

Perbandingan Metode Haar Cascade dan Dlib Dalam Mendeteksi Wajah Secara Realtime

Andi Asvin Mahersatillah Suradi*¹, Imran Djafar², Samsu Alam³, Asrul Syam⁴

¹Manajemen Informatika, ^{2,3,4}Teknik Informatika

^{1,2,3}Universitas Dipa Makassar

e-mail: andiasvin@undipa.ac.id*¹, imrandjafar@undipa.ac.id², alam@undipa.ac.id³,
asrulsyam12@undipa.ac.id⁴

Abstrak

Deteksi wajah telah menjadi topik yang menarik dalam pengolahan citra dan pengenalan pola. Seiring dengan kemajuan teknologi komputer dan kebutuhan yang meningkat dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan wajah, keamanan, identifikasi emosi, dan interaksi manusia-komputer. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan metode Haar Cascade dan Dlib dalam mendeteksi wajah kemudian dievaluasi tingkat ketepatan (precision) dan performa sistem yang dihasilkan. Hasil penelitian yang dilakukan pada 15 responden menunjukkan bahwa metode Haar Cascade lebih unggul dalam hal kecepatan dengan tingkat perbedaan persentase sebesar 0,83% sedangkan dlib lebih unggul dalam hal ketepatan mendeteksi wajah dengan tingkat persentase sebesar 3,95%.

Kata kunci— Deteksi Wajah, Haar Cascade, Dlib

Abstract

Face detection has become an interesting topic in image processing and pattern recognition. As computer technology advances and needs increase in various applications, such as facial recognition, security, emotion identification, and human-computer interaction. This research was conducted to compare the Haar Cascade and Dlib methods in detecting faces and then to evaluate the level of precision and performance of the resulting system. The results of the research conducted on 15 respondents showed that the Haar Cascade method was superior in terms of speed with a percentage difference of 0.83% while dlib was superior in terms of the accuracy of detecting faces with a percentage level of 3.95%.

Keywords— Face Detection, Haar Cascade, Dlib

1. Pendahuluan

Deteksi wajah telah menjadi topik yang menarik dalam pengolahan citra dan pengenalan pola. Seiring dengan kemajuan teknologi komputer dan kebutuhan yang meningkat dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan wajah, keamanan, identifikasi emosi, dan interaksi manusia-komputer, deteksi wajah memainkan peran penting dalam memberikan solusi yang efektif. Deteksi wajah adalah proses yang berusaha untuk mengenali dan menemukan wajah manusia secara otomatis dalam gambar atau video.

Deteksi wajah melibatkan identifikasi fitur wajah manusia seperti mata, hidung, mulut, dan bentuk wajah, serta menggabungkan informasi ini untuk mengenali keberadaan wajah dalam citra atau video. Proses deteksi wajah yang akurat dan efisien sangat penting dalam banyak aplikasi yang melibatkan pengenalan dan analisis wajah.

Metode deteksi wajah yang ada meliputi berbagai pendekatan, seperti deteksi berbasis fitur, deteksi berbasis teksur, deteksi berbasis statistik, dan deteksi berbasis pembelajaran mesin. Metode deteksi berbasis fitur mencoba untuk mengenali fitur wajah khas seperti mata, hidung, dan mulut, serta menggunakan informasi ini untuk mendeteksi wajah. Metode deteksi berbasis teksur berfokus pada analisis tekstur permukaan wajah dan pola warna untuk mengidentifikasi keberadaan wajah. Metode deteksi berbasis statistik menggunakan model statistik dan pengaturan ambang untuk membedakan antara wajah dan latar belakang. Metode deteksi berbasis pembelajaran mesin melibatkan penggunaan algoritma pembelajaran mesin yang telah dilatih dengan data wajah untuk mengklasifikasikan apakah sebuah bagian dalam citra mengandung wajah atau bukan.

Penerapan deteksi wajah yang akurat dan andal memiliki potensi besar dalam berbagai bidang, seperti keamanan, pengenalan emosi, analisis perilaku, dan interaksi manusia-komputer. Misalnya, dalam bidang keamanan, deteksi wajah yang baik dapat digunakan dalam sistem pengawasan video untuk mengidentifikasi individu yang tidak dikenal atau mencurigakan. Dalam pengenalan emosi, deteksi wajah

dapat membantu dalam analisis ekspresi wajah manusia untuk memahami perasaan dan respons mereka. Dalam interaksi manusia-komputer, deteksi wajah dapat digunakan untuk mengaktifkan kontrol gerakan atau mengidentifikasi pengguna.

