

FaceVoting: e-voting Berbasis Pengenalan Wajah

Rahmalia Syahputri^{1*}, Berkat Fa'atulo Halawa², Sherli Trisnawati³, Nurfiana⁴, Taufik⁵

^{1,2,3,4}Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya

^{1*}e-mail: rahmalia@darmajaya.ac.id

²e-mail: berkathalawa.1711010164@mail.darmajaya.ac.id

³e-mail: sherlitrisnawati@darmajaya.ac.id

⁴e-mail: nurfiana@darmajaya.ac.id

⁵Institut Bakti Nusantara

e-mail: taufiktsani@gmail.com

Diterima	Direvisi	Disetujui
12-04-2024	20-06-2024	18-07-2024

Abstrak - FaceVoting adalah sistem pemungutan suara elektronik yang menggunakan teknologi pengenalan wajah untuk mengautentikasi pemilih, sehingga meningkatkan keamanan dan efisiensi proses pemungutan suara. Penelitian ini menunjukkan integrasi algoritma Haar Cascade, yang mampu mendeteksi objek secara cepat dan akurat, khususnya untuk pengenalan wajah dalam berbagai kondisi. Melalui rangkaian uji coba, sistem terbukti sangat efektif dalam mengenali wajah di berbagai jarak, sudut, dan ekspresi, meskipun memiliki beberapa keterbatasan dalam mendeteksi wajah yang terhalang atau tidak terdaftar. Evaluasi ekstensif melibatkan perekaman wajah pada jarak 30 cm dan 100 cm, menghasilkan skor deteksi yang konsisten sebesar 0.2586751709411996, yang menunjukkan kekokohan sistem. Selain itu, perekaman wajah yang divalidasi di bawah sudut yang berbeda menunjukkan kemampuan sistem untuk mempertahankan akurasi, dengan variasi skor yang minimal, menonjolkan adaptabilitasnya terhadap posisi pemilih yang berbeda. Pengujian lebih lanjut pada objek yang beragam dan ekspresi wajah menunjukkan presisi sistem dalam skenario dunia nyata, meskipun ada tantangan dalam mengenali objek non-manusia, wajah yang sebagian terhalang, dan wajah orang lain. Sekitar 96.5% dari 110 partisipan menyatakan kepuasan mereka terhadap fitur pengenalan wajah, menekankan keyakinan mereka akan potensinya untuk mengamankan dan mempermudah proses pemilihan. Studi ini mengonfirmasi kelayakan teknologi pengenalan wajah dalam sistem *e-voting*, memberikan peningkatan yang signifikan atas metode tradisional dalam hal aksesibilitas, keandalan, dan pencegahan kecurangan, sehingga mendukung proses pemilihan yang lebih inklusif dan transparan.

Kata Kunci: Pengenalan wajah, *e-voting*, Haar Cascade

Abstract - FaceVoting is an electronic voting system that employs facial recognition technology to authenticate voters, enhancing the security and efficiency of voting processes. This research showcases the integration of the Haar Cascade algorithm, renowned for its rapid and accurate object detection capabilities, tailored explicitly for face recognition in varied conditions. Through rigorous testing, the system proved highly effective at recognising faces across different distances, angles, and expressions despite some limitations in detecting obscured or unregistered faces. Extensive evaluations involved recording faces at 30 cm and 100 cm distances, yielding consistent detection scores of 0.2586751709411996, illustrating the system's robustness. Additionally, face recordings validated under varying angles demonstrated the system's ability to maintain accuracy with minimal score variation, highlighting its adaptability to different voter positions. Further tests on diverse objects and facial expressions underscored the system's precision in real-world scenarios, albeit with challenges in recognising non-human objects, other people's faces, and partially obscured faces. About 96.5% of the 110 participants expressed satisfaction with the facial recognition feature, emphasising their confidence in its potential to secure and streamline the voting process. The study confirms the viability of facial recognition technology in *e-voting* systems, providing a substantial improvement over traditional methods in terms of accessibility, reliability, and fraud prevention, thereby supporting a more inclusive and transparent electoral process.

Keywords: Face recognition, *e-voting*, Haar Cascade



PENDAHULUAN

Pemilihan umum tradisional yang menggunakan kertas suara dan membutuhkan kedatangan langsung ke lokasi pemilihan memiliki beberapa keunggulan yang terbukti penting untuk menjaga integritas proses demokratis.

Kehadiran pemilih untuk secara fisik melihat kertas suara mereka dimasukkan ke dalam kotak suara, memberikan rasa transparansi dan kepercayaan langsung terhadap proses tersebut.

Walaupun sistem pemungutan suara elektronik menghadapi tantangan keamanan seperti risiko peretasan dan manipulasi data, pemungutan suara kertas memiliki keamanan inheren dalam bentuk bukti fisik. Sistem kertas lebih tahan terhadap serangan siber karena tidak bergantung pada infrastruktur digital yang dapat menjadi sasaran para peretas (Xiao et al., 2020). Kertas suara memungkinkan proses audit dan verifikasi yang dapat dilakukan secara manual untuk memastikan keakuratan hasil pemungutan suara. Ini memberikan lapisan verifikasi tambahan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan perselisihan atau ketidakpastian mengenai hasil pemilihan (Prof. Santosh Kumar Biradar et al., 2023).

