbagai kondisi lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode Viola-Jones dan YOLOv9 untuk mendeteksi wajah bergerak menggunakan OpenCV. OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) ialah pustaka perangkat lunak yang luas penggunaannya dalam berbagai computer vision. Dengan kekuatan Viola-Jones dan YOLOv9, diharapkan sistem ini mampu mendeteksi wajah dengan lebih baik dalam kondisi nyata, termasuk pada wajah yang bergerak. Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pendekatan metode Viola-Jones dan YOLOv9 dapat digunakan secara efektif untuk mendeteksi wajah bergerak, serta bagaimana pelaksanaan pendeteksian wajah menggunakan kedua metode tersebut.

2. Kajian Pustaka

2.1 Citra Digital

Gambar digital adalah rangkaian data gambar digital dua dimensi yang disimpan dalam bentuk angka atau tabel digital yang diperoleh dengan menghitung tingkat kecerahan setiap *pixel* penyusun gambar. *Pixel* merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan gambar digital yang disimpan dalam *array* dua dimensi [6]. Karena karakteristiknya yang unik, wajah manusia menjadi alat penting untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan identitas seseorang. Langkah pertama adalah mengidentifikasi wajah pada sistem pengenalan wajah otomatis. Tujuan dari pengenalan wajah adalah untuk mengenali seluruh bagian wajah agar dapat mengenali wajah [1]. Mendeteksi letak wajah pada sistem pengenalan wajah

sangatlah penting karena wajah bisa muncul pada gambar dengan latar belakang juga ukuran yang berbeda [2].

2.2 Metode Viola-Jones

Metode Viola-Jones merupakan teknik pengenalan wajah yang cepat juga akurat yang digunakan untuk mengklasifikasikan citra berdasarkan fitur-fitur tersebut [3][4]. Metode ini dikemukakan Pada tahun 2001, Paul Viola dan Michael Jones mengembangkan algoritma Viola-Jones, yang terdiri dari empat proses utama. Salah satunya adalah fitur Haar-like, yang dapat mengidentifikasi perubahan skala abu-abu dari fitur lokal yang diinginkan[6] [7]. Metode Viola-Jones menggunakan fungsi Haar. Ini memiliki nilai rentang tinggi dan rendah dan fungsi ini berguna untuk perhitungan cepat [4]. -*Integral image*: Proses penghitungan nilai *pixel* (x,y) dengan menggabungkan nilai *pixel* sebelumnya [6], gambar terintegrasi dapat menghasilkan nilai *haar-like*. -*Adaptive Boosting*: tujuannya adalah untuk memilih fitur-fitur penting dan melatih pengklasifikasi yang berbeda untuk dibentuk, dan -*Cascade of Classifiers*: untuk memilih fitur-fitur penting dan mengoptimalkan proses deteksi untuk proses pengenalan wajah secara umum..

2.3 YOLO

YOLO (*You Only Look Once*) adalah salah satu pendekatan sistem pengenalan objek terbaru yang sangat cepat dibandingkan dengan metode CNN. YOLO menggunakan model regresi tunggal yang sederhana dan membentuk kotak pembatas (*bounding box*) di setiap *pixel* gambar dengan spasial yang berbeda dan probabilitas kelas yang terkait[13][14].

2.4 YOLOv9

YOLOv9 adalah varian terbaru dari serangkaian model YOLO (*You Only Look Once*) dirancang untuk memungkinkan objek ditemukan dalam pengolahan gambar dan video. Konsep utama YOLO, yaitu deteksi objek secara *real-time* dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi, adalah dasar dari model ini. YOLOv9 terkenal karena menggunakan teknik arsitektur jaringan saraf konvolusi terbaru, yang memungkinkannya mencapai tingkat deteksi objek yang lebih baik dan kecepatan.

2.4 OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) merupakan perpustakaan visi komputer dikembangkan secara open source oleh *Intel* dengan fokus pada penyederhanaan pemrograman gambar digital. Pengenalan wajah, pelacakan wajah, pengenalan objek, pemfilteran Kalman dan berbagai teknologi kecerdasan buatan adalah beberapa fiturnya [5].

2.5 Pengukuran *Performance*

Hasil pengujian dapat dihitung menggunakan persamaan yaitu;

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (1)$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$\text{F-1 Score} = 2 \times \frac{\text{Recall} \times \text{presisi}}{\text{Recall} + \text{presisi}} \quad (4)$$

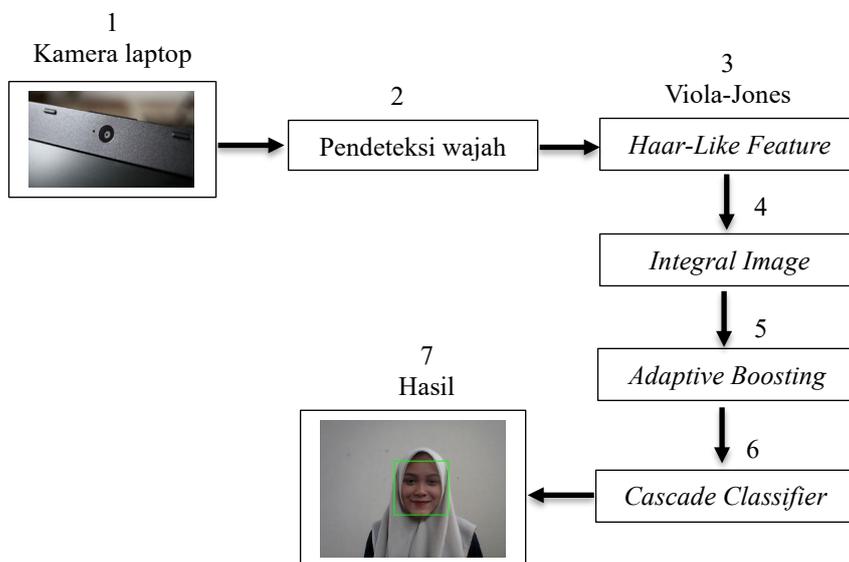
Untuk menghitung nilai akurasi, persamaan (1) hingga (4) sangat penting. Nilai akurasi sendiri merupakan bukti kemampuan model yang sangat penting dalam mengategorikan gambar. Dengan cara ini, setiap persamaan menggambarkan berbagai aspek kinerja model yang berbeda, memberikan gambaran yang lebih luas tentang kemampuan klasifikasi masing-masing model[15].

