

Implementation Of Eye Tracking For Cheating Detection In Computer Vision-Based Exam Simulations

Yovi Apridiansyah¹⁾; Gerry Mandala Putra²⁾; Gunawan³⁾; Ardi Wijaya⁴⁾

^{1,2,3,4)} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Email: ¹⁾ yoviapridiansyah@umb.ac.id

How to Cite :

Khairullah, Rifqo, M., H., Juhardi, U., Nawwar, N., M. (2026). Implementation of Eye Tracking for Cheating Detection in Computer Vision-Based Exam Simulations. Jurnal Media Computer Science, 5(4).

ARTICLE HISTORY

Received [26 Agustus 2026]

Revised [25 Oktober 2026]

Accepted [27 Oktober 2026]

KEYWORDS

Eye Tracking, Cheating Detection, Computer Vision, MediaPipe Face Mesh, Gaze Tracking, PERCLOS, Confusion Matrix, Examination Simulation.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Penelitian ini mengimplementasikan sistem *eye tracking* berbasis *computer vision* untuk mendeteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis komputer. Sistem yang dibangun memanfaatkan pustaka *MediaPipe Face Mesh* untuk mendeteksi lebih dari 468 titik *landmark* wajah tanpa memerlukan perangkat keras khusus, kemudian mengekstraksi fitur perilaku visual berupa arah pandang (*gaze direction*), durasi gaze ke luar area layar, jumlah sakade, dan nilai PERCLOS (*Percentage of Eye Closure*) dari rekaman video peserta ujian menggunakan *OpenCV* dan *Python* melalui antarmuka GUI *Tkinter*. Deteksi kecurangan dilakukan dengan pendekatan berbasis ambang batas (*rule-based threshold*), tanpa memerlukan proses pelatihan model *machine learning*. Pengujian dilakukan terhadap dataset yang terdiri dari 30 video simulasi ujian berdurasi sekitar 10–20 detik, meliputi 15 video dengan label *ground truth* curang dan 15 video dengan label normal. Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan *confusion matrix* dengan kelas curang sebagai kelas positif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai akurasi sebesar 93,33%, presisi sebesar 100%, *recall* (sensitivitas) sebesar 86,67%, *F1-score* sebesar 92,86%, dan spesifisitas sebesar 100%, dengan nilai *True Positive* sebesar 13, *True Negative* sebesar 15, *False Positive* sebesar 0, dan *False Negative* sebesar 2. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai PERCLOS merupakan indikator yang paling dominan dalam proses deteksi kecurangan pada penelitian ini. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan *eye tracking* berbasis ambang batas menawarkan solusi deteksi kecurangan yang ringan, transparan, dan terjangkau dibandingkan pendekatan berbasis perangkat keras khusus atau model *deep learning* yang memerlukan sumber daya komputasi besar.

ABSTRACT

This study implements an eye tracking system based on computer vision to detect cheating behavior during computer-based examination simulations. The developed system utilizes the *MediaPipe Face Mesh* library to detect more than 468 facial landmark points without requiring specialized hardware, then extracts visual behavior features including gaze direction, gaze-outside-screen duration, saccade count, and PERCLOS (*Percentage of Eye Closure*) values from examinee video recordings using *OpenCV* and *Python* through a *Tkinter*-based GUI. Cheating detection is performed using a rule-based threshold approach, without requiring machine learning model training. Testing was conducted on a dataset consisting of 30 examination simulation videos of approximately 10–20 seconds each, comprising 15 videos labeled as cheating and 15 videos labeled as normal ground truth. System performance was evaluated using a confusion matrix with the cheating class as the positive class. The results show that the system achieves an accuracy of 93.33%, precision of 100%, recall (sensitivity) of 86.67%, *F1-score* of 92.86%, and specificity of 100%, with *True Positive* of 13,

True Negative of 15, False Positive of 0, and False Negative of 2. These results indicate that the PERCLOS value is the most dominant indicator in the cheating detection process in this study. This study demonstrates that a threshold-based eye tracking approach offers a lightweight, transparent, and affordable cheating detection solution compared to approaches requiring specialized hardware or deep learning models that require large computational resources.