Salah satu manfaat utama dari pemungutan suara kertas adalah transparansi dan kepercayaan. Pengalaman sejarah menunjukkan bahwa pemilu berbasis kertas lebih dipercaya oleh masyarakat karena telah digunakan selama beberapa decade. Kertas suara memberikan rekaman fisik yang dapat diperiksa dan dihitung secara manual sehingga meningkatkan transparansi karena pemilih, pengamat, dan auditor dapat memverifikasi integritas suara. Selain itu, Keamanan dan integritas juga menjadi keunggulan utama pemungutan suara kertas. Sistem ini tidak rentan terhadap serangan siber, peretasan, atau manipulasi perangkat lunak, menghilangkan risiko gangguan digital (Willemsen, 2018). Meskipun sistem pemungutan suara tradisional dengan kertas suara memiliki keunggulan dalam hal transparansi, keamanan, dan kemampuan audit, sistem ini juga memiliki kerugian dan potensi kecurangan yang perlu diperhatikan.

Meskipun kertas suara dianggap lebih tahan terhadap serangan siber, mereka masih rentan terhadap jenis kecurangan seperti manipulasi saat penghitungan suara (Oktavia, 2023) (Willemsen, 2018), sistem otentikasi yang lemah sehingga memungkinkan bukan pemilih yang asli yang hadir saat pemilu (Willemsen, 2018). Kemungkinan serangan penundaan laporan suara yang menciptakan kebingungan dan ketidakpercayaan dengan menunda pelaporan suara yang sah. Kemudian peluang serangan front-running, di mana penyerang mengeksploitasi akses awal ke hasil sementara untuk keuntungan finansial atau politik. Studi kasus yang mendetail tentang Swiss menggambarkan kerentanan ini, menunjukkan bagaimana bahkan sistem yang diatur dengan baik dapat dikompromikan (Sommer et al., 2020).

Selain itu, kedatangan langsung ke lokasi pemilihan mungkin dapat membatasi aksesibilitas bagi penyandang disabilitas (Schur et al., 2015) (Dasman & Sampara, 2020), pemilih yang berada di daerah terpencil (Dasman & Sampara, 2020) atau mereka yang tidak dapat hadir di lokasi pemilihan karena alasan lain seperti bekerja dan sekolah (Pitria et al., 2023) (Dasman & Sampara, 2020). Ini dapat mengecualikan sebagian pemilih dari proses pemungutan suara dan mempengaruhi representasi yang adil dari keinginan publik (Willemsen, 2018).

Kerugian dan potensi kecurangan ini menunjukkan bahwa, meskipun sistem pemungutan suara tradisional memiliki keunggulan tertentu, ada juga kebutuhan untuk terus mencari cara untuk meningkatkan sistem pemungutan suara, baik melalui perbaikan pada metode tradisional atau melalui penggabungan teknologi baru yang dapat mengatasi beberapa tantangan ini sambil mempertahankan prinsip-prinsip demokrasi. Untuk mengatasi tantangan ini, banyak negara mulai mengeksplorasi penggunaan teknologi pemungutan suara elektronik (*e-voting*) yang menawarkan peningkatan aksesibilitas, efisiensi, dan keamanan.

e-voting memungkinkan pemungutan suara jarak jauh yang dapat meningkatkan partisipasi pemilih, khususnya bagi warga negara usia lanjut yang menghadapi kesulitan dengan metode konvensional karena keterbatasan mobilitas (K, Aparna & M Banger, 2023). Selain itu, pemungutan suara elektronik dapat meningkatkan efisiensi penghitungan suara dan mengurangi risiko kesalahan manual melalui otomatisasi proses (Zaghloul et al., 2020). Dari segi keamanan, penggunaan teknologi seperti blockchain dalam *e-voting* dapat meningkatkan keamanan dan menjaga privasi pemilih (Su & Su, 2023).

Sebuah sistem *e-voting* berbasis aplikasi perangkat bergerak yang menggunakan teknologi pengenalan wajah untuk otentikasi pemilih menawarkan solusi yang inklusif dan aman, terutama untuk pemilih usia lanjut, pasien, prajurit, dan disabilitas (K, Aparna & M Banger, 2023). Lebih lanjut, implementasi blockchain dalam *e-voting* menjanjikan peningkatan keamanan, transparansi, dan ketahanan terhadap manipulasi dengan mencatat setiap suara dalam buku besar yang terdesentralisasi dan tidak dapat diubah (Mutandiwa et al., 2023).

Penggunaan pengenalan wajah dalam sistem pemungutan suara elektronik (*e-voting*) menawarkan kemajuan signifikan dalam hal keamanan dan keakuratan autentikasi pemilih. Teknologi ini, ketika dikombinasikan dengan metode otentikasi lain seperti OTP (*One-Time Password*), menjanjikan sistem *e-voting* yang lebih aman dan terlindungi dari upaya pemungutan suara palsu dan duplikasi.