True Positif (TP) Detektor wajah berhasil mendeteksi wajah di area yang benar, dan memang ada wajah di area tersebut. Sebaliknya *True Negatif* (TN) Detektor wajah tidak mendeteksi wajah di area yang benar-benar tidak ada wajah. *False Positif* (FP) Detektor wajah mendeteksi wajah di area yang sebenarnya tidak ada wajah. Sedangkan *False Negatif* (FN) Detektor wajah gagal mendeteksi wajah yang sebenarnya ada di area tersebut.

3. Metode Penelitian

3.1 Rancangan sistem penelitian Viola-jones

Rancangan penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah.



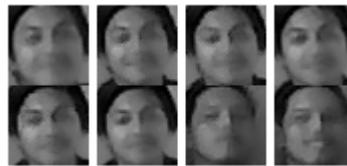
Gambar 3.1 Flowchart Rancangan Sistem Penelitian Viola-Jones

Berikut penjelasan dari flowchart tahapan-tahapan penelitian:

(1)Komputer laptop, pada tahap ini menggunakan *command promnt* untuk menjalankan sistem mengaktifkan kamera laptop. (2) pendeteksi wajah, tahap ini akan memulai ketahap pendeteksian wajah apakah ada wajah atau tidak didepan layar kamera laptop. (3) *haar-like feature*, tahap ini mendeteksi ketika ada fitur wajah pada gambar, langkah pertama yang dilakukan oleh algoritma Viola-Jones adalah mengubah gambar menjadi gambar skala abu-abu. (4) *integral image*, untuk

menghitung jumlah *pixel* di area yang diidentifikasi oleh fitur. (5) *adaptive boosting*, Untuk menentukan apakah terdapat fitur wajah di dalam area klasifikasi fitur lemah. Perhitungan, perbandingan acak, dan penggabungan dilakukan pada *classifier* lemah untuk membentuk kombinasi linier. (6) *cascade classifier*, pada tahap ini *Cascade classifier* melakukan klasifikasi bertingkat, termasuk klasifikasi filter pertama. jika hasilnya memenuhi harapan pada tahap ini akan menghasilkan hasil deteksi wajah atau bukan wajah. Jika ada wajah yang terdeteksi, *rectangle* akan ditandai pada gambar, dan jika tidak ada wajah *rectangle* tidak akan ditandai [8],[9],[11][12]. (7) hasil, Pada tahap akhir, hasil pendeteksian wajah dengan teknik Viola-Jones akan ditunjukkan, yang menampilkan wajah yang *sudah berskala abu-abu dan risize* sesuai wajah yang ter *rectangle*.

3.2 Dataset Viola-Jones



Gambar 3.2 Dataset Viola-Jones jarak 2,5 Meter

Pada jarak 2,5 meter, wajah masih dapat terdeteksi dengan baik, menunjukkan bahwa sistem deteksi wajah mampu mengenali objek wajah meski pada jarak relatif jauh.



Gambar 3.3 Dataset Viola-Jones jarak 2 Meter

Pada jarak 2 meter, sistem juga berhasil mendeteksi wajah dengan akurasi yang memadai, menunjukkan bahwa jarak ini masih dalam batas efektif untuk deteksi wajah yang optimal.



Gambar 3.4 Dataset Viola-Jones jarak 40cm

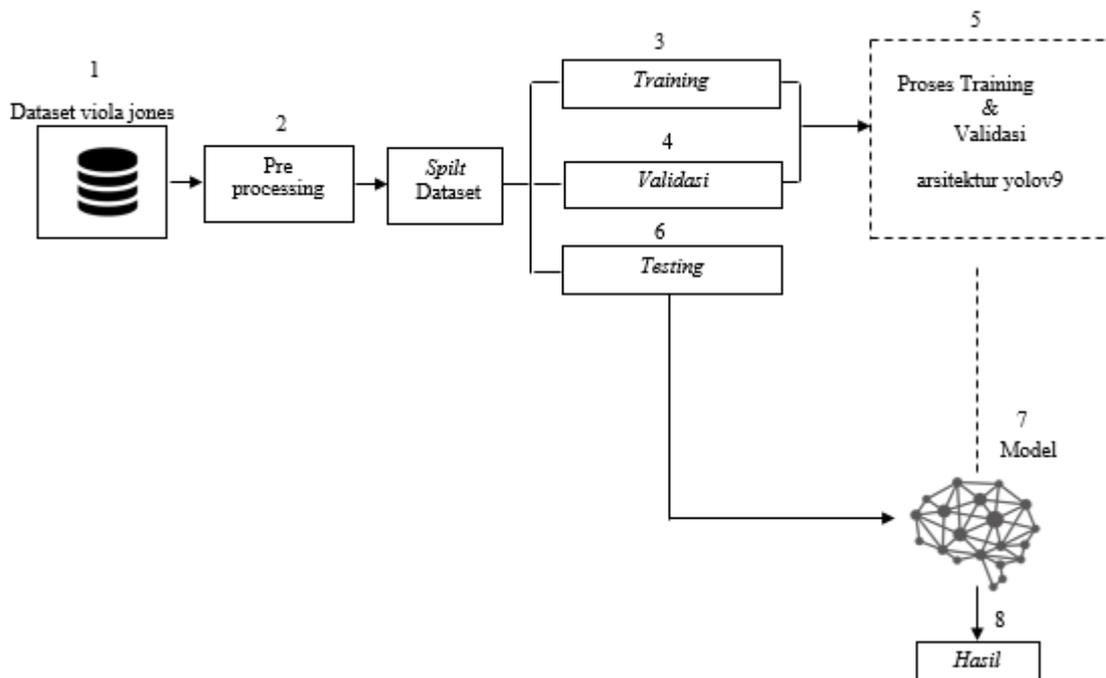
IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

