JASIEK

Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer

ISSN- 2685-497X Vol 07, Issue 1, 2025

Optimalisasi Deteksi Wajah Real-Time Menggunakan HAAR *Cascade Classifier* berbasis OpenCV

Alfan Rizaldy Pratama [a,1,*], Muhammad Nasrudin [a,2], Andri Faudzan Adziima [a,3], Shindi Shella May Wara [a,4]

[a]Program Studi Sains Data, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia, 60294
[1]alfan.fasilkom@upnjatim.ac.id; [2]nasrudin.fasilkom@upnjatim.ac.id; [3]andri.fauzan.fasilkom@upnjatim.ac.id; [4]shindi.shella.fasilkom@upnjatim.ac.id
* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel
Pengajuan 2025-04-19
Diperbaiki 2025-06-11
Diterima 2025-06-12

Kata Kunci
Deteksi wajah, HAAR *Cascade Classifier*, Peningkatan performa FPS, Palet warna, *Real-time*

ABSTRAK

Saat ini, wajah merupakan salah satu fitur yang banyak digunakan dalam berbagai aspek kehidupan seperti keamanan yang meliputi kontrol akses dan pengawasan, biometrik yang meliputi sistem absensi, dan masih banyak lagi yang lainnya. Kendala yang ditemukan dalam mengimplementasikan hal tersebut umumnya mengenai performa kecepatan saat melakukan pendeteksian, hal ini menjadi vital karena jika prosesnya memakan waktu yang lama maka akan terjadi miskonsepsi dan kesalahan sistem. HAAR *Cascade Classifier* merupakan salah satu algoritma pendeteksi wajah ringan yang paling banyak digunakan. Pada penelitian ini, dengan menganalisa penggunaan warna *grayscale* dibandingkan dengan RGB didapatkan peningkatan performa sebesar 6,17% dengan rata-rata FPS pada RGB sebesar 25,63 sedangkan pada *grayscale* sebesar 27,21.

Keyword
Color palette, Face detection, FPS performance improvement, HAAR Cascade Classifier, Real-time

ABSTRACT

Nowadays, the face is one of the features that is widely used in various aspects of life such as security which includes access control and surveillance, biometrics which includes attendance systems, and many others. The obstacles found in implementing this are generally about speed performance when detecting, this is vital because if the process takes a long time, misconceptions and system errors will occur. HAAR Cascade Classifier is one of the most widely used lightweight face detection algorithms. In this research, by analyzing the use of Grayscale color compared to RGB, a performance increase of 6.17% is obtained with an average FPS on RGB of 25.63 while on Grayscale it is 27.21.

1. Pendahuluan

Visi komputer adalah bidang ilmu yang berfokus pada pengolahan data gambar untuk memperoleh informasi atau pemahaman dari data visual yang ada. Cakupan aplikasi visi komputer sangat luas, mulai dari sistem otonom seperti kendaraan tanpa pengemudi [1,2], hingga penerapan dalam bidang robotika yang membutuhkan pengolahan visual untuk navigasi dan interaksi dengan lingkungan [3-6]. Selain itu, visi komputer juga digunakan dalam deteksi objek yang dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai objek dalam gambar atau video [7-10], yang memungkinkan berbagai aplikasi seperti pengawasan video, pengenalan produk, dan lain-lain.

Di antara aplikasi yang berkembang pesat dalam visi komputer, deteksi wajah menjadi salah satu bidang yang sangat penting [11]. Hal ini disebabkan oleh banyaknya penggunaan deteksi wajah dalam berbagai aplikasi seperti sistem keamanan, autentikasi biometrik, analisis emosi, serta pengawasan dan *monitoring*. Penerapan deteksi wajah dalam visi komputer tidak hanya meningkatkan efektivitas sistem, tetapi juga mempermudah interaksi manusia dengan sistem berbasis teknologi. Dengan kemajuan terkini dalam *machine learning* dan *deep learning*, deteksi wajah menjadi lebih akurat dan cepat, bahkan dalam kondisi pencahayaan yang kurang ideal atau dalam keramaian [12].