PENDAHULUAN

Dalam dunia pendidikan ujian merupakan suatu proses atau kegiatan sistematis untuk mengukur dan mengevaluasi pengetahuan, kemampuan, keterampilan, sikap, atau potensi, akan tetapi sering kali terdapat persoalan yang cukup serius dalam hal integritas akademik, khususnya tindak kecurangan yang terjadi saat pelaksanaan ujian. Perilaku menyontek sudah bukan sekadar pelanggaran etika semata, melainkan telah menjadi kebiasaan yang mengakar di berbagai jenjang pendidikan, mulai dari tingkat sekolah dasar hingga perguruan tinggi (Zayyinul Mushthofa, 2021). Fenomena ini tidak memandang latar belakang kemampuan akademik maupun jenis kelamin peserta didik siapa pun berpotensi terlibat ketika pengawasan tidak berjalan secara optimal. Kondisi ini diperburuk oleh perkembangan teknologi digital yang justru membuka celah baru bagi peserta ujian untuk berbuat curang dengan cara yang semakin tidak terdeteksi oleh pengawas konvensional.

Meluasnya penyelenggaraan ujian berbasis komputer (*computer based test*) dan ujian daring pasca pandemi Covid-19 semakin memperumit tantangan pengawasan ini. Dalam lingkungan ujian berbasis komputer, peserta ujian memiliki peluang yang jauh lebih besar untuk melakukan kecurangan karena minimnya kehadiran fisik pengawas (Pratama, Kharisma and Arwani, 2021). Riset yang dilakukan oleh Pangestu dkk. (2024) pada platform ujian daring menunjukkan bahwa kasus menyontek lebih sering terjadi dalam ujian berbasis komputer dibandingkan ujian tatap muka konvensional, salah satunya karena sistem pendukung pengawasan virtual yang masih sangat terbatas. Berbagai modus kecurangan pun semakin beragam, mulai dari menolehkan pandangan ke sumber jawaban lain, berkomunikasi dengan orang di sekitar, hingga memanfaatkan perangkat digital secara sembunyi-sembunyi.

Salah satu indikator perilaku yang paling sulit disembunyikan oleh peserta ujian yang hendak berbuat curang adalah pola pergerakan bola mata. Ketika seseorang mengalihkan pandangannya ke sumber jawaban yang bukan layar ujian, arah tatapan matanya akan berubah secara signifikan dari pola normal seseorang yang sedang berkonsentrasi mengerjakan soal. Penelitian oleh Yogasara dkk. (2023) membuktikan bahwa indikator-indikator pada *eye tracking* seperti durasi fiksasi, kecepatan sakadik, dan jumlah pergerakan sakkad mampu memberikan gambaran yang sangat akurat tentang kondisi kognitif dan perilaku fokus seseorang. Temuan ini membuka peluang besar untuk memanfaatkan teknologi pelacakan mata sebagai instrumen deteksi kecurangan yang lebih andal (Yogasara *et al.*, 2023).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah membangun dan mengevaluasi sistem deteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis komputer dengan menggunakan teknologi *eye tracking* berbasis *computer vision*. Secara lebih rinci, penelitian ini bertujuan untuk merancang modul pelacakan arah pandang mata menggunakan MediaPipe Face Mesh dan algoritma estimasi posisi iris, mengintegrasikan sistem *eye tracking* tersebut ke dalam antarmuka simulasi ujian berbasis komputer, serta mengevaluasi akurasi dan keandalan sistem dalam membedakan perilaku jujur dan perilaku mencurigakan selama simulasi ujian berlangsung.

Kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada kebaruan pendekatannya yang mengedepankan analisis arah pandang mata sebagai fitur primer deteksi kecurangan. Pendekatan berbasis *eye tracking* ini diharapkan dapat menjadi solusi metode pengawasan manual yang selama ini terbukti tidak selalu efektif dan efisien. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan untuk dapat diaplikasikan langsung pada sistem ujian berbasis komputer.

LANDASAN TEORI

Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital (*digital image processing*) merupakan serangkaian teknik komputasi yang digunakan untuk memanipulasi dan menganalisis citra dalam format digital guna menghasilkan informasi yang lebih bermakna. Secara fundamental, citra digital direpresentasikan sebagai matriks dua dimensi yang terdiri dari elemen-elemen piksel (*picture element*), di mana setiap piksel memiliki nilai intensitas yang merepresentasikan kecerahan atau warna pada posisi spasial tertentu. Pada citra *grayscale*, nilai intensitas piksel berkisar antara 0 hingga 255, di mana nilai 0 merepresentasikan warna hitam penuh dan nilai 255 merepresentasikan warna putih penuh. Sementara itu, pada citra berwarna ruang warna BGR (*Blue, Green, Red*), setiap piksel diwakili oleh tiga nilai kanal warna yang masing-masing juga berkisar antara 0 hingga 255 (Hardini *et al.*, 2023). Rangkaian operasi dalam pengolahan citra biasanya mengalir secara berurutan, dimulai dari akuisisi, pre-processing, segmentasi, ekstraksi ciri, hingga interpretasi atau klasifikasi. Tujuan akhir dari keseluruhan proses ini adalah agar sistem komputer mampu "memahami" isi citra secara otomatis, atau setidaknya menyajikan informasi visual dalam bentuk yang lebih mudah dianalisis oleh manusia (Liaw *et al.*, 2020).

Kecurangan Akademik pada Ujian Berbasis Komputer

Kecurangan akademik merupakan perilaku yang melanggar integritas pendidikan dan telah menjadi permasalahan serius di berbagai jenjang pendidikan. Menurut (Zayyinul Mushthofa, 2021), perilaku menyontek tidak hanya merupakan pelanggaran etika, tetapi juga telah menjadi kebiasaan yang mengakar sejak tingkat sekolah dasar hingga perguruan tinggi, tanpa memandang kemampuan akademik maupun jenis kelamin peserta didik. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecurangan bukan semata persoalan individual, melainkan problem sistemik yang memerlukan penanganan secara teknologi.

Eye Tracking

Eye tracking atau pelacakan mata adalah teknologi yang memungkinkan pengukuran dan pencatatan posisi serta gerakan mata secara presisi. Teknologi ini bekerja dengan mendeteksi posisi pupil dan pantulan kornea untuk menentukan arah pandang seseorang terhadap suatu objek atau layar (Yogasara *et al.*, 2023). Dalam konteks pengawasan ujian, eye tracking menjadi solusi yang menjanjikan karena mampu mendeteksi perilaku mencurigakan seperti mengalihkan pandangan ke luar layar, yang tidak dapat terdeteksi oleh sistem pengawasan berbasis orientasi kepala semata.

Computer Vision

Computer vision merupakan cabang kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk menginterpretasikan dan memahami konten visual dari dunia nyata, seperti gambar dan video. Dalam konteks penelitian ini, computer vision digunakan untuk memproses setiap frame video peserta ujian guna mengekstrak informasi perilaku visual secara otomatis dan sistematis (Irfansyah *et al.*, 2025).

MediaPipe Face Mesh

MediaPipe Face Mesh adalah solusi machine learning yang dikembangkan oleh Google untuk mendeteksi 468 titik landmark wajah tiga dimensi secara akurat dan efisien dari sebuah citra atau video. Pustaka ini memanfaatkan arsitektur jaringan saraf tiruan yang telah dilatih pada dataset wajah berskala besar, sehingga mampu beroperasi secara real-time bahkan pada perangkat komputasi dengan spesifikasi terbatas (Effendi and Widyaningrum, 2026).