(Shaikh et al., 2014) memperkenalkan sistem pemungutan suara daring yang menggabungkan dua tingkat autentikasi: deteksi dan pengenalan wajah serta OTP. Wajah pemilih diambil gambarnya saat pendaftaran dan dibandingkan dengan gambar yang diambil saat pemungutan suara. Setelah pengenalan

wajah berhasil, OTP dihasilkan dan dikirimkan kepada pemilih untuk verifikasi akhir. Pendekatan autentikasi ganda ini secara signifikan meningkatkan keamanan proses pemungutan suara, mengurangi kerentanan tradisional. Sistem ini memanfaatkan Python, OpenCV, dan Algoritma Haar Cascade untuk deteksi wajah. Kombinasi ini memastikan keamanan yang kuat dan operasi yang ramah pengguna, yang sangat bermanfaat bagi pemilih yang tidak dapat hadir secara fisik di tempat pemungutan suara.

Publikasi lain oleh (Abd Hamid et al., 2023) menyampaikan bahwa pengenalan wajah menawarkan metode verifikasi yang sulit untuk dipalsukan, memanfaatkan karakteristik unik individu yang tidak dapat dengan mudah dibagi atau direplikasi. Selain itu, mengeliminasi kebutuhan akan kata sandi atau dokumen fisik, proses pemungutan suara menjadi lebih lancar dan ramah pengguna.

Sementara itu (Prince et al., 2018) mengusulkan pengembangan sistem pemungutan suara elektronik yang mengintegrasikan pengenalan wajah dan sensor sidik jari. Sistem dua faktor ini meningkatkan keamanan proses pemungutan suara dan mengurangi kemungkinan kecurangan dalam proses pemilu. Proses pengenalan wajah mereka menggunakan Histogram Pola Biner Lokal dan proses Mesin Vektor Pendukung untuk memindai, menyimpan, dan mengenali wajah dengan efisien

Penggunaan algoritma Haar Cascade dalam pemungutan suara elektronik (*e-voting*) memungkinkan identifikasi wajah yang efisien dan akurat sebagai bentuk autentikasi pemilih. Algoritma ini memanfaatkan fitur-fitur Haar, yang cepat dan efektif dalam mendeteksi objek dalam gambar, termasuk wajah manusia. Haar Cascade beroperasi melalui pendekatan machine learning dengan mempelajari berbagai fitur wajah dari ribuan gambar positif (berisi wajah) dan negatif (tanpa wajah) untuk kemudian mengklasifikasikannya.

(Kumar et al., 2023) mengusulkan sistem untuk meningkatkan keamanan dan akurasi proses pemungutan suara yang diintegrasikan dengan Haar Cascade untuk deteksi objek, dan algoritma Local Binary Pattern Histogram (LBPH) untuk pengenalan wajah, yang keduanya membantu dalam autentikasi pengguna. Jika data wajah cocok dengan informasi yang sudah ada dalam database, pemilih diizinkan untuk memberikan suara mereka. Jika tidak, sistem akan menampilkan pesan kesalahan dan pemilih tersebut tidak diizinkan untuk memilih. Proses ini menawarkan lapisan keamanan tambahan untuk sistem pemungutan suara dengan memastikan bahwa suara hanya dapat diberikan oleh individu yang telah diverifikasi identitasnya.

(Nugroho & Sela, 2023) memanfaatkan kemampuan algoritma Haar Cascade untuk mengidentifikasi wajah dari berbagai sudut, tidak hanya yang menghadap langsung ke kamera tetapi juga yang menghadap ke samping, ke atas, dan ke bawah. Penulis berhasil menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi wajah dengan akurasi yang tinggi, bahkan dalam kondisi

pencahayaan yang kurang optimal. Eksperimen menunjukkan akurasi 100% dalam pengujian pelatihan dan 95,6% dalam pengujian, yang menandakan performa yang sangat baik dari sistem yang diusulkan.

Implementasi algoritma Haar Cascade untuk otentikasi individu dalam aplikasi "Vote Now" memungkinkan proses pemungutan suara yang modern, efisien, dan memastikan keamanan dan keandalan sistem. Aplikasi berbasis Android ini menyertakan sistem pemungutan suara yang bebas lokasi, memungkinkan pemilih yang tidak dapat hadir di lokasi pemungutan suara untuk memberikan suara mereka dari kampung halaman mereka. Sistem ini menghilangkan proses pemungutan suara manual yang memakan waktu dan berbasis kertas, memberikan pengalaman pemungutan suara yang lebih aman dan terotentikasi (Meshram, 2023).