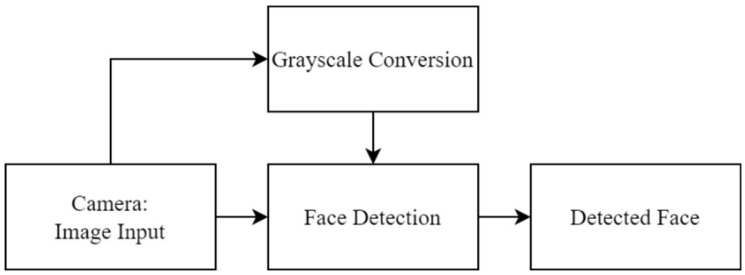
Seiring dengan perkembangan *machine learning*, berbagai metode deteksi wajah berbasis teknologi ini muncul untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi. Beberapa metode terkenal yang digunakan dalam deteksi wajah adalah FaceNet [13], yang memanfaatkan *deep learning* untuk menghasilkan *embedding* wajah yang dapat digunakan untuk pengenalan wajah, ArcFace [14], yang mengusung metode *deep learning* berbasis ArcFace *loss* untuk meningkatkan akurasi dalam pengenalan wajah, dan FA-RPN [15], yang menggabungkan region proposal network dengan teknik *Face Attention* untuk meningkatkan kualitas deteksi wajah dalam kondisi yang lebih kompleks. Namun, meskipun metode-metode ini dapat memberikan hasil yang sangat baik, salah satu tantangan utama dalam penggunaannya adalah masalah performa *frame per second* (FPS) [16]. Untuk mencapai FPS yang tinggi dalam deteksi wajah *real-time*, sistem sering kali membutuhkan perangkat keras yang sangat canggih [17], seperti GPU dengan spesifikasi tinggi, yang membuatnya kurang praktis dan mahal dalam implementasi di perangkat dengan keterbatasan sumber daya.

Dalam rangka mengatasi masalah tersebut, penggunaan HAAR *Cascade Classifier* sebagai metode deteksi wajah dapat menjadi solusi yang lebih efisien [18, 19]. Meskipun *HAAR Cascade* memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dibandingkan dengan metode berbasis deep learning, ia menawarkan kinerja yang sangat baik dalam hal kecepatan dan FPS, serta tidak memerlukan perangkat keras khusus untuk pemrosesan. *HAAR Cascade* menggunakan teknik pengklasifikasi berbasis fitur yang sangat efisien dalam mendeteksi wajah dengan biaya komputasi yang lebih rendah. Oleh karena itu, metode ini sangat cocok digunakan dalam aplikasi yang memerlukan deteksi wajah secara *real-time*, terutama pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Namun, untuk lebih meningkatkan kinerjanya, penelitian lebih lanjut diperlukan dalam perbaikan penggunaan channel citra masukan, yang dapat mengoptimalkan deteksi dan mengurangi tingkat kesalahan deteksi.

Dengan pertimbangan ini, penulis mengusulkan penggunaan *HAAR Cascade Classifier* sebagai metode deteksi wajah yang dapat dioptimalkan lebih lanjut dengan pendekatan pengolahan citra yang lebih baik dengan menggunakan perbandingan *channel* warna RGB dan *Grayscale*, untuk menciptakan sistem deteksi wajah yang cepat, akurat, dan dapat diimplementasikan pada perangkat dengan spesifikasi rendah, menjadikannya lebih *accessible* bagi berbagai aplikasi praktis.