Pada jarak 40 cm, sistem mampu mendeteksi wajah dengan sangat baik, menghasilkan gambar yang lebih jelas dan detail, sehingga kualitas deteksi meningkat secara signifikan.

Pengumpulan *dataset* menggunakan tangkapan video wajah dengan sekali run mendeteksi 25 kali tangkapan. Namun selama pengambilan deteksi wajah dalam video jika ada wajah dalam *frame* maka akan terdeteksi semua sebanyak 25 *capture* sekali run, tetapi jika dalam proses pendeteksian muka dihalangi dengan benda lain yang menutupi wajah maka tidak akan tertangkap sebanyak 25 *capture* dan akan menangkap sesuai *object* wajah yang tampak di depan kamera laptop. Pada *dataset* jarak deteksi yang penulis gunakan 40cm, 2 meter, dan 2,5 meter.

3.3 Rancangan Sistem Penelitian YOLOv9

Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah:



Gambar 3.5 Flowchart Rancangan Sistem Penelitian YOLOv9

Berikut penjelasan dari *flowchart* tahapan-tahapan penelitian:

(1) *Dataset*, Data gambar wajah diperoleh di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan digunakan sebagai input untuk proses YOLOv9 dalam penelitian ini, pengambilan *dataset* menggunakan metode Viola-Jones. Ukuran *dataset* gambar wajah adalah 640x480 pixel dan *resolution* 96 dpi. Kemudian di *resize* sesuai terdeteksinya wajah. *Dataset* berjumlah 1.205 data wajah dari 50 orang, setiap orangnya memiliki 25 gambar wajah yang di *capture*. *Dataset* dibagi menjadi 3 kategori: *training* sebesar 83%(1000), *testing* sebesar 5%(60) dan *validasi* sebesar 12%(145). Setiap foto gambar wajah memiliki beberapa sudut yang berbeda, seperti depan, samping kanan, dan samping kiri, atas dan bawah. (2) *Preprocessing*, *Dataset* pada tahap *preprocessing* dilakukan proses pelabelan gambar dengan 2 *class* yaitu wajah-perempuan dan wajah laki-laki. Pada tahap berikutnya, *dataset* akan dibagi menjadi tiga kategori: data *training* sebesar 83%, data *testing* sebesar 5%, dan data *validasi* sebesar 12% (Madiraju, 2020). Dengan

total *dataset* sebanyak 1.205 gambar wajah, maka data *training* berjumlah 1.000 gambar wajah, data *testing* berjumlah 60 gambar wajah, dan data validasi berjumlah 145 gambar wajah. Tahap *preprocessing* dimaksudkan untuk membuat *dataset* siap untuk digunakan oleh model selama proses pembelajaran. (3) *Training*, adalah proses untuk mempelajari model data. Data yang digunakan merupakan data pelatihan yang telah disiapkan sebelumnya dalam tahap *preprocessing* oleh Viola-Jones dan sudah dilabeli serta dibagi *dataset*nya. Pada penelitian ini, digunakan 1.000 gambar wajah untuk data *training*. Hasil dari proses *training* mengukur kemampuan model untuk mengidentifikasi dan memprediksi data secara akurat. Semakin tinggi nilai *mAP50*, maka semakin baik kinerja modelnya. (4) *Validasi*, adalah bagian terpisah dari bagian data yang akan digunakan selama *training* dan *testing* untuk mengetahui seberapa baik kinerja model pada gambar yang tidak digunakan dalam *training* dan juga *testing*. Data Validasi, yang terdiri dari 145 foto wajah, telah digunakan. (6) *Testing*, Setelah proses *training* selesai, dilakukan *testing* model. Data yang digunakan untuk *testing* merupakan data *testing* yang telah disiapkan sebelumnya yaitu 60 gambar wajah. (7) Model, Algoritma YOLOv9 menerapkan jaringan saraf pada gambar dan membagi input gambar menjadi *grid-grid* tertentu, untuk kemudian memprediksi *bounding box* serta probabilitas untuk masing-masing *grid*, *bounding box* untuk class wajah-perempuan dan wajah-laki-laki. Proses konvolusi dari input gambar dilakukan untuk mendapatkan *bounding box*, sehingga ukuran akhirnya adalah $SxSx(B*5+C)$, di mana B merupakan jumlah *bounding box* dalam setiap *grid*, dan C merupakan jumlah kelas yang dapat dideteksi. Angka 5 dikalikan karena setiap *bounding box* memuat lima nilai (koordinat x, koordinat y, lebar, tinggi, dan *confidence score*). Semua atribut pada *bounding box* mengalami proses normalisasi, sehingga nilainya berada di antara 0 dan 1. Koordinat x dan y dinormalisasi dengan mengacu pada titik kiri atas dari *grid* terkait, sedangkan lebar dan tinggi dinormalisasi sesuai dengan ukuran gambar. (8) Hasil, Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja masing-masing model pada tahap evaluasi akhir penelitian. Perhitungan menggunakan *confusion matrix*, *recall*, *precision*, *f1-curve*, dan *mAP50* dimasukkan dalam evaluasi ini.