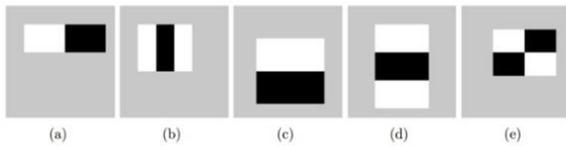
Penerapan algoritma Haar Cascade dalam *e-voting* menawarkan pendekatan yang dapat diandalkan dan cepat dalam memverifikasi identitas pemilih melalui pengenalan wajah, berkontribusi pada sistem pemungutan suara yang lebih aman dan transparan. Dengan meminimalisir risiko pemungutan suara palsu dan memastikan bahwa hanya pemilih yang terverifikasi yang dapat berpartisipasi.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, proses pemungutan suara elektronik (*e-voting*) terdiri dari lima tahapan (Gambar 1) yang dimulai dengan pengguna yang masuk ke dalam sistem menggunakan teknik deteksi wajah. Jika masukan cocok dengan data yang tersimpan dalam basis data pemilihan, maka identitasnya akan muncul di layar. Selanjutnya, pengguna dapat melihat profil kandidat dan memberikan suara kepada salah satu dari mereka. Terakhir, sistem akan mengarahkan halaman ke hasil sementara pemilihan. Kami menggunakan algoritma Haar Cascade untuk mengidentifikasi wajah pemilih dalam gambar. Algoritma ini bekerja dengan menggunakan pendekatan pembelajaran mesin dengan memberikan beberapa gambar positif yang terdiri dari wajah dan gambar negatif yang tidak mengandung wajah apa pun untuk melatihnya. Kemudian, kami mengekstrak fitur dari gambar-gambar ini, di mana Haar mengurangi jumlah piksel di area gelap dari jumlah piksel di titik terang untuk mendapatkannya (Gambar 2) atau dapat menggunakan rumus 1.



Gambar 1. Proses FaceVoting



Gambar 2. Fitur Haar Cascade

$$f(x) = \text{sumdark rectangle} - \text{sumwhite rectangle} \dots 1$$

Classifier Cascade adalah langkah yang melibatkan perhitungan berulang nilai Fitur Haar untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Pada tahap pertama, setiap sub-gambar akan diklasifikasikan dengan fitur, jika hasilnya tidak memenuhi standar maka hasil tersebut akan ditolak. Pada tahap ke-2, setiap sub-gambar akan diklasifikasikan ulang. Jika ambang batas yang diperlukan diperoleh, maka akan masuk ke tahap filter selanjutnya (tahap klasifikasi ke-3). Hal ini dilakukan hingga sub-gambar yang lolos akan berkurang mendekati gambar aktual.

Dengan menggunakan hasil pelatihan dari haar cascade, kami menggabungkan hasil dari proses ini dengan proses Pencocokan Gambar menggunakan algoritma Histogram Pola Biner Lokal (Local Binary Pattern Histogram - LBPH). Gambar yang telah dilatih akan dicocokkan dengan gambar dari kamera. Kemudian nilai histogram yang diekstrak dari gambar digunakan untuk membandingkan pola persamaan histogram dengan beberapa gambar dalam basis data.

Kami menggunakan persamaan 2 untuk menemukan nilai perkiraan histogram. Nilai D digunakan sebagai perbandingan antara wajah yang tersimpan dalam basis data dan wajah yang terdeteksi oleh kamera. Untuk mengakomodasi pemungutan suara menggunakan cara elektronik dan otentikasi wajah, kami membangun beberapa halaman di aplikasi FaceVoting untuk memungkinkan lima proses pemungutan suara (Gambar 1) berlangsung. Gambar 3 adalah rancangan halaman untuk merekam wajah pemilih.

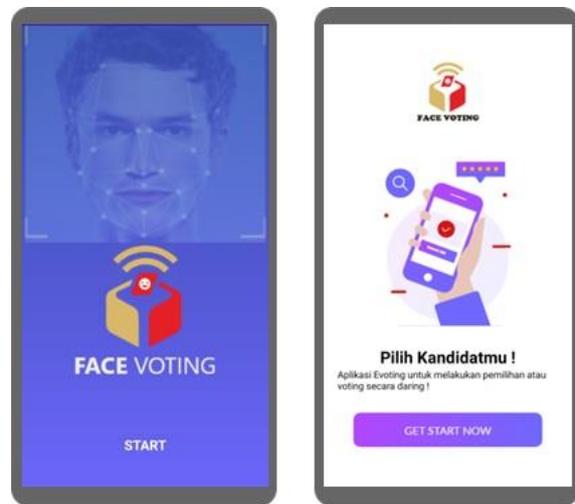
$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{hist } 1_i - \text{hist } 2_i) \dots 2}$$



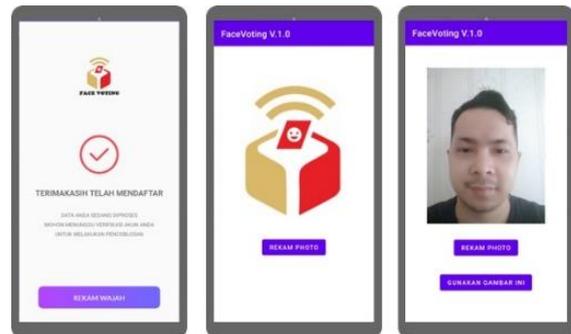
Gambar 3. Rancangan Halaman Perrekaman Wajah Pemilih