2. Metode

Bagian ini akan membahas dua Langkah kunci. Gambat input akan dikonversi menjadi *Grayscale* dan kemudiakn akan dilakukan deteksi wajah menggunakan *HAAR Cascade Classifier*. Semua alur sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem

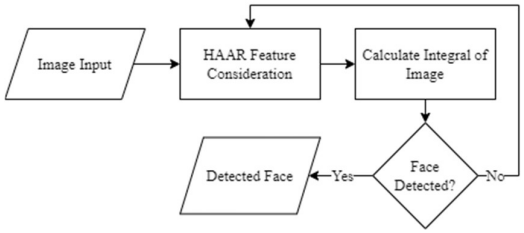
2.1 Konversi Warna

Pada tahap ini, citra akan diubah yang sebelumnya memiliki 3 *channel* warna yaitu RGB, menjadi hanya 1 *channel* yaitu *Grayscale*. Untuk melakukan proses ini dapat dilakukan dengan mengacu pada Persamaan 1.

$$grayscale = \frac{(R+G+B)}{3} \quad (1)$$

2.2 Deteksi Wajah

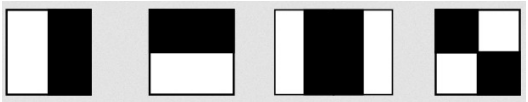
Setelah berhasil merubah citra menjadi grayscale, kita memiliki 2 tipe citra untuk deteksi, RGB dan *Grayscale* itu sendiri. Pada tahap ini, *HAAR Cascade Classifier* digunakan sebagai metode untuk mendeteksi wajah. Algoritma dari metode *HAAR Cascade Classifier* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Pipeline* deteksi wajah menggunakan *HAAR Cascade Classifier*

a. Penentuan fitur HAAR

Dalam menentukan fitur HAAR, dilakukan training terlebih dahulu untuk mendapatkan decision tree yang digunakan sebagai penentu ada tidaknya objek pada frame yang diproses. Tahapan ini disebut juga dengan cascade classifier. Fitur HAAR ditentukan dengan mengurangkan rata-rata piksel pada daerah gelap dengan rata-rata piksel pada daerah terang.



Gambar 3. Visualisasi fitur HAAR

b. Perhitungan Integral pada Citra

Citra integral adalah suatu gambar dimana setiap nilai piksel merupakan jumlah nilai piksel dari kiri atas (0,0) ke kanan bawah (n,n). Citra integral memungkinkan perhitungan intensitas piksel dilakukan dengan cepat. Hal ini didefinisikan pada Persamaan 2.

$$I_{int}(x,y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} I(x',y') \quad (2)$$

Dengan menggunakan citra integral, penjumlahan intensitas piksel citra dalam area persegi panjang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

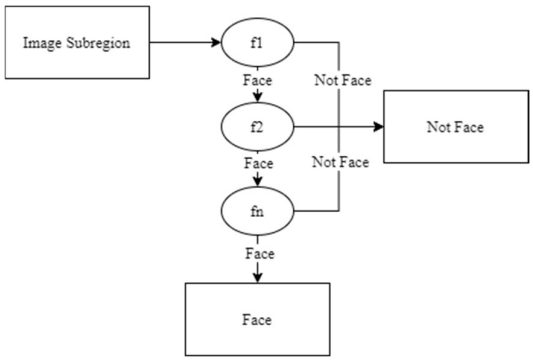
$$Sum(x_1,y_1,x_2,y_2) = I_{int}(x_2,y_2) - I_{int}(x_2,y_1-1) - I_{int}(x_1-1,y_2) + I_{int}(x_1-1,y_1-1) \quad (3)$$

c. *Adaptive Boosting Training* (AdaBoost)

AdaBoost bekerja dengan menggabungkan beberapa pengklasifikasi yang lemah untuk membangun pengklasifikasi AdaBoost yang kuat. Pengklasifikasi ini mengatur dan mengubahnya menjadi serangkaian filter yang efisien untuk klasifikasi wilayah gambar. Setiap filter beroperasi sebagai pengklasifikasi AdaBoost yang berbeda. Dalam proses filtering, jika ada filter yang gagal mengenali suatu wilayah sebagai wajah, wilayah tersebut segera diberi label sebagai bukan wajah. Sebaliknya, jika suatu wilayah melewati semua filter dalam rantai, maka wilayah tersebut diklasifikasikan sebagai wajah.