Dengan kemajuan teknologi komputer dan perkembangan algoritma deteksi wajah, kita melihat potensi untuk mencapai tingkat deteksi yang lebih tinggi, kecepatan yang lebih cepat, dan kinerja yang lebih baik secara keseluruhan. Namun, masih ada tantangan yang perlu diatasi, seperti deteksi wajah yang akurat dalam kondisi pencahayaan yang rendah, variasi pose, dan variasi suku bangsa. Oleh karena itu, penelitian mengenai deteksi wajah sangat penting untuk terus ditingkatkan dan dioptimalkan serta melaku pendekatan baru yang lebih inovatif dan efisien.

Penelitian dilakukan oleh Perani Rosyani dan Retnawati [1] yaitu melakukan ekstraksi fitur di dalam pengolahan gambar agar computer atau sistem dapat mengenali dan membedakan objek wajah. Penelitian tersebut mengembangkan metode Viola Jones dengan tools Cascade Detector untuk mengenali 15 gambar dengan 5 fitur yaitu fitur wajah, mata kanan, mata kiri, mulut dan hitung, yang memiliki rata-rata akurasi sebesar 83,22% dengan error sekitar 3%.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Fajar Setiawan dan Dewi Agushinta R. [2] yaitu dengan pembuatan sistem pengenalan wajah yang berbeda dengan mengimplementasikan metode Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histograms (LBPH) yang digunakan di kehidupan nyata seperti purwarupa identifikasi wajah seseorang yang pernah ada. Adapun tingkat akurasi dari hasil percobaan pada penelitian tersebut terhadap 62 citra wajah sebesar 93,5%.

Adapun pada penelitian dilakukan untuk membandingkan metode Haar Cascade dan Dlib dalam mendeteksi wajah kemudian dievaluasi tingkat presisi dan performa sistem yang dihasilkan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berharga dalam bidang deteksi wajah dan menginspirasi penelitian lebih lanjut dalam pengenalan dan analisis wajah. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang metode deteksi wajah yang ada, diharapkan dapat meningkatkan aplikasi yang melibatkan pengenalan wajah, meningkatkan tingkat akurasi dan efisiensi, serta menghadirkan solusi yang lebih baik dalam berbagai bidang aplikasi yang beragam khususnya pada metode HaarCascade dan Dlib.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dengan kajian literatur dan pengumpulan data wajah sebagai langkah pertama. Data ini dapat berupa dataset gambar wajah yang beragam dan mencakup berbagai variasi posisi, ekspresi dan kondisi pencahayaan. Adapun penelitian ini yaitu penelitian eksperimental yang bersifat analitik dan melibatkan penelusuran sumber-sumber tertulis (*library research*) serta pengumpulan data faktual di lapangan yang dimana penelitian ini berjalan secara sistematis dan cermat, sehingga hasil penelitian dan kinerja sistem deteksi wajah dapat dievaluasi dan disimpulkan untuk menyajikan temuan yang relevan dan bermanfaat [3].

2.1 Studi Literatur

2.1.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah bidang ilmu yang berkaitan dengan pemrosesan, analisis, dan manipulasi gambar atau citra digital. Hal ini melibatkan aplikasi teknik dan algoritma komputasi untuk memperoleh informasi yang berguna, meningkatkan kualitas citra, serta mengambil keputusan atau mengambil tindakan berdasarkan analisis citra. Proses pengolahan citra melibatkan serangkaian langkah yang dirancang untuk memahami, memanipulasi, dan menginterpretasikan informasi visual yang terkandung dalam citra. Langkah-langkah ini termasuk pra-proses (*preprocessing*), pemrosesan inti (*core processing*), dan post-proses (*post-processing*).

Pengolahan citra dapat melibatkan berbagai teknik dan metode, termasuk pemfilteran spasial, transformasi domain frekuensi, pemodelan statistik, pengenalan pola, dan pemelajaran mesin. Tujuan dari pengolahan citra adalah untuk menghasilkan citra yang lebih baik, mengungkapkan informasi tersembunyi, memperbaiki kualitas visual, serta mendukung pengambilan keputusan dan pemahaman tentang citra tersebut [4].