3.4 Dataset YOLOv9

Pada *dataset* ini berisikan data gambar berjumlah 1.205 data gambar, dengan pembagian 83%(1000) gambar wajah untuk *training*, 5%(60) gambar wajah untuk *testing*, dan 12%(145) sisanya untuk *Validasi*. *Dataset* dapat dilihat pada gambar 3.6, gambar 3.7, dan gambar 3.8.

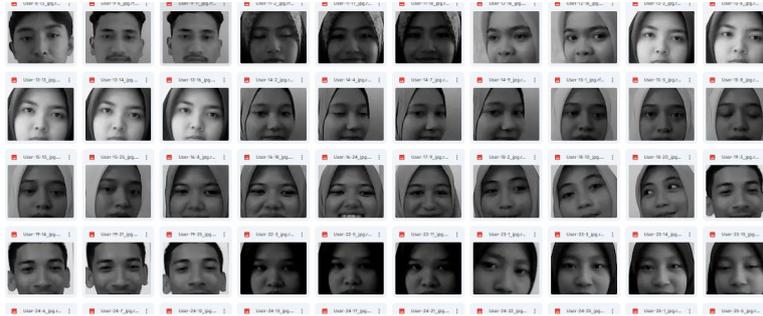


Gambar 3.6 data *training*

Gambar 3.6 adalah bagian dari kumpulan data yang digunakan untuk pelatihan

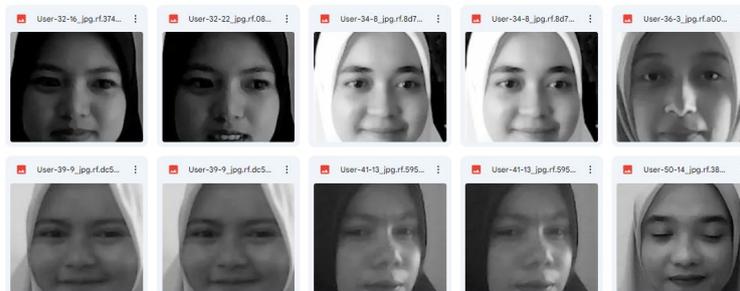
IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

model, terdiri dari 1000 gambar wajah atau 83%.



Gambar 3.7 data *Testing*

Gambar 3.7 merupakan bagian dari *dataset* yang digunakan untuk proses pengujian guna mengukur kinerja model setelah dilakukan proses pelatihan dengan menggunakan citra wajah sebanyak 5% dari total *dataset* yaitu 60 citra wajah.



Gambar 3.8 data *validasi*

Gambar 3.7 merupakan bagian dari *dataset* yang digunakan untuk proses validasi, guna memastikan keakuratan dan konsistensi model sebelum diaplikasikan lebih lanjut. Menggunakan *dataset* sebanyak 145 citra wajah atau 12% dari total citra wajah yang ada.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil dan Pembahasan Viola-Jones

4.1.1 persiapan software

a. Notepad++

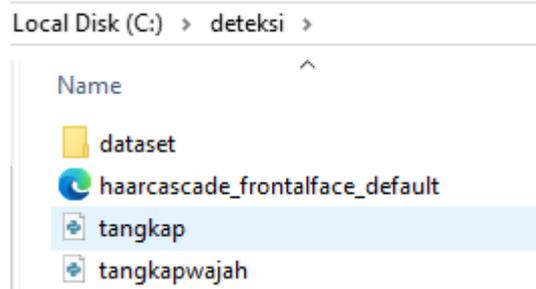
Notepad++ merupakan sebuah editor teks dan kode sumber Notepad++ sudah dilengkapi dengan berbagai fitur yang berguna untuk pengembangan kode *Python*.

b. CMD

CMD adalah aplikasi *Command Line Interpreter (CLI)* berbasis pada sistem operasi Microsoft Windows. Peran utama CMD adalah menjalankan berbagai perintah pada sistem operasi Windows, dengan fungsi yang dapat disesuaikan tergantung pada jenis perintah yang digunakan[19].

4.1.2 Tahapan Membangun Sistem Viola-Jones

1. Menginstal “*pip install opencv-python*” dan “*python –m pip install –upgrade opencv-contrib-python*”.
2. Membuat sistem face detection untuk mendeteksi wajah
 - File dan folder yang diperlukan



Gambar 4.1 folder dan file yang perlu disiapkan

4.2 Hasil Tingkat pengujian akurasi deteksi, *recall*, *persicion*, f1-score dari pendeteksi wajah

Tabel 4.1 merupakan tabel citra sampel yang terdeteksi wajah dengan tepat, dan keterangan jumlah tidak terdeteksi dengan tepat dari metode metode Viola-Jones. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai keakurasian, *persicion*, *recall* dan *F1-score* dari pendeteksian wajah dengan menggunakan metode Viola-jones.