HASIL DAN PEMBAHASAN

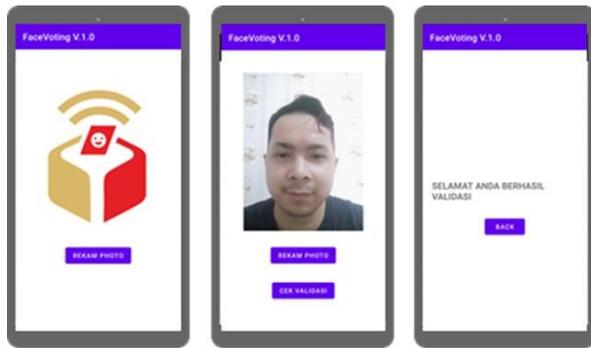
Dalam bagian ini, kami akan membahas hasil penelitian kami dan percobaannya. Hasil dari lima tahapan pemungutan suara elektronik (*e-voting*) seperti yang dinyatakan pada Gambar 1 dibahas sebagai berikut: Gambar 4 adalah halaman layar pembuka untuk memulai aplikasi (tahap 1). Gambar 5 menampilkan halaman rekaman wajah yang memerlukan tindakan dari pengguna (tahap 2). Pengguna mengambil gambar dirinya, memilih gambar mana yang akan digunakan, dan menyimpannya. Gambar 6 digunakan selama periode pendaftaran memilih. Ketika hari pemilihan tiba, pengguna membuka aplikasi dan mengautentikasi wajahnya untuk memungkinkan pemilih melakukan pemungutan suara (tahap 3).



Gambar 4. Halaman Splash Screen

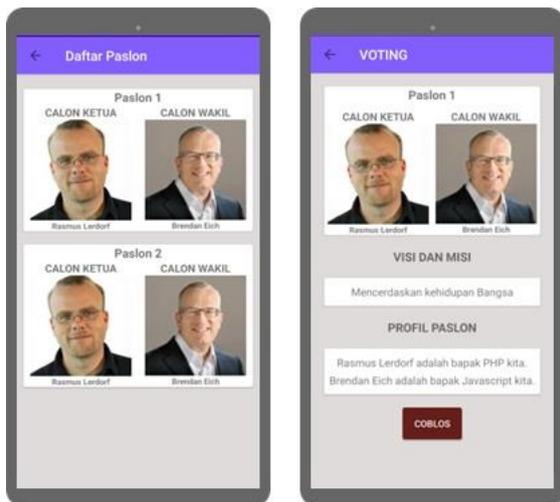


Gambar 5. Perrekaman Wajah Pemilih

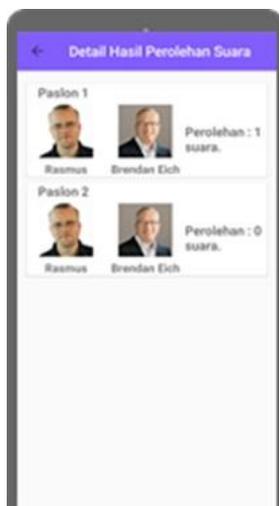


Gambar 6. Validasi Saat Pemilihan

Jika autentikasi berhasil dilakukan, pesan SELAMAT ANDA BERHASIL VALIDASI muncul di layar. Langkah selanjutnya adalah aplikasi menampilkan profil kandidat (tahap 4). Pengguna mengklik tombol “COBLOS” untuk memilih kandidat (Gambar 7). Gambar 8 menunjukkan tahap terakhir di mana halaman menampilkan hasil sementara pemilihan atau pemungutan suara (tahap 5). Sistem memungkinkan pengguna untuk mencetak atau menyimpan bukti suara yang disebut tiket (Gambar 9).



Gambar 7. Halaman Pemilihan dan Profil Kandidat



Gambar 8. Hasil Perolehan Suara



Gambar 9. Tiket Bukti Telah Memilih

Kami melakukan 4 eksperimen untuk menguji apakah sistem dapat mengidentifikasi masukan wajah dengan jarak, ekspresi, dan sudut yang berbeda, yaitu:

- a. Validasi rekaman wajah berdasarkan jarak.

Untuk aspek jarak dari wajah ke kamera, idealnya sekitar 30 cm dan 100 cm. Sedangkan untuk intensitas cahaya, diatur pada kondisi normal di cahaya pagi sekitar pukul 9:00 pagi. Berdasarkan tabel 1, rekaman wajah saat pendaftaran dilakukan pada jarak 100cm dan 30 cm. Hasilnya adalah wajah berhasil terdeteksi. Validasi wajah pada jarak 30cm memiliki skor 0.2586751709411996, sedangkan pada jarak 100cm memiliki skor 0.2586751709411996. Hal ini membuktikan bahwa server dapat memvalidasi wajah pada jarak yang berbeda dengan baik.

Hal ini berarti sistem dapat memvalidasi rekaman wajah pada jarak yang bervariasi (30 cm dan 100 cm) dengan skor yang identik (0.2586751709411996 untuk kedua jarak), menunjukkan konsistensi dalam pendeteksian wajah meskipun pada jarak yang berbeda.