2.1.2 Deteksi Wajah

Deteksi wajah (*face detection*) adalah proses dalam pengolahan citra atau pengenalan pola yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menemukan keberadaan wajah manusia dalam gambar atau video.

Tujuan utama dari deteksi wajah adalah untuk mengenali dan menandai wilayah di citra yang mengandung fitur-fitur wajah, seperti mata, hidung, mulut, dan bentuk wajah secara umum.

Proses deteksi wajah umumnya melibatkan penerapan algoritma dan teknik komputasi yang digunakan untuk membedakan antara bagian-bagian citra yang berisi wajah dan bagian-bagian citra lainnya. Metode deteksi wajah dapat bervariasi, tetapi mereka sering mengandalkan beberapa karakteristik umum dari wajah manusia, seperti pola kulit, bentuk dan ukuran wajah, proporsi fitur wajah, serta perbedaan intensitas atau tekstur antara wajah dan latar belakang [5].

2. 1.3 Computer Vision

Computer vision adalah bidang ilmu komputer yang berkaitan dengan pengolahan, analisis, dan pemahaman citra dan video digital. Tujuan utama computer vision adalah memberikan kemampuan komputer untuk memperoleh informasi visual dari dunia nyata, seperti objek, orang, tempat, dan aktivitas, serta melakukan tugas-tugas berbasis penglihatan seperti pengenalan objek, deteksi dan pelacakan objek, segmentasi citra, rekonstruksi 3D, pemahaman aktivitas, dan banyak lagi [6].

Pada dasarnya, computer vision mencoba meniru kemampuan penglihatan manusia dengan menggunakan algoritma dan teknik komputasi. Ini melibatkan pemrosesan dan analisis citra dan video untuk mengenali pola, fitur, dan objek yang ada di dalamnya. Proses computer vision melibatkan tahapan seperti pra-pemrosesan citra (misalnya peningkatan kontras, filtrasi, normalisasi), ekstraksi fitur (misalnya tepi, tekstur, bentuk), segmentasi (pemisahan objek dari latar belakang), dan pengenalan (identifikasi dan klasifikasi objek atau aktivitas).

2. 2 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data primer (wajah) melibatkan pengambilan gambar atau video individu dalam berbagai pose, ekspresi wajah, latar belakang, dan variasi lainnya. Upaya dilakukan untuk mengumpulkan data yang sebanyak mungkin dan mencakup keragaman populasi yang akan digunakan untuk deteksi wajah, sehingga model memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengenali wajah dalam situasi yang berbeda seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Data primer [7]

2. 3 Tahapan Deteksi Wajah

Tahapan dalam deteksi wajah melibatkan serangkaian proses yang penting untuk mendapatkan hasil deteksi yang akurat. Berikut adalah tahapan yang umumnya terjadi dalam deteksi wajah:

- Pra-pemrosesan Citra: Pra-pemrosesan citra melibatkan langkah-langkah seperti peningkatan kontras, perbaikan kecerahan, pengurangan noise, atau normalisasi warna untuk mempersiapkan citra sebelum proses deteksi.
- Ekstraksi Fitur: Pada tahap ini, fitur-fitur wajah yang khas diekstraksi dari citra. Ini dapat mencakup penggunaan filter, seperti filter tepi atau filter Gabor, untuk menyoroti kontur atau