d. Proses *Cascade Classifier*

Tahap berikutnya melibatkan pengklasifikasi Cascade. Urutan filter dalam cascade ditentukan oleh bobot yang ditetapkan oleh AdaBoost, dengan filter yang memiliki bobot terbesar diposisikan terlebih dahulu untuk menghilangkan wilayah gambar tanpa wajah dengan cepat. Fitur seperti HAAR berfungsi sebagai pembelajar dan pengklasifikasi yang lemah. Untuk mencapai hasil yang lebih akurat, sejumlah besar fitur mirip HAAR perlu diproses, dan semakin banyak fitur yang diproses, semakin akurat hasilnya. Akibatnya, banyak proses fitur mirip HAAR diatur dalam pengklasifikasi bertingkat. Alur kerja klasifikasi bertingkat digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses cascade classifier

Hasil dari klasifikasi awal ini adalah *True* untuk gambar yang cocok dengan fitur HAAR tertentu atau *False*, menyisakan sekitar 50% sub-gambar untuk tahap kedua. Pada tahap kedua, citra diklasifikasikan berdasarkan proses citra integral, sekali lagi, hasilnya adalah *True* atau *False*. Seiring dengan kemajuan tingkat klasifikasi, kriteria yang lebih spesifik diterapkan, membutuhkan lebih banyak fitur dan mengurangi jumlah sub-citra yang melewati setiap tahap, hingga tersisa sekitar 2%. Hasil klasifikasi akhir adalah *True* untuk citra yang memenuhi kriteria AdaBoost dan sebaliknya, *False*.

Langkah terakhir adalah menunjukkan citra yang terdeteksi dan objek sebagai wajah atau bukan wajah. Jika objek dideteksi sebagai wilayah wajah manusia, objek tersebut ditandai dengan *bouding box*.

3. Hasil dan Analisis

Bagian ini mencakup *experimental setup*, *preprocessing*, dan deteksi wajah.

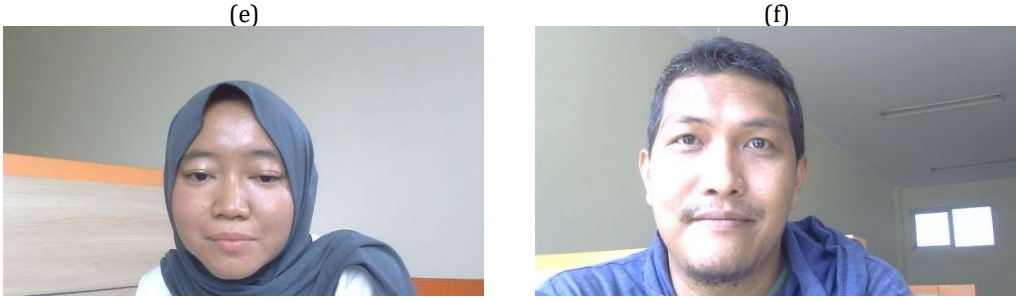
3.1. *Experimental Setup*

Kamera yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. *Experimental setup*

Dalam penelitian ini, kami menggunakan 4 wajah berbeda yang dideteksi menggunakan HAAR *Cascade Classifier* dengan model yang disediakan oleh OpenCV [20]. Gambar 6 menunjukkan sampel wajah untuk deteksi wajah.

(e) (f)



(g) (h)

Gambar 6. Sampel untuk deteksi wajah

3.2. Konversi Warna

Dibawah ini merupakan hasil konversi warna citra dari RGB ke *Grayscale*.

(a) (b)

(c) (d)

(e) (f)