Fitur Perilaku Visual dalam Deteksi Kecurangan

Ekstraksi fitur perilaku visual merupakan inti dari sistem deteksi kecurangan berbasis eye tracking. Fitur-fitur ini merepresentasikan pola perilaku pandang mata peserta ujian yang dapat menjadi indikator kecurangan. Tabel 1 merangkum fitur-fitur perilaku visual yang digunakan beserta definisi dan threshold deteksinya.

Tabel 1 Fitur Perilaku Visual dalam Sistem Deteksi Kecurangan

Fitur	Definisi	Cara Pengukuran	Threshold Kecurangan
Fiksasi (Fixation)	Kondisi di mana pandangan mata berhenti pada satu titik dalam durasi tertentu	Durasi dan frekuensi pandangan pada zona layar	Fiksasi di luar layar > 3 detik berturut-turut
Sakade (Saccade)	Gerakan cepat bola mata dari satu titik fiksasi ke titik lainnya	Jumlah perubahan arah pandang yang terdeteksi per menit	Frekuensi sakade lateral > 15 kali per sesi
Arah Pandang (Gaze Direction)	Arah vektor pandangan mata terhadap bidang layar komputer	Posisi relatif iris terhadap sudut mata (horizontal)	Pandangan ke kiri atau kanan melampaui threshold rasio 0,25
PERCLOS	Percentage of Eye Closure: rasio waktu kelopak mata dalam kondisi menutup	Rasio frame dengan EAR di bawah nilai threshold terhadap total frame	PERCLOS > 30% mengindikasikan tidak fokus atau mengantuk

Sumber: Diolah dari (Yogasara et al., 2023)

Evaluasi Kinerja Sistem dengan Confusion Matrix

Evaluasi kinerja sistem klasifikasi biner seperti deteksi kecurangan umumnya dilakukan menggunakan confusion matrix, yang merupakan tabel kontingensi yang merangkum hasil prediksi sistem terhadap label aktual (ground truth). Confusion matrix memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kinerja sistem, tidak hanya dari sisi ketepatan prediksi secara keseluruhan, tetapi juga dari kemampuan mendeteksi kecurangan yang sebenarnya dan menghindari kesalahan identifikasi.

METODE PENELITIAN

Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang berbasis pengolahan citra digital dan *computer vision*. Metode ini dipilih karena penelitian tidak hanya menganalisis suatu fenomena, tetapi juga merancang, membangun, dan menguji sebuah sistem yang mengimplementasikan algoritma deteksi kecurangan. Secara teknis, alur kerja penelitian mengikuti pendekatan *waterfall* yang bersifat sekuensial dan terstruktur, di mana setiap tahapan harus diselesaikan sebelum berlanjut ke tahapan berikutnya (Tjahyanti and Gitakarma, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini mengimplementasikan sistem *eye tracking* berbasis *computer vision* untuk mendeteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis komputer. Sistem yang dibangun memanfaatkan pustaka MediaPipe *Face Mesh* untuk mendeteksi lebih dari 468 titik *landmark* wajah tanpa memerlukan perangkat keras khusus, kemudian mengekstraksi fitur perilaku visual berupa