- tekstur wajah. Ekstraksi fitur juga dapat melibatkan penggunaan teknik seperti *Histogram of Oriented Gradients (HOG)* untuk mengekstraksi informasi gradient yang berguna.
- Pemilihan Skala: Karena wajah dapat muncul dalam berbagai ukuran dan jarak, tahap ini melibatkan pencarian wajah pada berbagai skala. Ini dilakukan dengan menggunakan piramida citra, di mana citra diperkecil secara bertahap dan deteksi dilakukan pada setiap skala.
 - Deteksi menggunakan Algoritma: Tahap ini melibatkan penerapan algoritma atau model deteksi wajah yang dipilih, seperti *HaarCascade* atau *dlib*. Algoritma ini mencoba mencocokkan pola atau fitur wajah yang telah dipelajari sebelumnya. Deteksi dilakukan dengan melihat adanya pola atau karakteristik khas dalam citra yang sesuai dengan model deteksi.
 - Verifikasi dan Pemfilteran: Setelah proses deteksi awal, langkah ini bertujuan untuk memverifikasi keberadaan wajah dengan lebih akurat. Ini melibatkan pemfilteran untuk mengurangi kemungkinan deteksi palsu dan memastikan bahwa wilayah yang terdeteksi adalah wajah sebenarnya.
 - Penyesuaian dan Pemilihan Wilayah: Tahap ini melibatkan penyesuaian dan pemilihan wilayah yang mengandung wajah dengan lebih tepat. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa wilayah yang terpilih mencakup seluruh wajah dan tidak termasuk bagian yang tidak relevan.
 - Evaluasi dan Validasi Hasil: Tahap terakhir adalah evaluasi dan validasi hasil deteksi. Ini dapat melibatkan penggunaan metrik evaluasi seperti tingkat deteksi, tingkat kesalahan, atau tingkat keakuratan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sistem deteksi wajah memberikan hasil yang konsisten dan akurat.

2.4 Pengujian Sistem

Evaluasi sistem pada penelitian ini menggunakan variabel dari *confusion matrix* dari yaitu *true positive* dan *false positive* untuk mencari *precision* (tingkat ketepatan) menggunakan persamaan (1).

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \times 100 \quad (1)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Sukses pemrosesan data disebut *data pipeline*. Ada sejumlah fase di mana setiap langkah menghasilkan output yang berfungsi sebagai input untuk langkah berikutnya. Ini terus terjadi sampai *pipeline* selesai.

3.1 Deteksi Wajah Menggunakan HaarCascade

- Preprocessing*: Gambar *input* diubah menjadi citra skala abu-abu (*grayscale*) untuk mengurangi kompleksitas perhitungan dan mempertahankan informasi inti dalam tingkat keabuan. Selain itu, sering dilakukan normalisasi intensitas piksel untuk memperbaiki kualitas citra.



Gambar 2. *Grayscale image*

- Pembuatan Integral Image: Integral image digunakan untuk menghitung fitur Haar dengan efisien. Integral *image* diperoleh dengan mengakumulasi nilai piksel dalam citra skala abu-

- abu. Setiap piksel dalam integral image adalah jumlah total piksel di atas dan di kiri piksel tersebut dalam citra asli.
- c) Pemilihan Fitur Haar: Fitur Haar adalah pola piksel yang dihitung pada integral image. Setiap fitur Haar terdiri dari kombinasi kotak putih dan hitam dengan ukuran dan posisi yang berbeda. Fitur Haar meliputi fitur jenis garis horisontal, garis vertikal, dan fitur kotak.
 - d) Penggunaan *Classifier*: *Cascade Classifier* digunakan untuk mengklasifikasikan apakah fitur Haar sesuai dengan wajah atau bukan. *Cascade Classifier* terdiri dari serangkaian classifier yang diorganisir secara bertingkat. *Classifier* menggunakan teknik *machine learning* seperti *Adaboost* atau SVM untuk pelatihan dan pengklasifikasian.
 - e) Pendeteksian Wajah: Setiap fitur Haar yang telah dipilih dievaluasi pada integral image dengan menggunakan classifier. Pendeteksian dilakukan dengan menjalankan setiap fitur Haar pada setiap posisi dan skala dalam citra. Jika fitur Haar cocok dengan wajah, wajah akan terdeteksi.

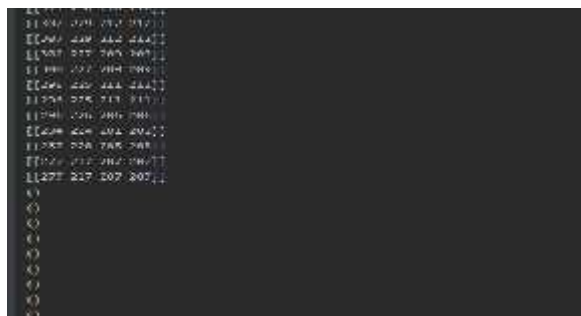


Gambar 3. Deteksi wajah menggunakan *haarcascade*

Pada gambar 3, terlihat sebuah kotak hijau yang menandakan adanya wajah yang terdeteksi di dalam *frame* berdasarkan nilai *array* 2D yang berisi informasi tentang wajah-wajah yang terdeteksi dalam bentuk kotak persegi. Setiap baris dalam *array faces* mewakili satu wajah yang terdeteksi. Angka-angka tersebut memberikan informasi tentang posisi dan ukuran dari setiap kotak persegi yang mewakili wajah. Secara khusus, angka-angka tersebut dalam baris *face* berarti:

1. Angka pertama: Koordinat X dari sudut kiri atas kotak persegi yang mewakili wajah.
2. Angka kedua: Koordinat Y dari sudut kiri atas kotak persegi yang mewakili wajah.
3. Angka ketiga: Lebar (*width*) dari kotak persegi yang mewakili wajah.
4. Angka keempat: Tinggi (*height*) dari kotak persegi yang mewakili wajah.

Misalnya, jika kita memiliki *face* = [100, 50, 200, 200], itu berarti wajah terdeteksi dengan kotak persegi yang memiliki sudut kiri atas pada koordinat (100, 50), lebar 200, dan tinggi 200. Jika di dalam *frame* tidak terdeteksi wajah, maka nilai *array* kosong seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Koordinat deteksi wajah

- f) Pembersihan Pendeteksian Tumpang Tindih: Setelah pendeteksian wajah, terkadang terdapat kotak deteksi yang tumpang tindih. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan proses pembersihan untuk menghapus kotak deteksi yang tumpang tindih dan menyisakan kotak deteksi yang lebih akurat.
- g) *Output*: Setelah proses pembersihan, kotak deteksi yang tersisa adalah wajah yang berhasil dideteksi. Kotak deteksi ini dapat digunakan untuk tugas-tugas berikutnya, seperti identifikasi wajah atau analisis wajah.

3. 2 Deteksi Wajah Menggunakan Dlib

- a) *Preprocessing*: Tahap ini melibatkan pra-pemrosesan citra seperti konversi citra ke skala abu-abu (*grayscale*) dan normalisasi intensitas piksel. Ini membantu dalam mempertahankan informasi inti dan mengurangi kompleksitas perhitungan.



Gambar 5. *Grayscale image*

- b) Deteksi Tepi: Dalam tahap ini, tepi objek dalam citra digunakan sebagai fitur utama untuk mendeteksi wajah. Dlib menggunakan metode *Canny* atau metode Deteksi tepi *Laplacian* untuk menemukan tepi pada citra.



Gambar 6. Deteksi tepi pada area wajah

- c) Ekstraksi Fitur: Dlib menggunakan *Histogram of Oriented Gradients (HOG)* sebagai fitur untuk mendeteksi wajah. HOG memperhitungkan distribusi *gradien* intensitas piksel dalam blok-blok kecil di seluruh citra.
- d) Pelatihan dan deteksi dengan *Cascade Classifiers*: Dlib menggunakan pendekatan *Cascade Classifiers* untuk mendeteksi wajah. Algoritma *Cascade Classifiers* melibatkan pelatihan beberapa *classifier* yang terorganisir secara bertingkat, di mana setiap *classifier* digunakan untuk memverifikasi apakah suatu blok citra berisi wajah atau bukan.
- e) *Non-Maximum Suppression*: Setelah deteksi awal, langkah ini digunakan untuk menghapus deteksi tumpang tindih dan menyisakan kotak deteksi yang paling relevan. *Non-Maximum*

Suppression berdasarkan overlap antara kotak deteksi dan menggunakan skor confidence untuk memilih kotak yang lebih akurat.