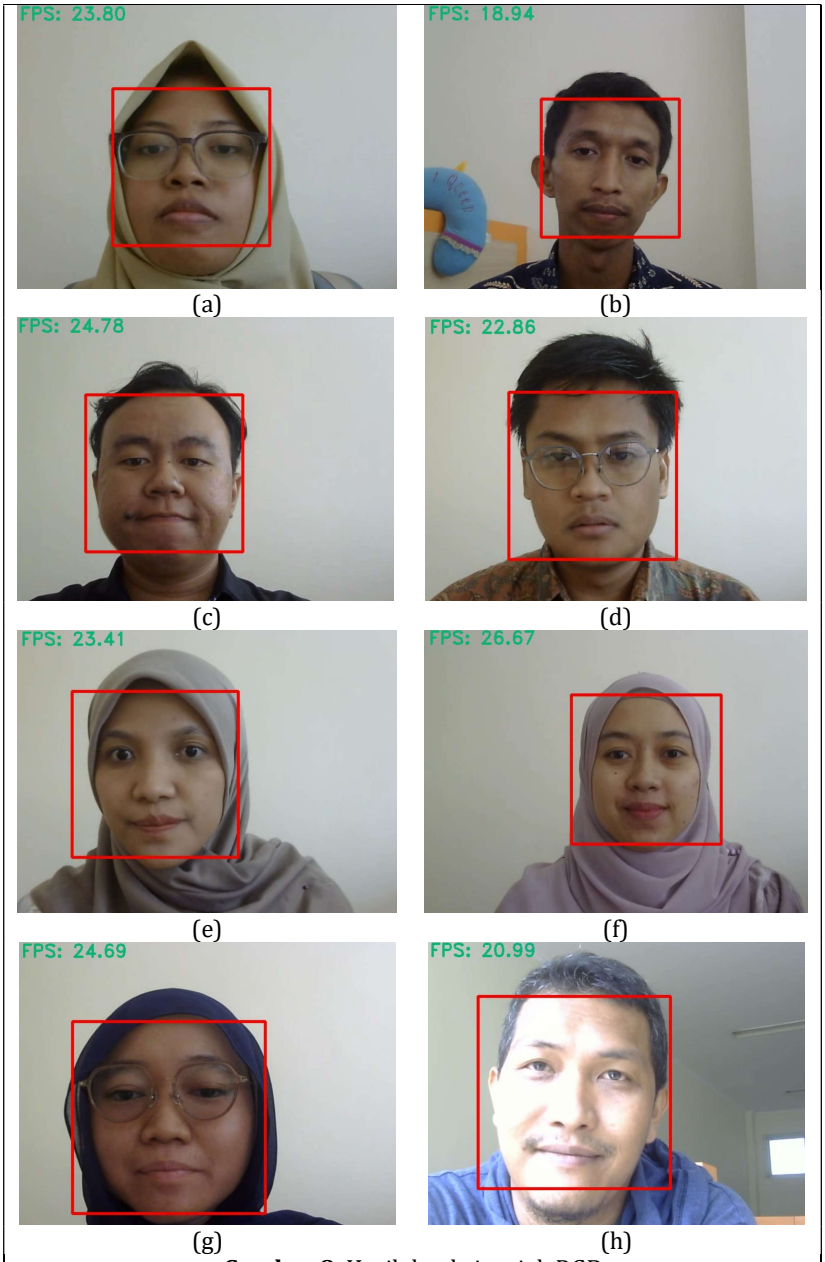
(g) (h)

Gambar 7. Hasil konversi ke *Grayscale*

Konversi ini ditujukan untuk membandingkan performa dari deteksi wajah menggunakan RGB dan *Grayscale*, hasil konversi gambar *Grayscale* sesuai Gambar 7.