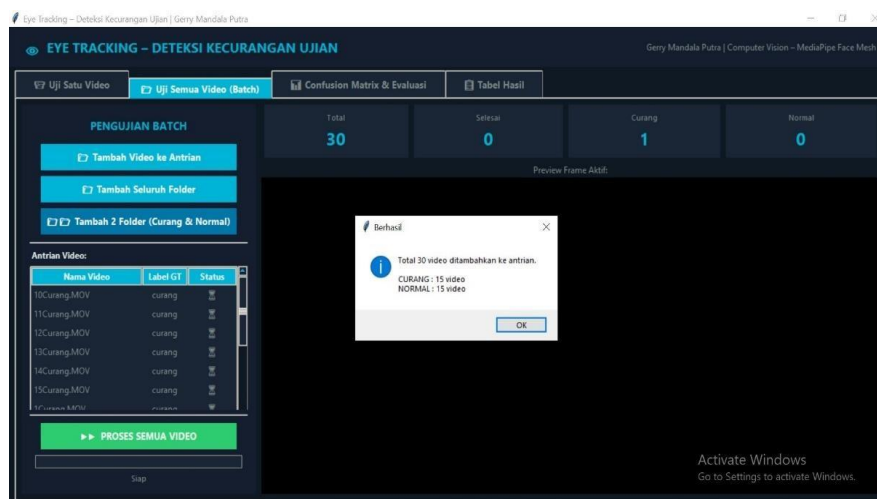
arah pandang (*gaze direction*), durasi gaze ke luar area layar, jumlah sakade, dan nilai PERCLOS (*Percentage of Eye Closure*) dari rekaman video peserta ujian menggunakan OpenCV dan Python melalui antarmuka GUI Tkinter. Deteksi kecurangan dilakukan dengan pendekatan berbasis ambang batas (*rule-based threshold*), tanpa memerlukan proses pelatihan model *machine learning*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai akurasi sebesar 93,33%, presisi sebesar 100%, *recall* (sensitivitas) sebesar 86,67%, *F1-score* sebesar 92,86%, dan spesifisitas sebesar 100%, dengan nilai *True Positive* sebesar 13, *True Negative* sebesar 15, *False Positive* sebesar 0, dan *False Negative* sebesar 2. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai PERCLOS merupakan indikator yang paling dominan dalam proses deteksi kecurangan pada penelitian ini. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan *eye tracking* berbasis ambang batas menawarkan solusi deteksi kecurangan yang ringan, transparan, dan terjangkau dibandingkan pendekatan berbasis perangkat keras khusus atau model *deep learning* yang memerlukan sumber daya komputasi besar.

Proses Uji Keseluruhan

Pengujian massal dilakukan melalui tab "Uji Semua Video (Batch)" dan merupakan skenario utama pada penelitian ini mengingat jumlah dataset uji yang mencapai 30 video. Prosedur pengujian massal dijabarkan sebagai berikut.

Proses pengujian seluruh antrian dijalankan melalui tombol PROSES SEMUA VIDEO. Tombol ini beserta indikator progres (*progress bar*) dan status pemrosesan ditempatkan secara tetap (*fixed*) pada bagian bawah panel kontrol, sehingga senantiasa terlihat oleh pengguna kapan pun, tidak bergantung pada ukuran layar maupun jumlah video pada antrian, dan tidak akan tertutup atau tersembunyi oleh elemen antarmuka lain. Proses pengujian dijalankan pada thread terpisah agar antarmuka aplikasi tetap responsif, dilengkapi pratinjau bingkai (*frame*) video yang sedang diproses secara real-time serta statistik ringkas berupa jumlah total video, video yang telah selesai diproses, dan jumlah prediksi pada masing-masing kelas.

