

SISTEM LOW-COST UNTUK MENGHITUNG JUMLAH PENGUNJUNG PADA LABORATORIUM JARINGAN KOMPUTER ITN MALANG

Yudhith Bagus Trianto¹, Irmalia Suryani Faradisa²

Prodi Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

¹yudhithbagus8@gmail.com, ²irmalia_suryani_faradisa@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pendeteksian wajah (Face Detection) merupakan salah satu penerapan utama Computer Vision yang semakin krusial dalam mendukung sistem keamanan, monitoring, dan manajemen keramaian. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi wajah otomatis berbasis metode Haar Cascade Classifier yang diimplementasikan menggunakan pustaka OpenCV. Algoritma ini bekerja dengan menganalisis citra dalam bentuk fitur-fitur Haar yang membandingkan kontras antara area gelap dan terang pada subregion gambar, sehingga memungkinkan deteksi wajah secara real-time dengan efisiensi komputasi yang tinggi.

Sistem dirancang untuk beroperasi dalam lingkungan ramai seperti ruang kelas, dengan mempertimbangkan tantangan teknis seperti pencahayaan yang bervariasi, ekspresi wajah, serta keberadaan aksesoris yang dapat mengganggu deteksi. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat low-cost seperti laptop dan webcam standar, untuk mendemonstrasikan efektivitas pendekatan ekonomis tanpa mengorbankan kinerja. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi wajah dengan akurasi yang baik. Dari 8 skenario pengujian, sistem penghitung pengunjung menunjukkan kinerja yang baik pada sebagian besar kondisi. 6 skenario berhasil terdeteksi dan terhitung dengan tepat, 1 skenario terdeteksi sebagian, dan 2 skenario gagal terdeteksi. Secara keseluruhan, sistem mencapai rata-rata tingkat keberhasilan 76,6% dalam mendeteksi dan menghitung pengunjung. Untuk pengujian pengunjung masuk secara bersamaan terdapat 5 pengunjung dan kelima pengunjung dapat terdeteksi dan terhitung sesuai jumlah oleh sistem yaitu 5 orang.

Dengan memanfaatkan perangkat keras berbiaya rendah dan perangkat lunak open-source, sistem ini menunjukkan potensi besar untuk diimplementasikan secara luas dalam berbagai sektor, khususnya pada aplikasi monitoring populasi dan manajemen ruangan secara real-time.

Kata Kunci: Haar Cascade, Sistem Low-Cost, Computer Vision, Pengolah Citra, Open CV.

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, masyarakat dituntut untuk bekerja lebih cepat sejalan dengan pesatnya kemajuan teknologi canggih dan berbagai inovasi yang terus bermunculan. Penerapan teknologi canggih kini sangat membantu aktivitas sehari-hari dan memberi manfaat di berbagai aspek kehidupan.[1] Salah satu perkembangan teknologi yang penting adalah kemampuan komputer untuk melihat objek, menampilkan objek digital, dan mengumpulkan data secara visual. Teknologi ini dikenal sebagai *Computer Vision*,[2] yang memungkinkan komputer melakukan tugas visual yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh manusia. Salah satu penerapannya adalah *Face Detection* atau pendeteksian wajah otomatis, yang digunakan oleh banyak sistem dan aplikasi untuk mengenali keberadaan wajah manusia.[3] Teknologi *Face Detection* dibangun dengan algoritma khusus yang berfokus pada proses identifikasi wajah dan dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti keamanan, informasi, monitoring, serta peningkatan efektivitas dan efisiensi.[4]

Pada area publik yang ramai, *Face Detection* sangat bermanfaat untuk memantau jumlah pengunjung. Teknologi ini membantu pengelola tempat memonitor jumlah orang yang masuk secara lebih efektif, sehingga dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan. Sistem penghitung pengunjung berbasis *Face Detection* juga mampu mendeteksi potensi kelebihan kapasitas (overload) suatu ruangan—sesuatu yang sulit dilakukan secara manual dan bergantung pada ketelitian petugas penghitung. Ketika kondisi ruangan padat, tingkat ketelitian petugas dapat menurun sehingga jumlah pengunjung yang tercatat menjadi kurang akurat. Dengan teknologi ini, masalah ketepatan dan kecepatan dalam menghitung pengunjung dapat teratasi, sehingga hasil pemantauan menjadi lebih akurat dan efisien. Teknologi tersebut juga mendukung peningkatan kualitas pelayanan karena pengelola dapat memantau kondisi tempat secara otomatis melalui perangkat yang terhubung ke komputer.[6]