Table 4.1 hasil deteksi wajah Viola-Jones

No	Foto Terdeteksi	Jumlah Terdeteksi	Jumlah Tidak terdeteksi
1		25	0
2		24	1
3		23	2
4		18	7
5		25	0
6		25	0

**IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9
UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV**

7		25	0
8		25	0
9		24	1
10		24	1

Pada tabel 4.1, ditampilkan 10 sampel hasil deteksi wajah menggunakan metode Viola-Jones. Tabel tersebut menunjukkan foto deteksi yang diambil dari *dataset* yang sudah terkumpul. Dalam tabel tersebut, terdapat kolom yang menunjukkan jumlah wajah yang terdeteksi dan jumlah yang tidak terdeteksi dalam sekali run. Setiap kali perintah dijalankan, metode Viola-Jones dapat meng-capture hasil deteksi hingga 25 wajah. Oleh karena itu, kolom jumlah terdeteksi mencatat berapa banyak wajah yang berhasil terdeteksi dari total 25 *capture*, sementara kolom jumlah tidak terdeteksi mencatat berapa banyak wajah yang tidak berhasil terdeteksi dalam run tersebut. Data ini memberikan gambaran tentang efektivitas metode Viola-Jones dalam mendeteksi citra wajah pada setiap sampel yang diuji.



Gambar 4.2 Grafik akurasi, persisi, recall pendeteksi wajah

Hasil pendeteksi ini didapat nilai akurasi, persisi, dan recall seperti pada gambar 4.3 Pada metode Viola-Jones didapat akurasi 96%, persisi 96%, recall 96% dan F1-score 97% dari 1204 foto wajah uji yang digunakan.

4.3 Hasil dan Pembahasan YOLOv9

4.3.1 Persiapan Software

- a. YOLOv9 model yang digunakan
- b. Roboflow diperlukan untuk pelebelan citra gambar
- c. *Google Colaboraty*

4.3.2 Pengambilan *dataset*

Dataset penelitian ini terdiri dari citra wajah dari 40 perempuan dan 10 laki-laki. *Dataset* ini telah diambil secara langsung di gedung Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dengan jumlah total 1.205 gambar.

4.3.3 Data *Preprocessing*

Tahap *preprocessing* data bertujuan untuk menyiapkan *dataset* agar siap untuk digunakan untuk studi model. Pada titik ini, beberapa proses yang terjadi adalah sebagai berikut:

a. Pelebelan gambar (*Image Annotation*)

Pelebelan gambar atau *image annotation*, adalah proses melabeli setiap objek dalam sebuah gambar sesuai dengan kelas yang telah ditentukan sebelumnya, seperti wajah perempuan dan wajah laki-laki. *Software* yang digunakan untuk melakukan pelabelan gambar adalah Roboflow. Proses pelabelan dilakukan secara manual untuk 1.205 gambar wajah. Berikut adalah langkah-langkah untuk melabeli gambar dari *dataset* yang akan dilatih.



Gambar 4.3 sebelum pelebelan *image*



Gambar 4.4 Sesudah pelebelan *image*

b. *Splitting dataset*

Pada bagian ini, dilakukan evaluasi data berdasarkan pembagian *dataset*. Jumlah data citra wajah yang digunakan sebanyak 1205 gambar, dengan 2 class yaitu wajah-perempuan dan wajah-laki-laki. Untuk membandingkan akurasi dalam mengklasifikasikan data, penelitian ini melakukan pembagian data dengan rincian: 83% (1000) untuk *train set*, 12% (145) untuk *valid set*, dan 5% (60) untuk *test set*.

4.3.4 Implementasi Pemodelan

a. *Google Colaboratory*

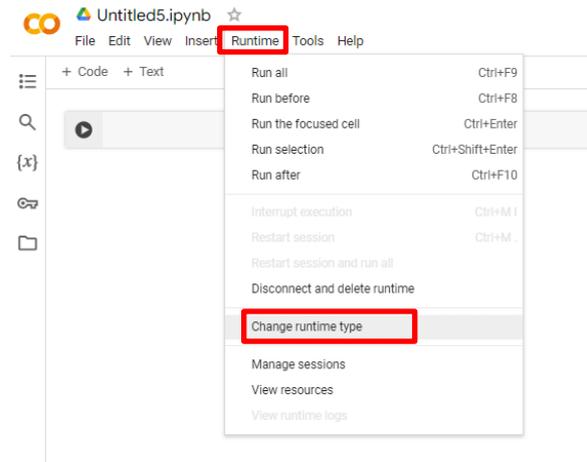
Google Colaboratory adalah lingkungan notebook Jupyter berbasis cloud yang tersedia untuk digunakan dalam pengembangan kode Python. Untuk memulai, Google Colab sudah tersedia dan menawarkan akses gratis ke GPU dan TPU untuk mempercepat pengembangan model.

b. Kunjungi halaman website <https://colab.research.google.com/>

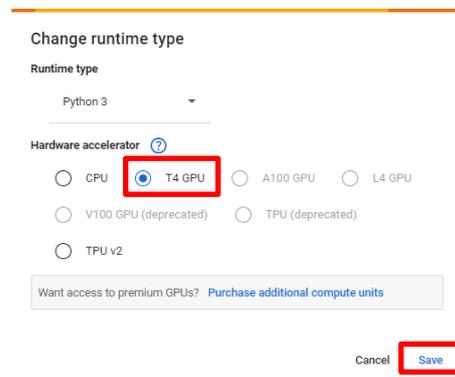
c. Pilih opsi “**New Notebook**”

IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

- d. Setelah itu, ubah jenis runtime gunakan T4 GPU. Pilih menu “runtime”, lalu pilih "Change runtime type" dan pilih "GPU" dengan jenis T4 GPU.