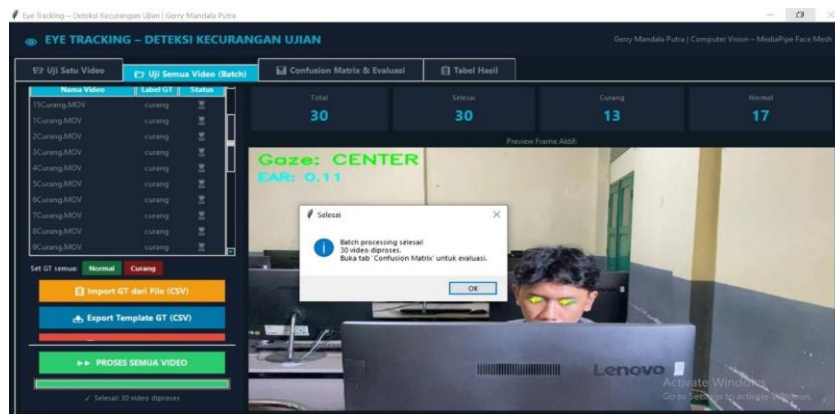
Gambar 1. Proses Uji Keseluruhan



Gambar di atas menunjukkan tampilan antarmuka sistem pada tab "Uji Semua Video (Batch)" setelah pengguna menggunakan fitur "Tambah 2 Folder (Curang & Normal)". Melalui fitur ini, folder video curang dan folder video normal dipilih secara berurutan, sehingga sistem menampilkan kotak dialog konfirmasi "Berhasil" yang menginformasikan bahwa total 30 video telah berhasil ditambahkan ke antrian, terdiri atas 15 video berlabel curang dan 15 video berlabel normal. Setiap video yang masuk ke antrian secara otomatis diberi label ground truth (GT) sesuai dengan folder asalnya tanpa perlu pelabelan manual, sebagaimana terlihat pada tabel "Antrian Video" di sisi kiri yang menampilkan nama video beserta label GT dan status pemrosesan masing-masing

(ditandai ikon jam pasir yang menunjukkan status "menunggu"). Pada bagian atas antarmuka, ditampilkan pula statistik ringkas berupa jumlah total video pada antrian, jumlah video yang telah selesai diproses, serta jumlah video yang terklasifikasi ke dalam kelas curang dan normal. Tombol PROSES SEMUA VIDEO beserta indikator progres ditampilkan secara tetap pada bagian bawah panel kontrol, sehingga senantiasa terlihat oleh pengguna untuk memulai proses pengujian batch terhadap seluruh video yang telah ditambahkan. Berikut proses uji keseluruhan data video :

Gambar 2. Hasil Proses Uji Keseluruhan



Gambar di atas menunjukkan tampilan antarmuka sistem setelah proses pengujian batch terhadap seluruh video pada antrian selesai dijalankan. Kotak dialog "Selesai" muncul sebagai notifikasi yang menginformasikan bahwa batch processing telah selesai memproses 30 video, disertai arahan bagi pengguna untuk membuka tab "Confusion Matrix" guna melihat hasil evaluasi. Pada bagian atas antarmuka, statistik ringkas menunjukkan bahwa dari total 30 video yang diuji, seluruhnya telah selesai diproses (Selesai: 30), dengan rincian 13 video terklasifikasi sebagai curang dan 17 video terklasifikasi sebagai normal. Setelah seluruh data video selesai diproses, sistem secara otomatis menampilkan ringkasan statistik yang merangkum hasil evaluasi keseluruhan dataset. Berikut table hasil pengujian 30 data video:

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	Nama Video	GT	Prediksi	Benar?	Durasi(s)	Gaze Luar(s)	Sakade	PERCLOS %	Alasan Curang
1	10Curang	CURANG	CURANG	✓	10	0	0	34.6	PERCLOS tinggi: 34.6% (threshold: 30%)
2	11Curang	CURANG	CURANG	✓	10.2	0	0	75.9	PERCLOS tinggi: 75.9% (threshold: 30%)
3	12Curang	CURANG	CURANG	✓	11.2	0.1	6	50.9	PERCLOS tinggi: 50.9% (threshold: 30%)
4	13Curang	CURANG	CURANG	✓	10.7	2.45	6	48	PERCLOS tinggi: 48.0% (threshold: 30%)
5	14Curang	CURANG	CURANG	✓	12.9	0	0	66.4	PERCLOS tinggi: 66.4% (threshold: 30%)
6	15Curang	CURANG	CURANG	✓	11.3	0	0	54	PERCLOS tinggi: 54.0% (threshold: 30%)
7	1Curang	CURANG	CURANG	✓	11.6	0	0	48.3	PERCLOS tinggi: 48.3% (threshold: 30%)
8	2Curang	CURANG	CURANG	✓	10.5	0	0	90.3	PERCLOS tinggi: 90.3% (threshold: 30%)
9	3Curang	CURANG	CURANG	✓	10.3	0	0	46.9	PERCLOS tinggi: 46.9% (threshold: 30%)