Sistem penghitung pengunjung yang terintegrasi dengan komputer memungkinkan proses pemantauan menjadi lebih mudah hanya dengan menggunakan perangkat sederhana seperti laptop. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah *Haar Cascade Classifier* yang tersedia di OpenCV.[7] Dengan metode *Haar Cascade Classifier*, pendeteksian wajah dapat dilakukan dengan akurasi yang baik, terutama pada ruangan kelas atau area lain yang memiliki banyak orang, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi pemantauan jumlah pengunjung.[10]

Selain itu, sistem ini dirancang sebagai sistem *Low-Cost*, sehingga tetap terjangkau tanpa mengurangi fungsionalitas. Dengan memanfaatkan perangkat keras murah, perangkat lunak *open-source*, dan desain yang efisien, sistem ini dapat diterapkan lebih luas di masyarakat. Pendekatan ini memungkinkan teknologi canggih dapat diakses oleh lebih banyak pengguna dan memberikan dampak positif di berbagai sektor.[11]

Pada latar belakang yang telah dipaparkan, permasalahan pertama adalah bagaimana merancang dan membangun sebuah prototype sistem low-cost yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah pengunjung dalam suatu ruangan dengan memanfaatkan metode Haar Cascade secara efektif dan efisien. Permasalahan kedua berkaitan dengan bagaimana cara kerja dari metode Haar Cascade itu sendiri dalam mendeteksi dan menghitung jumlah pengunjung yang keluar masuk ruangan, sehingga sistem yang dirancang mampu bekerja secara real-time, akurat, dan dapat diimplementasikan dengan perangkat keras sederhana.

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi yang efektif dan ekonomis dalam memantau jumlah pengunjung di dalam ruangan. Solusi tersebut dirancang agar dapat diimplementasikan dengan biaya rendah tanpa memerlukan peralatan yang mahal, sehingga tetap mudah diterapkan di berbagai kondisi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mendorong inovasi dalam bidang penghitungan jumlah pengunjung melalui pemanfaatan teknologi yang terjangkau dan mudah diakses. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan memiliki potensi untuk digunakan secara luas di berbagai industri dan sektor yang membutuhkan pemantauan jumlah pengunjung secara efisien.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan metode Haar Cascade untuk berbagai aplikasi pengolahan citra. Penelitian oleh P. Kenda dan A. Witanti mengembangkan sistem absensi otomatis berbasis pengenalan wajah real-time menggunakan OpenCV, EmguCV, dan metode Haar Cascade, dengan integrasi antarmuka PHP dan C#. Galang Aprilian, Karina Auliasari, dan Mira Orisa menerapkan Haar Cascade untuk deteksi masker selama pandemi Covid-19, dilengkapi fitur peringatan suara, pemotretan otomatis, dan notifikasi teks bagi pengguna tanpa masker. Rusman Afandi merancang sistem kontrol akses laboratorium berbasis deteksi wajah sebagai pengganti kartu akses konvensional. I.P.

Sinaga, P.D. Wibawa, dan E. Kurniawan mengombinasikan *background subtract* dan Haar Cascade untuk sistem penghitung orang sekaligus identifikasi wajah pada area pemantauan. Daffa Ramadhana mengembangkan sistem penghitung pengunjung berbiaya rendah menggunakan metode *background subtract* dengan dukungan webcam dan Raspberry Pi. Penelitian oleh Faisal Tirta menunjukkan efektivitas Haar Cascade dalam mendeteksi wajah secara real-time dari berbagai sudut menggunakan webcam dan OpenCV. Sutarti, Siswanto, dan Alin Putri mengimplementasikan sistem keamanan rumah berbasis pengenalan wajah dengan Haar Cascade dan dual camera, disertai fitur pengiriman notifikasi melalui aplikasi Push Safer. Sefrida Yuliana merancang sistem deteksi wajah otomatis berbasis Haar Cascade yang ditingkatkan melalui konversi citra RGB ke grayscale untuk menghasilkan akurasi deteksi yang lebih optimal.