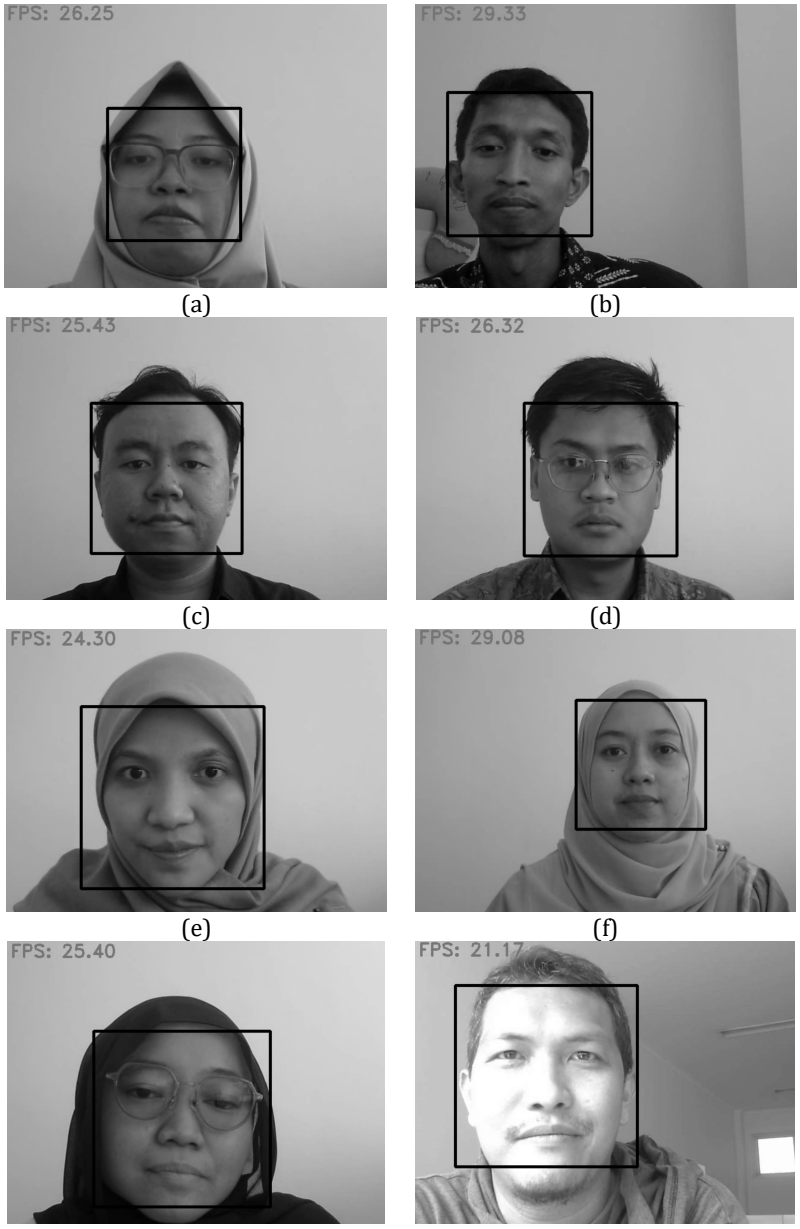
3.3. Deteksi Wajah

Hasil deteksi wajah adalah berupa *bounding box* yang mencakup region wajah pada citra. Gambar 8 menunjukkan hasil deteksi wajah pada warna RGB.



Gambar 8. Hasil deteksi wajah RGB

Sedangkan hasil deteksi wajah pada warna *Grayscale* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil deteksi wajah *Grayscale*

3.4. Evaluasi Hasil *Face Detection*

Dalam proses *face detection* tentunya terdapat hasil yang tidak sesuai dengan seharusnya seperti wajah yang tidak dapat terdeteksi. Untuk menganalisis hasil tersebut, karena hasil deteksi merupakan biner (terdeteksi dan tidak terdeteksi), dengan jumlah frame untuk setiap subjek penelitian masing-masing adalah 300 *frame*. Hasil akurasi setiap subjek dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan akurasi pada deteksi wajah RGB dan *Grayscale*

Subjek	Akurasi (%)	
	RGB	*Grayscale*
a	**97,00**	96,00
b	97,33	**98,00**
c	**96,33**	95,00
d	95,67	**98,67**
e	**97,00**	96,67
f	**96,33**	95,67
g	96,00	**96,67**
h	97,33	**98,00**

Akurasi deteksi dari setiap subjek dan mode warna memiliki hasil yang variatif. Hal ini dikarenakan fitur yang diambil dari HAAR merupakan perbedaan intensitas terang dan gelap dari setiap citra yang diberikan.

3.5. Perbandingan Performa Komputasi FPS

Untuk menganalisis performa FPS dari deteksi wajah menggunakan RGB dan *Grayscale*, akan diambil rerata FPS sejumlah 300 *frame*.