Gambar 4.4 Runtime



Gambar 4.5 Ubah jenis runtime

1) GPU(*Graphics Processing Unit*)

GPU(*Graphics Processing Unit*) adalah jenis prosesor khusus yang dirancang untuk memproses grafik dan tugas komputasi *parallel*. Dalam konteks penggunaan YOLOv9, GPU memiliki peran krusial dalam meningkatkan kecepatan pelatihan dan inferensi model implementasi objek. Memanggil YOLOv9 menggunakan GPU dapat mempercepat proses implementasi objek, terutama saat berurusan dengan *dataset* yang besar dan tugas yang memerlukan daya komputasi tinggi seperti penglihatan komputer.

2) Menghubungkan *google drive* ke *google colab*

Menghubungkan *google drive* ke *google colab* yang nantinya akan penulis gunakan untuk menyimpan hasil *install* paket yolov9. Dan juga menyimpan *dataset* dalam google drive untuk memudahkan mengelola kumpulan data.

3) Kloning dan menginstal *yolov9*

Yolov9 adalah pustaka sumber terbuka yang menyediakan implementasi YOLOv9, sebuah arsitektur implementasi objek yang terkenal dalam bidang penglihatan komputer.

4) Unduh model weights

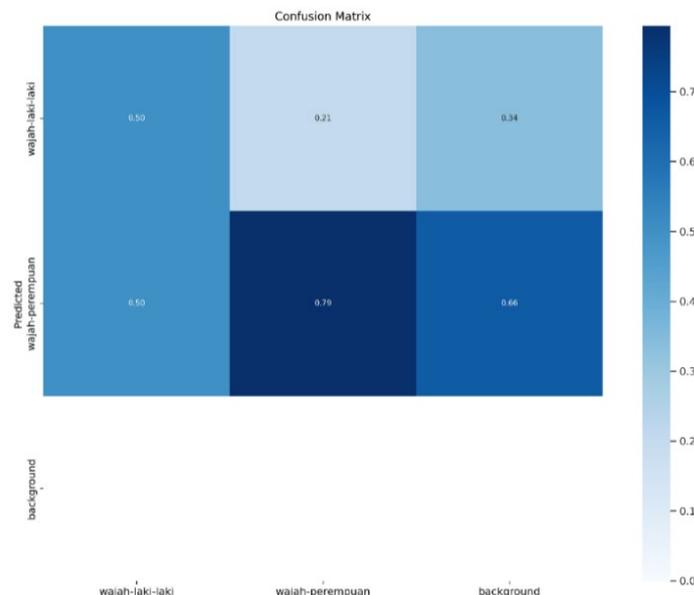
Semua file model yang digunakan oleh YOLOv9 didownload untuk mendeteksi objek.

5) Custom Training

Pada *custom training* mengatur semua parameter yang diperlukan untuk melatih model YOLOv9 dengan konfigurasi dan data yang telah disediakan. *training* dilakukan 4 kali percobaan untuk melatih model YOLOv9 dengan jumlah *epochs* 20, 40, 60 dan 100. Hasil dari *training* setelah proses pelatihan model YOLOv9 untuk implementasi objek pada *dataset* wajah. Isi dari direktori tersebut mencakup berbagai file dan juga folder, seperti folder weights (best.pt. dan last.pt), *confusion_matrix.png*, *file yml*, *excel result*, *F1_curve*, *Labels_correlogram.jpg*, *labels.jpg*, *P_curve*, *PR_curva*, *R_curve*, *result.png*, *train_batch0.jpg*, *train_batch1.jpg*, *train_batch2.jpg*, *val_batch0_pred.jpg*, *val_batch1_pred.jpg*, *val_batch2_pred.jpg*, *val_batch0_labels.jpg*, *val_batch1_labels.jpg*, dan *val_batch2_labels.jpg*.

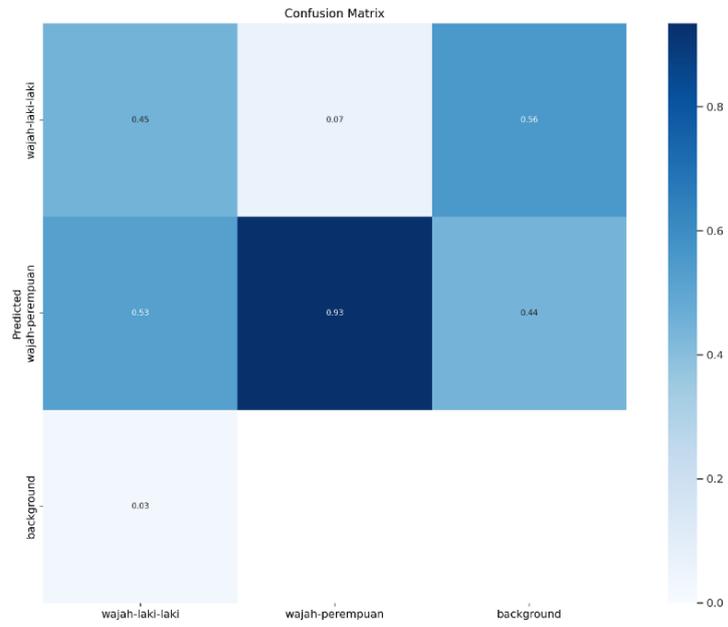
6) Confusion Matrix

Hasil implementasi objek menggunakan model YOLOv9 pada *dataset* wajah. *Confusion matrix* memberikan pandangan tentang sejauh mana model dapat membedakan antara kelas objek yang berbeda. Dengan menampilkan gambar ini, dapat melakukan analisis visual terhadap performa model dalam hal implementasi objek pada data latih. Lebar gambar ditentukan oleh parameter *width* yang diatur menjadi 600 *pixel* agar sesuai dengan tampilan di dalam *notebook*. Berikut ini merupakan *output epoch* 20, 40, 60, dan 100.