B. Haar Cascade

Algoritma Haar Cascade Classifier digunakan untuk mendeteksi wajah atau objek pada gambar digital. Algoritma ini bekerja dengan menggunakan kotak-kotak (fitur Haar) untuk membandingkan area terang dan gelap pada gambar. Nilai fitur diperoleh dengan mengurangi jumlah piksel area terang dan gelap, dan proses ini dipercepat dengan menggunakan integral image—yaitu representasi citra grayscale di mana setiap piksel adalah hasil penjumlahan dari nilai piksel kiri atas hingga posisinya sekarang.

Proses deteksi dilakukan secara bertahap (cascade) dengan beberapa tahap klasifikasi. Jika suatu area tidak memenuhi syarat pada tahap awal, maka akan langsung ditolak. Namun, jika lolos, area tersebut akan diuji kembali di tahap berikutnya dengan fitur yang lebih spesifik hingga akhirnya dipastikan sebagai objek yang valid.

Sebelum deteksi dilakukan, gambar harus melalui beberapa tahapan preprocessing, yaitu:

1. Data Training
Dataset wajah yang digunakan untuk melatih sistem agar bisa mengenali objek pada citra baru. Data ini sudah tersedia di dalam pustaka OpenCV.
2. Resize
Mengubah ukuran gambar agar sesuai dengan ukuran input sistem. Proses ini bisa menggunakan metode interpolasi seperti nearest neighbor, bilinear, atau bicubic.
3. Grayscale
Mengubah gambar berwarna menjadi hitam-putih (skala abu-abu) untuk menyederhanakan proses perhitungan, karena hanya satu kanal warna yang digunakan (nilai 0–255).
4. Midline
Garis tengah vertikal pada bounding box yang digunakan untuk membantu mengenali fitur wajah seperti mata, hidung, dan mulut, serta mendeteksi simetri wajah.
5. Region of Interest (ROI)
Bagian tertentu dari gambar (biasanya di sekitar wajah) yang dianalisis lebih lanjut. ROI ditentukan dari titik tengah kotak deteksi (bounding box), dan

digunakan untuk melacak posisi objek secara lebih akurat.

Setelah seluruh proses tersebut, sistem akan menampilkan hasil deteksi, biasanya berupa titik pelacak di tengah kotak deteksi, yang membantu dalam proses pelacakan wajah atau objek secara real-time.

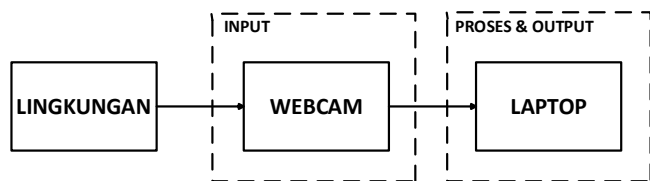
III. PERANCANGAN SISTEM

Penelitian ini membahas tentang implementasi teknologi Computer Vision dalam menghitung jumlah pengunjung di sebuah ruangan dengan menerapkan metode Haar Cascade. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem penghitung pengunjung.

Dirancang untuk operasi real-time, sistem ini ditempatkan di atas pintu dengan posisi kamera webcam yang diatur sedemikian rupa untuk mengambil gambar pengunjung dengan akurat dan jelas saat melewati. Prosesnya melibatkan pengolahan citra menggunakan metode Haar Cascade untuk mendeteksi objek bergerak, kemudian menghitung jumlah pengunjung berdasarkan objek yang melewati garis virtual yang menandakan masuk ke dalam ruangan.

A. Perancangan Hardware

Pada awal penelitian ini, dirancang alat untuk menghitung jumlah orang yang melewati pintu. Alat ini terdiri dari laptop dan webcam, dimana webcam berfungsi sebagai input. Pada gambar 1 Gambar yang diambil webcam dari lingkungan akan di proses dan hasil perhitungan ditampilkan pada laptop. Rangkaian webcam terhubung melalui kabel USB. Ini memungkinkan sistem untuk menerima gambar video real-time, yang dapat diolah kemudian.