- b. Validasi rekaman wajah menggunakan sudut berbeda.

Untuk aspek sudut kamera yang berbeda, sudut ideal adalah 30° dan 15° dengan jarak 30 cm dan 100 cm. Sedangkan untuk intensitas cahaya, diatur pada kondisi normal di cahaya pagi sekitar pukul 9:00 pagi. Berdasarkan tabel 2, kami melakukan rekaman wajah selama pendaftaran dengan jarak 30 cm dan 100 cm dan divalidasi pada sudut yang berbeda. Pada kedua jarak tersebut, wajah divalidasi dengan rotasi 30° ke kiri. Ini terdeteksi dengan skor 0.3564897495679578 dan 0.3564897495679578 masing-masing.

Sementara itu, wajah yang berputar 30° ke kanan mendapat skor 0.3579375070457057 untuk jarak 30 cm dan 0.3457457398679694 untuk jarak 100 cm. Validasi wajah dengan menunduk sekitar 15° terdeteksi dengan baik dengan skor serupa untuk kedua jarak pada 0.3475854368457899.

Validasi wajah dengan menunduk sekitar 15° terdeteksi dengan baik dengan skor serupa untuk kedua jarak pada 0.3475854368457899. Nilai yang sesuai juga terjadi ketika wajah diangkat 15°. Skornya adalah 0.39569090980849980.

Berdasarkan data tersebut, wajah divalidasi pada sudut berbeda (rotasi 30° ke kiri dan kanan, serta menunduk dan mengangkat wajah 15°) mendapatkan skor yang bervariasi, dengan pengaruh minimal terhadap keakuratan deteksi pada sudut 30°. Namun, ada variasi skor yang lebih signifikan pada rotasi yang berbeda dan pada jarak yang berbeda.

c. Validasi rekaman wajah berdasarkan objek yang berbeda.

Untuk objek yang berbeda, ada empat percobaan yang dilakukan (tabel 3). Pertama adalah validasi menggunakan wajah perempuan, hasilnya wajah tidak terdeteksi dengan skor 0.8457462536643768. Dilanjutkan dengan wajah berbeda tetapi sama jenis kelamin dan wajah yang mirip. Semuanya menghasilkan sistem tidak dapat mendeteksi dengan skor 0.6933985798548957 dan 0.7592662875878549. Untuk validasi yang menggunakan objek benda, sistem juga tidak bisa mendeteksi dengan angka ada di 0.9457359379845736.

Validasi terhadap objek yang berbeda (wajah perempuan, wajah mirip, dan benda) menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi objek yang bukan wajah pemilih dengan skor yang tinggi, sedangkan wajah yang tidak mirip memiliki skor yang lebih rendah. Hal ini mengindikasikan akurasi dalam mendeteksi objek yang kurang dikenali.

d. Validasi rekaman wajah berdasarkan ekspresi.

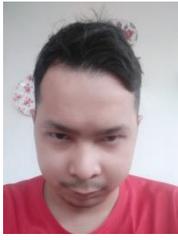
Kami juga melakukan uji coba dengan menggunakan ekspresi wajah yang berbeda sebagai input, seperti validasi dengan senyum tertutup mulut dengan tangan, bahagia dengan jempol ke atas, terkejut, menutup mata, dan terlalu dekat dengan kamera. Untuk aspek intensitas cahaya, diatur pada kondisi normal menggunakan cahaya pagi sekitar pukul 9:00 pagi.

Tabel 4 menunjukkan detail validasi rekaman wajah berdasarkan ekspresi. Rekaman wajah saat pendaftaran dilakukan pada jarak 30 cm dan divalidasi dengan ekspresi wajah yang berbeda. Validasi wajah dengan ekspresi tersenyum dikenali dengan skor 0.2445376457694036. Sedangkan mulut tertutup dengan tangan tidak teridentifikasi dengan skor 0.8457935395735734. Untuk validasi wajah bahagia dengan jempol ke atas, diidentifikasi dengan skor 0.3395820707435743. Sistem dapat memvalidasi wajah dengan ekspresi terkejut dengan skor 0.4549324939482945, sedangkan wajah dengan mata tertutup tidak dikenali dengan skor 0.9445774300034374. Terakhir, ketika input terlalu dekat dengan kamera, aplikasi tidak mendeteksinya dengan skor 0.912363864899911. Ketika wajah tidak dikenali oleh server, pemilih tidak dapat melanjutkan kegiatan untuk memilih.