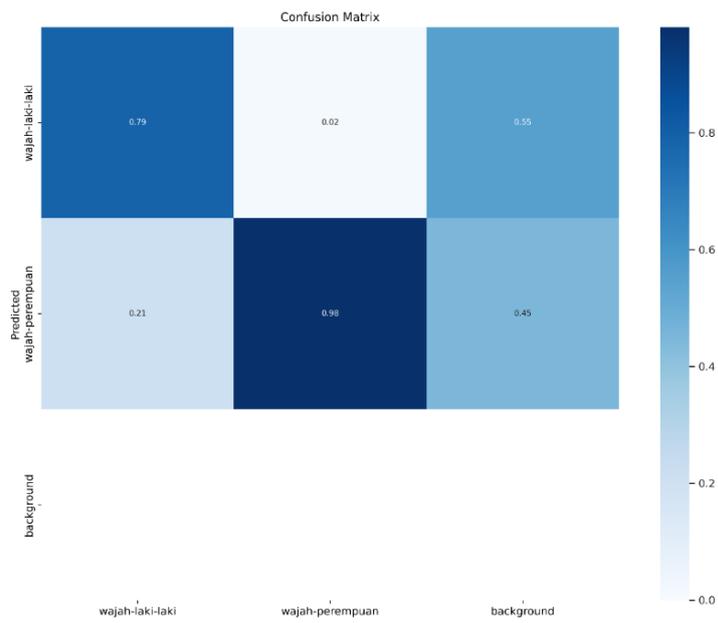


Gambar 4.6 *confusion matrix epochs* 20

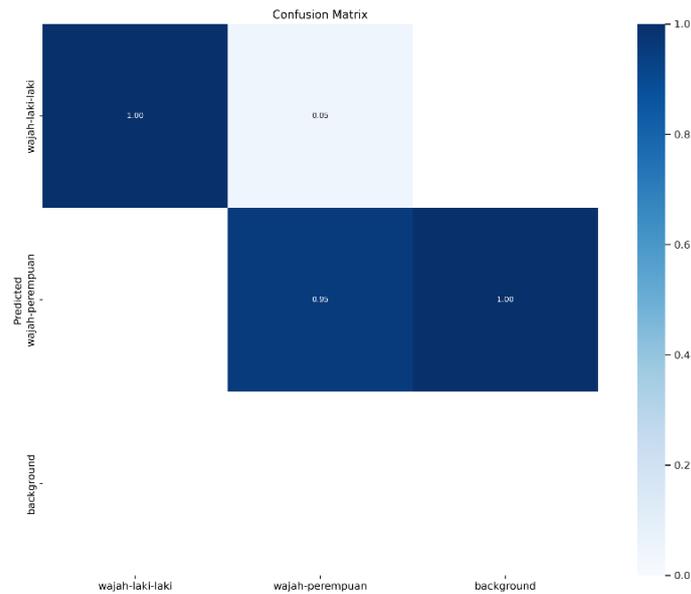
IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV



Gambar 4.7 *confusion matrix epochs 40*



Gambar 4.8 *confusion matrix epochs 60*



Gambar 4.8 confusion matrix epochs 100.

Tabel 4.2 Hasil *training custom epochs* 20,40,60 dan 100

<i>epoch</i>	<i>Persicion</i>	<i>Recall</i>	<i>mAP50</i>
20	56%	88%	73%
40	72%	96%	92%
60	96%	97%	98%
100	95%	98%	99%

7) Custom Validate

Menjalankan *validasi* pada model YOLOv9 setelah pelatihan. Perintah ini melakukan *validasi* pada model YOLOv9 yang telah dilatih menggunakan file model berat *best.pt*. *validasi* ini akan memberikan metrik kinerja seperti *presisi*, *recall*, *mAP* (*mean Average Precision*), dan lainnya, berdasarkan *dataset validasi* yang ditentukan dalam file *data.yaml*

Table 4.3 hasil *validasi best.py epochs* 100

<i>Epoch</i>	<i>presisi</i>	<i>recall</i>	<i>mAP50</i>
100	95%	98%	99%

8) Custom deteksi mp4

Perintah dibawah untuk melakukan deteksi objek pada video yang terdapat dalam direktori */content/drive/MyDrive* menggunakan model YOLOv9 yang telah dilatih dan disimpan dalam file *best.pt epochs* 60.