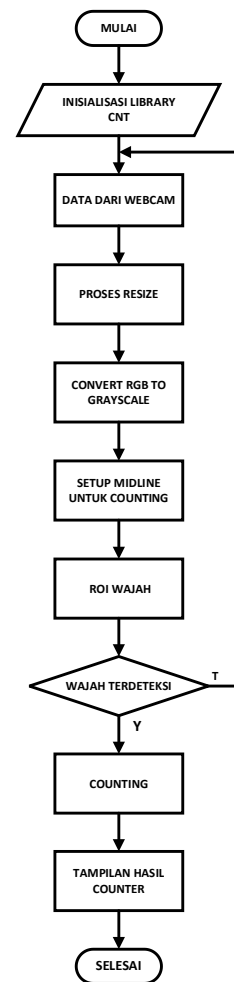


Gambar 1. Blok Diagram *Hardware*

B. Flowchart Haar Cascade

Pada Gambar 2, alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi library untuk menyiapkan fungsi pendukung deteksi. Setelah itu, sistem mengambil citra atau video dari webcam secara real-time. Citra yang diterima di-*resize*, lalu diubah dari format RGB ke grayscale untuk mempermudah pemrosesan.

Selanjutnya, sistem menentukan *midline* sebagai patokan saat menghitung objek yang melintas. Kemudian, sistem mendeteksi wajah pada area *Region of Interest* (ROI). Jika wajah terdeteksi, jumlah pengunjung akan ditambah dan ditampilkan pada *counter output*. Jika tidak ada wajah yang terdeteksi, sistem kembali memproses input dari webcam hingga berhasil menemukan wajah.



Gambar 2. Flowchart Haar Cascade

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Low-Cost

low-cost dalam konteks penelitian ini merujuk pada pengembangan sistem yang dapat berjalan dengan biaya perangkat keras dan perangkat lunak yang relatif murah, namun tetap mampu memberikan performa yang memadai.

Dengan menggunakan metode Haar Cascade, sistem ini termasuk kategori low-cost karena:

1. Perangkat keras sederhana
Algoritma Haar Cascade dijalankan hanya dengan menggunakan webcam dan laptop/PC kelas menengah.
2. Efisiensi komputasi
Haar Cascade menggunakan pendekatan feature-based yang relatif ringan, sehingga tidak memerlukan sumber daya komputasi besar. Pada laptop kelas menengah seperti Asus X555BP (AMD A9-9420, RAM 4–8 GB, GPU Radeon R5), sistem masih mampu bekerja pada rentang 15–25 fps pada resolusi 640×480, sehingga sudah mencukupi untuk aplikasi penghitung pengunjung.
3. Biaya implementasi rendah

Karena dapat dijalankan pada perangkat dengan spesifikasi menengah dan memanfaatkan kamera standar, biaya implementasi sistem menjadi lebih rendah dibandingkan solusi komersial yang biasanya menggunakan sensor khusus seperti infrared counter, thermal camera, atau kamera dengan dukungan AI bawaan.

Dengan demikian, sistem penghitung pengunjung menggunakan Haar Cascade ini dapat digolongkan sebagai solusi low-cost karena mampu mengurangi kebutuhan perangkat keras mahal, tetap mendukung pemrosesan real-time, serta lebih mudah diaplikasikan di lingkungan yang memiliki keterbatasan anggaran.

B. Pengujian Webcam

Untuk menerapkan penelitian mengenai perhitungan jumlah pengunjung dalam ruangan, perangkat yang digunakan adalah sebuah webcam dan laptop. Langkah pertama adalah menghubungkan webcam ke laptop hingga terdeteksi dengan baik. Setelah perangkat terhubung, dibuat program menggunakan bahasa Python untuk mengatur fungsi webcam agar dapat menangkap gambar dan video dari pengunjung yang berada dalam jangkauan. Setelah program selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa webcam berfungsi dengan baik dan mampu menampilkan gambar sesuai kebutuhan sistem.

C. Proses Resize

Dalam metode *haar cascade*, algoritma *resize* dapat digunakan untuk menyesuaikan ukuran gambar atau video sebelum proses latar belakang dilakukan. *Resize* sering kali diperlukan jika ukuran citra video atau gambar yang diambil tidak sesuai dengan ukuran yang diinginkan atau jika perlu dilakukan.

untuk efisiensi pemrosesan. Caranya adalah dengan membandingkan ukuran gambar yang ada dengan ukuran gambar yang diinginkan. Tahap pertama akan mengubah data training berupa video menjadi citra frame by frame. Setelah menjadi citra selanjutnya adalah mengubah ukuran citra menjadi ukuran asimetris yaitu 640x480 piksel. Semakin besar ukuran citra, maka akan semakin sulit dalam melakukan proses klasifikasi sehingga juga akan menambah waktu pengenalan, namun data informasi yang diperoleh pada citra semakin besar dan dapat mempengaruhi akurasi yang diterima.