Tabel 2. Perbandingan FPS pada deteksi wajah RGB dan *Grayscale*

Subjek	FPS	
	RGB	*Grayscale*
a	24,78	**24,98**
b	25,87	**26,20**
c	22,52	**25,71**
d	25,87	**29,57**
e	24,27	**25,96**
f	27,41	**27,46**
g	25,19	**27,92**
h	28,92	**29,92**

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa penggunaan *grayscale* dapat meningkatkan performa FPS pada seluruh subjek pengujian. Hal ini dimungkinkan karena pada warna RGB terdapat 3 channel yang diproses, yaitu merah, hijau, dan biru. Pada *grayscale*, hanya ada satu channel yang diproses, yaitu *Grayscale* itu sendiri. Rata-rata FPS untuk RGB dan *grayscale* masing-masing adalah 25,63 dan 27,21.

4. Simpulan

Dalam penelitian ini telah dibutkikan bagaimana penggunaan *channel* warna mempengaruhi performa dari sebuah pemrosesan citra, khususnya dalam hal ini adalah deteksi wajah. Dengan menggunakan *HAAR Cascade Classifier* sebagai algoritma untuk deteksi wajah, dari semua subjek terjadi peningkatan rata-rata performa FPS sebesar 6,17% dengan menggunakan *channel* warna *Grayscale*.

Referensi

[1] H. Bilal, B. Yin, J. Khan, L. Wang, J. Zhang, and A. Kumar, "*Real-Time Lane Detection and Tracking for Advanced Driver Assistance Systems*," in *2019 Chinese Control Conference (CCC)*, pp. 6772–6777, Jul. 2019.

[2] D. Chand, S. Gupta, and I. Kavati, "*Computer Vision based Accident Detection for Autonomous Vehicles*,", *arXiv*: arXiv:2012.10870, Dec. 20, 2020.

[3] D. Sari, A. R. Pratama, D. Pramadihanto, and B. S. Marta, "*3D Object Detection Based on Point Cloud Data*," *Inf. J. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 7, no. 1, pp. 59–66, Jun. 2022.

[4] A. R. Pratama, B. S. B. Dewantara, D. M. Sari, and D. Pramadihanto, "*Density-based Clustering for 3D Stacked Pipe Object Recognition using Directly-given Point Cloud Data on Convolutional Neural Network*," *EMITTER Int'l J. of Engin. Technol.*, pp. 153–169, Jun. 2022.

[5] A. R. Pratama, B. S. B. Dewantara, D. M. Sari, and D. Pramadihanto, "*3D Object Pose Estimation Using Local Features Based for Industrial Appliance,*" in *2023 International Electronics Symposium (IES)*, pp. 440–445, 2023.

[6] A. R. Pratama, B. S. B. Dewantara, D. M. Sari, and D. Pramadihanto, "*Improvement of DBSCAN Algorithm Involving Automatic Parameters Estimation and Curvature Analysis in 3D Point Cloud of Piled Pipe*," *JOIG*, vol. 12, no. 2, pp. 175–185, 2024.

[7] J. Sang *et al.*, "An Improved YOLOv2 for Vehicle Detection," *Sensors*, vol. 18, no. 12, p. 4272, Dec. 2018.

[8] M. Tan, R. Pang, and Q. V. Le, "*EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection*," in *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 10778–10787, Jun. 2020.

[9] I. A. Putri, D. A. Prasetya, and T. M. Fahrudin, "*Image Classification Of Vine Leaf Diseases Using Complex-Valued Neural Network*," JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer), vol. 7, no. 1, pp. 36–42, Apr. 2024.

[10] M. Idhom, D. A. Prasetya, P. A. Riyantoko, T. M. Fahrudin, and A. P. Sari, "*Pneumonia classification utilizing VGG-16 architecture and convolutional neural network algorithm for imbalanced datasets,*" TIERS Information Technology Journal, vol. 4, no. 1, pp. 73–82, Jun. 2023.