Tabel 1. Uji Sistem Berdasarkan Jarak

Skenario	Rekaman Wajah Saat Pendaftaran	Validasi Wajah Saat Pemilu	Hasil
Jarak 30 cm			Terdeteksi dengan skor 0.2586751709411996
Jarak 100 cm			Terdeteksi dengan skor 0.3457369836474494

Tabel 2. Uji Coba Berdasarkan Sudut Wajah

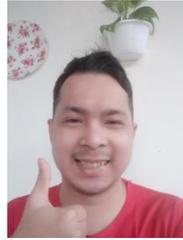
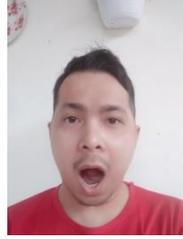
Skenario	Rekaman Wajah Saat Pendaftaran	Validasi Wajah Saat Pemilu	Hasil
Jarak 30cm (Saat validasi wajah di miringkan 30° ke kiri)			Terdeteksi dengan skor 0.3564897495679578
Jarak 30cm (Saat validasi wajah di miringkan 30° ke kanan)			Terdeteksi dengan skor 0.3579375070457057
Jarak 30cm (Saat validasi wajah menunduk 15° ke bawah)			Terdeteksi dengan skor 0.3475854368457899
Jarak 30cm (Saat validasi wajah menengadiah 15° keatas)			Terdeteksi dengan skor 0.3956990980849980
Jarak 100 cm (Saat validasi wajah di miringkan 30° ke kanan)			Terdeteksi dengan skor 0.3457457398679694
Jarak 100 cm (Saat validasi wajah di miringkan 30° ke kiri)			Terdeteksi dengan skor 0.3564897495679578

Jarak 100 cm (Saat validasi wajah menunduk 15 ⁰ ke bawah)			Terdeteksi dengan skor 0.3475854368457899
Jarak 30cm (Saat validasi wajah menengadah 15 ⁰ keatas)			Terdeteksi dengan skor 0.3956990980849980

Table 1. Validasi Menggunakan Objek yang Beragam

Skenario	Rekaman Wajah Saat Pendaftaran	Validasi Wajah Saat Pemilu	Hasil
Validasi menggunakan wajah yang berbeda jenis kelamin			Tidak terdeteksi dengan skor 0.8457462536643768
Validasi menggunakan wajah yang berbeda dengan jenis kelamin yang sama			Tidak terdeteksi dengan skor 0.6933985798548957
Validasi dengan menggunakan wajah orang yang mirip			Tidak terdeteksi dengan skor 0.7592662875878549
Validasi menggunakan benda			Tidak terdeteksi dengan skor 0.9457359379845736

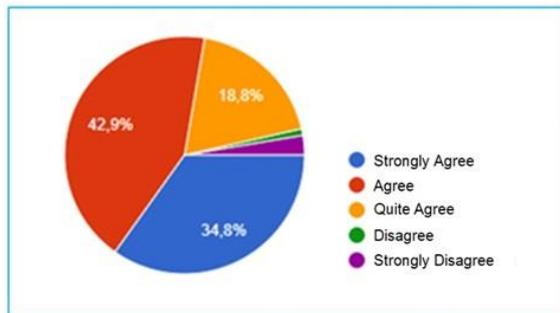
Table 2. Validasi Menggunakan Ekspresi Wajah

Skenario	Rekaman Wajah Saat Pendaftaran	Validasi Wajah Saat Pemilu	Hasil
Tersenyum			Terdeteksi dengan skor 0.244537645769403 6
Tangan menutupi mulut			Tidak terdeteksi dengan skor 0.845793539573573 4
Wajah bahagia dan jempol ke atas.			terdeteksi dengan skor 0.339582070743574 3
Terkejut			Terdeteksi dengan skor 0.454932493948294 5
Mata ditutupi tangan			Tidak terdeteksi dengan skor 0.944577430003437 4
Wajah terlampau dekat dengan kamera			Tidak terdeteksi dengan skor 0.912363864899911

Kami meminta 110 orang untuk mencoba aplikasi ini dan apa pendapat mereka tentang

menggunakan otentikasi wajah dalam *e-voting*. Sebanyak 39 (34.8%) responden sangat setuju bahwa

aplikasi FaceVoting dapat memfasilitasi proses otentikasi yang aman selama, 48 (42.9%) responden setuju, dan 21 (18.8%) responden cukup setuju. Kami dapat menyimpulkan bahwa sekitar 96,5% setuju dan kurang dari 4% tidak setuju.



Gambar 10. Hasil Sebaran Pendapat Pengguna

KESIMPULAN

FaceVoting adalah sebuah sistem pemungutan suara elektronik yang inovatif, menggunakan teknologi pengenalan wajah untuk mengotentikasi pemilih dengan efektivitas yang terbukti melalui hasil uji coba. Algoritma Haar Cascade yang digunakan berhasil mengenali wajah dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam berbagai kondisi.

Dari hasil uji coba yang dilakukan, sistem menunjukkan kemampuan konsisten dalam mengidentifikasi wajah pada jarak 30 cm dan 100 cm dengan skor identik 0.2586751709411996, mengindikasikan kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah pada jarak yang berbeda. Dalam validasi menggunakan sudut berbeda, sistem mampu mengenali rotasi wajah 30° ke kiri dan kanan dengan skor berkisar antara 0.3457457398679694 hingga 0.3579375070457057, menunjukkan keefektifan sistem dalam menyesuaikan dengan perubahan orientasi wajah.