Gambar 3. Resize Image

Pada Gambar 3. Gambar sebelah kiri merupakan gambar asli yang diambil oleh webcam berukuran 1920x1080

piksel gambar itu akan diubah menjadi lebih kecil agar mempercepat proses. Sedangkan gambar sebelah kanan merupakan gambar yang telah diresize menjadi ukuran 640x480 piksel

D. Proses Convert RGB ke GreyScale

Setelah melewati proses *resize* langkah subtraksi latar belakang dalam metode *haar cascade* dengan citra RGB melibatkan perbandingan gambar saat ini dengan gambar latar belakang untuk menemukan objek yang bergerak.

Dalam citra grayscale, ini hanya melibatkan satu saluran intensitas. Kecerahan dalam gambar grayscale disimpan dalam format 8-bit, yang memberikan 256 kemungkinan tingkat kecerahan, mulai dari 0 (hitam) hingga 255 (putih), dengan nilai di antaranya adalah berbagai tingkat warna abu-abu.

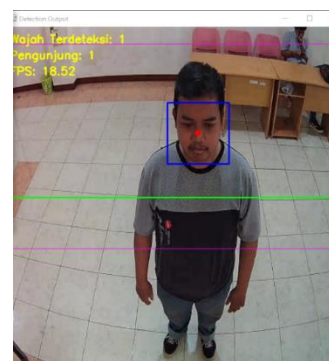


Gambar 4. Hasil Convert RGB to Gayscale

Fitur Haar dapat mendeteksi wajah pada citra berwarna yang kemudian diubah menjadi citra keabuan. Sebuah citra inputan berupa citra berwarna akan di preprocessing menjadi citra keabuan, kemudian citra keabuan tersebut dilakukan proses deteksi wajah. Pada Gambar 4 merupakan data uji untuk inputan berupa citra RGB oleh haar cascade diubah menjadi Greyscale dan wajah telah berhasil terdeteksi.

E. Setup Midline

Agar dapat menghitung pengunjung masuk diperlukan sebuah garis batas untuk menentukan apakah pengunjung tersebut memasuki sebuah ruangan atau tidak. Garis ini diletakkan sesuai keinginan, pada percobaan ini garis diletakkan Tengah frame yang ditandai dengan garis berwarna hijau.

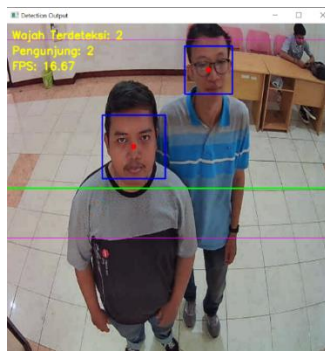


Gambar 5. tampilan midline

Terlihat pada Gambar 5. terdapat garis berwarna hijau, garis tersebut yang disebut dengan midline, dan terdapat dua garis ungu dibagian atas dan bawah merupakan area deteksi objek. Jika objek tidak berada dalam garis ungu maka objek tidak terdeteksi.

F. Proses ROI (Region Of Interest)

Proses ROI yang terjadi adalah dengan memilih area pada frame video. Proses ROI dalam penelitian ini digunakan untuk membatasi atau memperkecil area pemrosesan. Pembatasan area pemrosesan dilakukan dengan cara menentukan area jalan raya. Pembatasan area jalan raya dilakukan agar objek-objek yang berada diluar area tersebut tidak menjadi penambahan noise pada citra yang akan di proses. Tujuan daripada pengimplementasian ROI dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan waktu pemrosesan ROI berdasarkan objek wajah secara keseluruhan.



Gambar 6. Hasil dari ROI

ROI ditandai dengan penanda berupa titik merah pada objek, yang nantinya titik merah digunakan sebagai penanda deteksi ketika melewati midline maka dapat terhitung sebagai objek yang masuk. Seperti pada Gambar .6

G. Hasil Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan delapan percobaan dengan berbagai macam cara pengunjung ketika memasuki ruangan, yang dapat dilihat pada Tabel 1 hasil pengujian pengunjung yang masuk ruangan.