[11] S. Yang, P. Luo, C. C. Loy, and X. Tang, "*WIDER FACE: A Face Detection Benchmark*," in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 5525–5533, 2016.

[12] D. A. Permatasari, H. Herwandi, D. S. Ma'arif, and A. Ramelan, "Rancang Bangun Alat Sistem Absensi Mahasiswa menggunakan Face Recognition dengan Metode YOLO berbasis Raspberry Pi," Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer (JASIEK), vol. 6, no. 2, pp. 114-124, 2024.

[13] F. Schroff, D. Kalenichenko, and J. Philbin, *"FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering*," in *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 815–823, Jun. 2015.

[14] J. Deng, J. Guo, J. Yang, N. Xue, I. Kotsia, and S. Zafeiriou, "*ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition*," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 44, no. 10, pp. 5962–5979, Oct. 2022.

[15] M. Najibi, B. Singh, and L. S. Davis, "FA-RPN: *Floating Region Proposals for Face Detection*," in *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Jun. 2019.

[16] S. A. Sanchez, H. J. Romero, and A. D. Morales, "*A review: Comparison of performance metrics of pretrained models for object detection using the TensorFlow framework,*" in *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 844, Jun. 2020.

[17] L. Cuimei, Q. Zhiliang, J. Nan, and W. Jianhua, "*Human face detection algorithm via Haar Cascade Classifier combined with three additional classifiers*," in *2017 13th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI)*, pp. 483–487, Oct. 2017.

[18] D. A. A. Ayubi, D. A. Prasetya, and I. Mujahidin, "*Haar Cascade Classifier Method for Real Time Face Detector In 2 Degree of Freedom (DoF) Robot Head*," in Proceedings of the 2nd Faculty of Industrial Technology International Congress, 2020.

[19] Y. Malo, W. Dirgantara, dan S. Subairi, "Implementasi Pengenalan Wajah dengan Metode Haar *Cascade Classifier* pada Akses Boarding House," Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, and Controls (AVITEC), vol. 5, no. 2, pp. 75–85, Aug. 2023

[20] G. Bradski, 'The OpenCV Library', *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 2000.

Alfan Rizaldy Pratama, memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) dari program studi Teknik Komputer serta Magister Terapan Komputer (M.Tr.Kom) dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya pada tahun 2020 dan 2022. Saat ini, ia sedang menjadi Dosen di Program Studi Sains Data, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan "Nasional" Veteran Jawa Timur. Minat penelitiannya berada pada bidang Computer Vision dan Machine Learning.

Alamat Email: alfan.fasilkom@upnjatim.ac.id

Muhammad Nasrudin, memperoleh gelar Sarjana dan Magister (S.Stat., M.Stat) dari program studi Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2019 dan 2021. . Saat ini, ia sedang menjadi Dosen di Program Studi Sains Data, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan "Nasional" Veteran Jawa Timur. Minat penelitiannya berada pada bidang Forecasting dan Medical Image Processing.

Alamat Email: nasrudin.fasilkom@upnjatim.ac.id

Andri Faudzan Adziima, memperoleh gelar Sarjana dan Magister Sains (S.Si., M.Si) dari program studi Oseanografi serta Sains Komputasi dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2017 dan 2023. Saat ini, ia sedang menjadi Dosen di Program Studi Sains Data, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan "Nasional" Veteran Jawa Timur. Minat penelitiannya berada pada bidang Computational Modelling and Simulation, Computational Finance, ML and AI, dan NLP.

Alamat Email: andri.fauzan.fasilkom@upnjatim.ac.id

Shindi Shella May Wara, memperoleh gelar Sarjana dan Magister (S.Stat., M.Stat) dari program studi Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2019 dan 2021. . Saat ini, ia sedang menjadi Dosen di Program Studi Sains Data, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan "Nasional" Veteran Jawa Timur. Minat penelitiannya berada pada bidang Text and Data Mining, Forecasting, dan Machine Learning.

Alamat Email: shindi.shella.fasilkom@upnjatim.ac.id