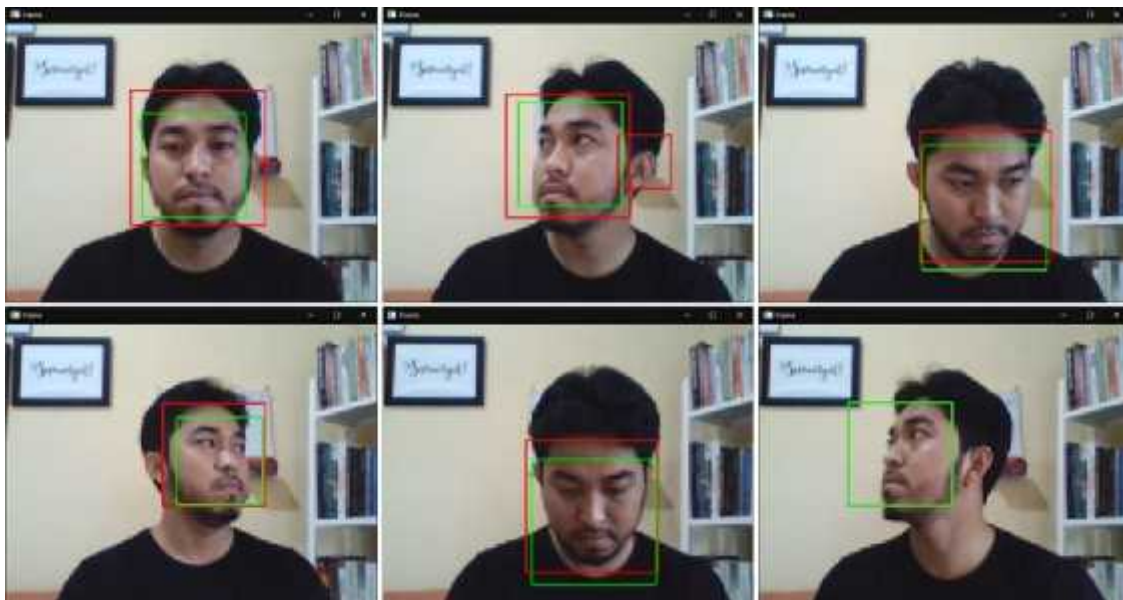
- f) *Output*: Setelah tahapan-tahapan di atas, hasil akhir adalah kotak-kotak deteksi yang mewakili lokasi wajah dalam citra. Kotak-kotak ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pengenalan wajah, pelacakan wajah, atau analisis wajah.



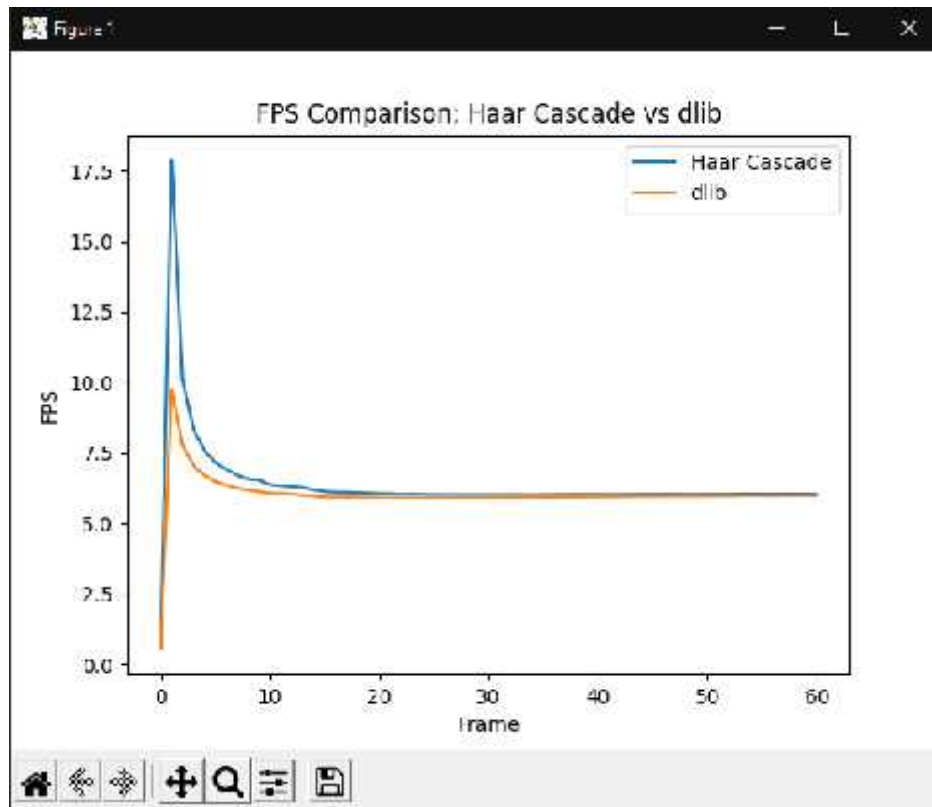
Gambar 7. Deteksi wajah menggunakan dlib