Tabel 1. Jumlah Pengunjung pada setiap Percobaan

No	Percobaan	Terdeteksi	Jumlah Pengunjung Masuk	Jumlah Pengunjung Terhitung	Akurasi
1	Pengunjung masuk	✓	1	1	100%
2	Pengunjung masuk secara bersamaan	✓	2	2	100%
3	Pengunjung masuk menggunakan topi	✓	1	0	50%
4	Pengunjung masuk menghadap samping	✗	1	0	0%

5	Pengunjung masuk menghadap belakang	✗	1	0	0%
6	lebih dari 2 Pengunjung masuk bersamaan	✓	2	2	100%
7	Pengunjung masuk dalam waktu berdekatan	✓	1	1	100%
8	Pengunjung masuk dalam waktu berjauhan	✓	1	1	100%

Jadi pada hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa nilai rata-rata akurasi system ini yaitu sebesar 76,6%.

H. Computation Time

Pada laptop kelas menengah seperti Asus X555BP (AMD A9-9420, RAM 4-8 GB, GPU Radeon R5), algoritma Haar Cascade masih mampu bekerja dengan baik. Pada resolusi 640×480, sistem dapat mencapai 15-25 fps dengan waktu komputasi 40-60 ms per frame, sehingga deteksi berjalan cukup lancar. Namun, pada resolusi 1280×720, kinerja turun menjadi 8-12 fps dengan waktu komputasi 80-120 ms karena beban piksel yang lebih besar. Meskipun terjadi penurunan performa pada resolusi tinggi, deteksi wajah menggunakan haarcascade_frontalface_default.xml tetap dapat dikategorikan real-time untuk kebutuhan aplikasi sederhana.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, terdapat kesimpulan terkait pengujian pada penelitian ini, yaitu secara keseluruhan, sistem *low-cost* untuk menghitung pengunjung masuk mampu memberikan solusi pemantauan yang efektif dan terjangkau. Dengan memanfaatkan perangkat sederhana seperti webcam dan laptop serta metode Haar Cascade, sistem ini dapat mendeteksi dan menghitung pengunjung secara otomatis tanpa memerlukan peralatan mahal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan cukup akurat sebesar 76,6% dan dengan spesifikasi alat dan metode yang digunakan sistem ini mampu bekerja secara real-time dengan waktu proses 40-60ms per frame, sehingga layak diterapkan pada berbagai lingkungan yang membutuhkan pemantauan jumlah pengunjung secara efisien dan berbiaya rendah. Dengan biaya pengembangan yang rendah, sistem ini terbukti layak diterapkan sebagai alternatif pengganti metode pencatatan manual yang kurang efektif.

B. Saran

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, sistem penghitung pengunjung berbasis pengolahan citra ini masih memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan, khususnya pada aspek kode program. Pengembangan di bagian ini diharapkan mampu meningkatkan ketahanan sistem

dalam menghadapi gangguan-gangguan ringan, seperti pergerakan pengunjung yang terlalu berlebihan, munculnya bayangan, maupun penggunaan atribut tertentu seperti topi atau aksesoris lainnya, yang selama ini terbukti cukup memengaruhi tingkat akurasi deteksi dan perhitungan pengunjung. Selain itu, dari sisi perangkat keras terutama kamera sebagai input citra, juga perlu dilakukan peningkatan. Penggunaan kamera dengan resolusi lebih tinggi serta dukungan pencahayaan yang lebih baik akan menghasilkan kualitas gambar yang lebih jelas, sehingga proses interpretasi citra oleh kode program dapat berjalan lebih optimal dan menghasilkan akurasi yang lebih tinggi