IMPLEMENTASI METODE VIOLA-JONES DAN YOLOV9 UNTUK MENDETEKSI WAJAH BERGERAK MENGGUNAKAN OPENCV

```
video 1/1 (1/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 181.8ms
video 1/1 (2/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 32.6ms
video 1/1 (3/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 32.5ms
video 1/1 (4/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 32.6ms
video 1/1 (5/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 32.6ms
video 1/1 (6/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 32.1ms
video 1/1 (7/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 24.4ms
video 1/1 (8/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 22.5ms
video 1/1 (9/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 22.1ms
video 1/1 (10/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 23.6ms
video 1/1 (11/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.2ms
video 1/1 (12/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.5ms
video 1/1 (13/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 22.0ms
video 1/1 (14/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.7ms
video 1/1 (15/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 22.3ms
video 1/1 (16/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 25.0ms
video 1/1 (17/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.2ms
video 1/1 (18/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.2ms
video 1/1 (19/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 22.0ms
video 1/1 (20/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.1ms
video 1/1 (21/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 22.4ms
video 1/1 (22/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 21.4ms
video 1/1 (23/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 27.8ms
video 1/1 (24/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 28.9ms
video 1/1 (25/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 26.9ms
video 1/1 (26/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 26.1ms
video 1/1 (27/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 26.3ms
video 1/1 (28/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 31.7ms
video 1/1 (29/1414) /content/drive/MyDrive/@cxranelky-7373470491274726661-no-watermark.mp4: 640x384 1 wajah-perempuan, 29.3ms
```

Gambar 4.9 output custom detection mp4

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian :

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi metode Viola-Jones dan YOLOv9 untuk mendeteksi wajah bergerak menggunakan OpenCV menunjukkan hasil yang sangat baik. Metode Viola-Jones berhasil diimplementasikan untuk mendeteksi wajah bergerak dalam video secara *real-time*, dengan parameter optimal menggunakan 25 tangkapan per *frame*. Dari total *dataset* yang terdiri dari 1.250 gambar wajah, metode ini berhasil mendeteksi 1.204 gambar wajah, menghasilkan akurasi, *precision*, dan *recall* masing-masing sebesar 96%, serta F1-Score sebesar 97%.

Sementara itu, pendeteksian wajah secara *real-time* menggunakan model YOLOv9 juga berhasil diimplementasikan dengan baik, mendeteksi 1.205 gambar wajah dari *dataset* yang sama. Model ini menunjukkan performa optimal dengan 100 epoch dan 16 batch, serta menghasilkan *precision* sebesar 95%, *recall* sebesar 98%, dan *mAP50* sebesar 99%.

Daftar Pustaka

- [1] Diantoro, K., & Adriasyah, B. SISTEM IDENTIFIKASI JENIS BURUNG DENGAN IMAGE CLASSIFICATION MENGGUNAKAN OPENCV (Vol. 20, Issue 1). 2019.
- [2] Styorini, W., & Wahyuni Khabzli, dan. Jurnal Politeknik Caltex Riau Analisis Perbandingan Machine Learning SVM Dan Adaboost Face Detection Dengan Metode Viola Jones (Vol. 4, Issue 1). 2018.
- [3] Rosyani, P., & Retnawati, R. Ekstraksi Fitur Wajah Menggunakan Metode Viola Jones dengan Tools Cascade Detector. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 10(2), 633.
- [4] Sunardi, S., Fadlil, A., & Prayogi, D. (2022). Sistem Pengenalan Wajah pada Keamanan Ruang Berbasis Convolutional Neural Network, *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 6(2). 2023.
- [5] Syafira, A. R., & Ariyanto, G. (n.d.). Sistem Deteksi Wajah Dengan Modifikasi Metode Viola Jones. *Jurnal Teknik Elektro*, 17(01).

- [6] Susim, T., Darujati, C., & Artikel, I. PENGOLAHAN CITRA UNTUK PENGENALAN WAJAH (FACE RECOGNITION) MENGGUNAKAN OPENCV. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3). 2021.
- [7] Saku, B., Citra, P., Yuwono, B., Ilza, Y., Mangaras, S., Panji, Y. F., & Ashrianto, D. (n.d.). FACE RECOGNITION FACE & FACIAL EXPRESSIONS RECOGNITION.
- [8] Metode Viola Jones, M., & Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana, D. RANCANG BANGUN APLIKASI MULTI-FACE DETECTOR TUGAS AKHIR.
- [9] Putra, I. M. Y. C., Widyantara, I. M. O., & H Djuni, I. G. A. K. D. SISTEM PENDETEKSI WAJAH DENGAN METODE VIOLA JONES MENGGUNAKAN ESP32- CAM. *Jurnal SPELTRUM*, 9(1). 2022.
- [10] Farokhah, L., Perbandingan Metode Deteksi Wajah Menggunakan OpenCV Haar Cascade, OpenCV Single Shot Multibox Detector (SSD) dan DLib CNN. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(3), pp.609-614. 2021.
- [11] Obaida, T.H., Jamil, A.S. and Hassan, N.F., Real-time face detection in digital video-based on Viola-Jones supported by convolutional neural networks. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12(3), p.3083. 2021.
- [12] T. Arifianto. Penerapan Algoritma Viola-Jones Untuk Deteksi Masker Covid-19 Di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 4, pp. 2030–2040. 2021.
- [13] Pradana, A.I., Deteksi Ketepatan Penggunaan Masker Wajah dengan Algoritma CNN dan Haar Cascade. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 9(3), pp.2305- 2316. 2022.
- [14] Hayati, N. J., Singasatia, D., Muttaqin, M. R., Informatika, T., Tinggi, S., & Wastukencana, T. OBJECT TRACKING MENGGUNAKAN ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)v8 UNTUK MENGHITUNG KENDARAAN. *KOMPUTA : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 12(2). 2023.
- [15] Raihan Islamadina, Khairun Saddami, Fitri Arnia, Taufik Fuadi Abidin, Rusdha Muharrar, Muhammad Irwandi and Aulia Syarif Aziz. “Learning Rate Analysis for Pain Recognition Through Viola-Jones and Deep Learning Methods”, *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 13(2), pp. 77-83. 2024.