Selain itu, sistem tidak bisa mengenali wajah yang terhalang, seperti dalam kasus validasi menggunakan wajah berbeda, wajah mirip, dan objek non-wajah, dengan skor yang tinggi mencerminkan data tidak mengenali masukan tersebut. Hal ini berarti, sistem mampu membedakan antara data yang dimasukkan ke dalam sistem saat pendaftaran dan hari pemilu.

Dalam validasi berdasarkan ekspresi wajah, skor variatif menunjukkan bahwa sistem paling efektif mengenali ekspresi terkejut dengan skor 0.4549324939482945, sementara ekspresi yang terlalu dekat dengan kamera dikenali paling rendah dengan skor 0.912363864899911. Evaluasi pengguna melibatkan 110 responden menghasilkan tingkat penerimaan yang sangat tinggi, sekitar

96.5%, menyoroti keyakinan signifikan pada teknologi dalam mendukung otentikasi pemilih.

FaceVoting menawarkan solusi yang menjanjikan untuk tantangan autentikasi dalam sistem *e-voting*, meningkatkan keamanan, efisiensi, dan transparansi proses pemungutan suara, serta memungkinkan partisipasi pemungutan suara yang lebih luas dan inklusif.

REFERENSI

- Abd Hamid, N., Appunair, C. D. N., Abidin, A. F. A., Mohamed, M. A., Abdul Kadir, M. F., & Mohd Satar, S. D. (2023). A SECURE ONLINE VOTING SYSTEM USING FACE RECOGNITION TECHNOLOGY. *Malaysian Journal of Computing and Applied Mathematics*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.37231/myjcam.2023.6.1.80>
- Dasman, D., & Sampara, S. (2020). Implementasi Fungsi Komisi Pemilihan Umum Dalam Meningkatkan Partisipasi Pemilih Pada Pemilu 2019 (Pemilihan Umum Legislatif). *Journal of Lex Generalis (JLG)*, 1(4), 586–604.
- K, Aparna., & M Banger, M. (2023). Biometric Enabled Remote Voting System for Senior Citizens. *INTERANTIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 07(07). <https://doi.org/10.55041/IJSREM24998>
- Kumar, S. A., Marzooq, A. M., Ranjithkumar, U., Romario, S., & Surya, P. (2023). *Online Smart Voting System using Face Recognition*. 8(3).
- Meshram, H. (2023). Vote Now Application. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(5), 6349–6352. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.53041>
- Mutandiwa, I., P Mugauri, C., & Musara, M. (2023). E-Voting using Blockchain: Moving Away from the Ballot Paper. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 12(11), 1160–1166. <https://doi.org/10.21275/SR231114162337>
- Nugroho, F. T., & Sela, E. I. (2023). Deteksi Citra Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier: Face Detection Using Haar Cascade Classifier Algorithm. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 37–44. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.988>
- Pitria, E., Utari, D., Marseta, Y., Sari, M. T., & Pangestu, R. A. (2023). Peran Pemilih Pemula dalam Pemilu 2024. *KREATIF*:

- Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara*, 3(3), 210–218.
- Prince, J. I., R., K. K., B., G., P., G., & Udhayakumar, G. (2018). *Electronic Voting Machine with Facial Recognition and Fingerprint Sensors*.
- Prof. Santosh Kumar Biradar, Diksha Mohod, Sampada Joshi, Rohini Role, & Prasen Waikar. (2023). Secure Digital Voting System on Blockchain. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 279–288. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-13850>
- Schur, L., Adya, M., & Ameri, M. (2015). Accessible Democracy: Reducing Voting Obstacles for People with Disabilities. *Election Law Journal: Rules, Politics, and Policy*, 14(1), 60–65. <https://doi.org/10.1089/elj.2014.0269>
- Shaikh, A., Oswal, B., Parekh, D., & Jani, B. Y. (2014). E-voting using one time password and face detection and recognition. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT)*, 3(02). <https://www.academia.edu/download/94354522/e-voting-using-one-time-password-and-face-detection-and-recognition-IJERTV3IS21041.pdf>
- Sommer, D. M., Schneider, M., Gut, J., & Capkun, S. (2020). *Cyber-Risks in Paper Voting* (arXiv:1906.07532). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.07532>
- Su, P.-C., & Su, T.-C. (2023). Secure Blockchain-Based Electronic Voting Mechanism. *The International Arab Journal of Information Technology*, 20(2). <https://doi.org/10.34028/iajit/20/2/12>
- Willemson, J. (2018). Bits or paper: Which should get to carry your vote? *Journal of Information Security and Applications*, 38, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2017.11.007>
- Xiao, S., Wang, X. A., Wang, W., & Wang, H. (2020). *Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems: The 11th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS-2019)* (L. Barolli, H. Nishino, & H. Miwa, Eds.; Vol. 1035). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29035-1>
- Zaghloul, E., Li, T., & Ren, J. (2020). Anonymous and Coercion-Resistant Distributed Electronic Voting. *2020 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*, 389–393. <https://doi.org/10.1109/ICNC47757.2020.9049653>