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Kenda and A. Witanti, "Sistem Presensi Berbasis Wajah Dengan Metode Haar Cascade," pp. 419–429, 2019.
- [2] A. Purno and W. Wibowo, "Implementasi Teknik Computer Vision Dengan Metode Colored Markers Trajectory Secara Real Time," *J. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 38–42, 2016.
- [3] L. W. Alexander, S. R. Sentinuwo, and A. M. Sambul, "Implementasi Algoritma Pengenalan Wajah Untuk Mendeteksi Visual Hacking," *J. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/16969/16503>
- [4] S. R. U. . S. TRESYA ANJANI DOMPEIPEN, "Penerapan Computer Vision Untuk Pendeteksi Dan Penghitung Jumlah Manusia Untuk," vol. 15, no. 4, 2016.
- [5] N. Mega Saraswati, R. Cipta Sigitta Hariyono, and D. Chandra, "FACE RECOGNITION MENGGUNAKAN METODE HAAR CASCADE CLASSIFIER DAN LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM."
- [6] I. P. Sinaga, I. Prasetya, D. Wibawa, and E. Kuniawan, "SISTEM PENGHITUNG DAN IDENTIFIKASI WAJAH MANUSIA DENGAN METODE BACKGROUND SUBTRACTION DAN HAAR CASCADE PEOPLE COUNTER AND FACE IDENTIFICATION SYSTEM WITH BACKGROUND SUBTRACTION AND HAAR CASCADE METHOD."
- [7] Syefrida Yulina, "Penerapan Haar Cascade Classifier dalam Mendeteksi Wajah dan Transformasi Citra Grayscale Menggunakan OpenCV," vol. 7, no. 1, pp. 100–109, 2021.
- [8] F. Ludia Ramadini and E. Haryatmi, "Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH Untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime," vol. 6, no. 2, 2022, doi: 10.30743/infotekjar.v6i2.4714.
- [9] W. Dwiparawati and S. V. Hilmawan, "IMPLEMENTASI FACE RECOGNITION SECARA REAL-TIME DENGAN METODE HAAR CASCADE CLASSIFIER MENGGUNAKAN OPENCV-PYTHON."
- [10] N. Syafitri, "Prototype Pendeteksi Jumlah Orang Dalam Ruang," 2017.
- [11] M. D. Ramadhana, R. P. Muhammad, F. Y. Limpraptono, T. E. S, I. T. N. Malang, and M. Indonesia, "PENGUNJUNG PADA RUANGAN MENGGUNAKAN METODE BACKGROUND SUBTRACTION," vol. 08, pp. 48–66, 2024.
- [12] G. Aprilian Anarki, K. Auliasari, and M. Orisa, "Penerapan Metode Haar Cascade Pada Aplikasi Deteksi Masker," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 179–186, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3214.
- [13] R. AFANDI, "TUGAS AKHIR Recognition dan Deteksi Wajah Menggunakan Algoritma Haar cascade Pada Akses Pintu Laboratorium Disusun dalam Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)," 2024.
- [14] Faishal Tirta Nugroho, "DETEKSI CITRA WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE CLASSIFIER," vol. 1, pp. 15–26, 2024.
- [15] A. P. Jutika *et al.*, "IMPLEMENTASI FACE RECOGNITION BERBASIS HAAR-CASCADE CLASSIFIER PADA SISTEM KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN DUAL-CAMERA," pp. 106–115, 1861.
- [16] A. Mittal, "Haar Cascades, Explained," medium. [Online]. Available: <https://medium.com/analytics-vidhya/haar-cascades-explained-38210e57970d>
- [17] R. Arishadilah, "PERANCANGAN SISTEM PRESENSI GURU BERBASIS PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE KLASIFIKASI HAAR CASCADE DI MTS AL FAKHRIYYAH," *Ayan*, vol. 15, no. 1, pp. 37–48, 2024.
- [18] M. M. Hanugra Aulia Sidharta, S.T., "Introduction to Open CV," binus university. Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: <https://binus.ac.id/malang/2017/10/introduction-to-open-cv/>
- [19] G. Hand, "Apa itu bahasa Python?," DINAS KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA KABUPATEN KEDIRI. Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: <https://diskominfo.kedirkab.go.id/baca/apa-itu-bahasa-python>
- [20] Anhari Tirta, "Mengenal Python: Penjelasan dan Penggunaannya," BPTI UHAMKA. Accessed: Nov. 26, 2024. [Online]. Available: <https://bpti.uhamka.ac.id/mengenal-python-penjelasan-dan-penggunaannya/>
- [21] A. Jaiswal, "guide to haar cascade algorithm with object detection example," alanytics vidhya. [Online]. Available: <https://medium.com/analytics-vidhya/haar-cascades-explained-38210e57970d>
- [22] geek for geeks, "image resizing using opencv python." [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/image-resizing-using-opencv-python/>

VII. BIODATA PENULIS



Yudhith Bagus Trianto, lahir di Malang, 8 Agustus 2000. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK PGRI Mojokerto. Setelah itu pada tahun 2018 penulis melanjutkan Pendidikan Studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi

Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Telematika. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul “Sistem Low-Cost untuk Menghitung Jumlah Pengunjung pada Laboratorium Energi Baru Terbarukan ITN Malang