3. 3 Pengujian Sistem

Proses pengujian dilakukan pada 15 responden dengan skenario masing-masing responden menggerak-gerakkan wajah mereka di depan kamera, dari skenario tersebut akan dilihat *Precision* dan FPS yang dihasilkan oleh kedua metode yang digunakan seperti yang terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Proses pengujian sistem



Gambar 9. Perbandingan FPS

Tabel 1. Rekapitulasi pengujian sistem

Resp.	Total Frame	True Positive (Haar Cascade)	False Positive (Haar Cascade)	True Positive (Dlib)	False Positive (Dlib)	Final FPS (Haar)	Final FPS (Dlib)
1	122	110	12	122	0	5,326	5,306
2	83	74	9	79	4	5,005	4,979
3	89	59	30	76	13	5,655	5,633
4	95	52	43	73	22	5,035	5,0
5	114	75	39	24	90	5,398	5,375
6	110	83	27	98	12	5,954	5,926
7	165	153	12	153	12	6,058	6,038
8	117	107	10	115	2	6,979	6,942
9	99	92	7	92	7	7,521	7,206
10	104	80	14	84	10	7,192	7,143
11	105	102	3	95	10	7,482	7,435
12	108	102	6	108	0	7,336	7,293
13	103	88	15	97	6	7,126	7,084
14	102	83	9	86	6	7,469	7,416
15	105	98	7	100	5	7,134	7,093
Precision		84,29%		87,62%		6,445	6,391

- **True Positive:** Sistem mendeteksi satu wajah.

False Positive: Sistem mendeteksi lebih dari satu wajah atau tidak mendeteksi wajah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil bahwa metode dlib memiliki keunggulan penanganan variasi pose wajah, dan fleksibilitas dalam penggunaan dan pembaruan model serta ketepatan deteksi (precision) dengan persentase perbedaan 3,95%. Namun, HaarCascade menonjol dalam kecepatan deteksi wajah dengan persentase perbedaan 0,83%. Pilihan antara kedua metode ini akan tergantung pada kebutuhan spesifik dan keterbatasan sumber daya komputasi yang tersedia.

5. Saran

Diharapkan pada peneliti selanjutnya agar dapat membandingkan metode lainnya dalam mendeteksi wajah serta dapat menambahkan pendekatan-pendekatan baru agar lebih memaksimalkan presisi serta meningkatkan pemrosesan sistem untuk penggunaan secara real time.

Daftar Pustaka

- [1] P. Rosyani and R. Retnawati, "Ekstraksi Fitur Wajah Menggunakan Metode Viola Jones dengan Tools Cascade Detector," JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer), vol. 10, no. 2, p. 633, 2023, doi: 10.30865/jurikom.v10i2.6062.
- [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] Z. Zainuddin, A. A. M. Suradi, and E. Warni, "Unstructured road detection segmentation for autonomous car," in AIP Conference Proceedings, 2022, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0095775>.
- [4] S. Mohamad Idris, Romindo, Muhammad Munsarif, G. F. M. Wa Ode Rahma Agus Udaya Manarfa, N. Andi Asvin Mahersatillah Suradi, Lutfi Hakim, M. F. V. R. Arsan Kumala Jaya, and A. A. Andrew Tanny Liem, *Pengolahan Citra: Teori dan Implementasi*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2023.
- [5] A. A. M. Suradi and A. Syarwani, "Sistem Absensi Menggunakan Teknologi QR Code Dan Face Recognition," e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi), vol. 10, no. 1, pp. 62–73, 2021, doi: 10.36774/jusiti.v10i1.821.
- [6] A. A. M. Suradi, M. F. Rasyid, and N. Nasaruddin, "Sistem Perhitungan Jumlah Kendaraan Berbasis Computer Vision," Pros. Semin. Ilm. Sist. Inf. DAN Teknol. Inf., vol. XI, no. 1, pp. 89–97, 2022.
- [7] T. U. Ahmed, S. Hossain, M. S. Hossain, R. Ul Islam, and K. Andersson, "Facial Expression Recognition Using Convolutional Neural Network With Data Augmentation," 2019 Jt. 8th Int. Conf. Informatics, Electron. Vision, ICIEV 2019 3rd Int. Conf. Imaging, Vis. Pattern Recognition, icIVPR 2019 with Int. Conf. Act. Behav. Comput. ABC 2019, no. June, pp. 336–341, 2019, doi: 10.1109/ICIEV.2019.8858529.