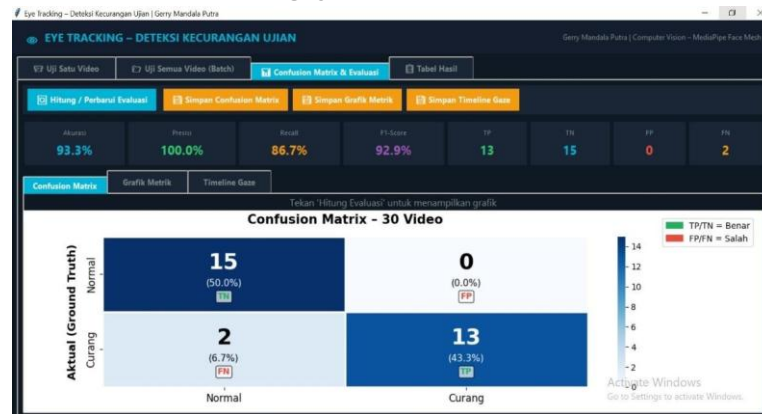
10	4Curang	CURANG	CURANG	✓	10.7	0	0	42	PERCLOS tinggi: 42.0% (threshold: 30%)
11	5Curang	CURANG	CURANG	✓	10	0	0	35	PERCLOS tinggi: 35.0% (threshold: 30%)
12	6Curang	CURANG	NORMAL	✗	10.4	0	0	12.5	-
13	7Curang	CURANG	NORMAL	✗	26	0	0	1.5	-
Frekuensi sakade tinggi: 16 kali (threshold: 15);									
14	8Curang	CURANG	CURANG	✓	10.1	3.1	16	65.7	PERCLOS tinggi: 65.7% (threshold: 30%)
15	9Curang	CURANG	CURANG	✓	11.4	0	0	37.8	PERCLOS tinggi: 37.8% (threshold: 30%)
16	10Normal	NORMAL	NORMAL	✓	11	0	0	6.7	-
17	11Normal	NORMAL	NORMAL	✓	10.6	0	0	25.5	-
18	12Normal	NORMAL	NORMAL	✓	12.3	0.14	4	23.8	-
19	13Normal	NORMAL	NORMAL	✓	10.3	0.03	4	15.4	-
20	14Normal	NORMAL	NORMAL	✓	11.1	0.17	2	13.9	-
21	15Normal	NORMAL	NORMAL	✓	10.3	0	0	0.8	-
22	1Normal	NORMAL	NORMAL	✓	12.5	0	0	6	-
23	2Normal	NORMAL	NORMAL	✓	12.4	0	0	3	-
24	3Normal	NORMAL	NORMAL	✓	26.3	0	0	28.8	-
25	4Normal	NORMAL	NORMAL	✓	12.8	0	0	15.2	-
26	5Normal	NORMAL	NORMAL	✓	9.4	0	0	6.5	-
27	6Normal	NORMAL	NORMAL	✓	10	0	0	8.4	-
28	7Normal	NORMAL	NORMAL	✓	11.1	0	0	7.3	-
29	8Normal	NORMAL	NORMAL	✓	11.6	0	0	0	-
30	9Normal	NORMAL	NORMAL	✓	10.3	0	0	2.7	-

Tabel di atas menyajikan rekapitulasi hasil pengujian keseluruhan terhadap 30 video simulasi ujian pada sheet "Ringkasan Per Video", yang terdiri atas kolom nomor urut, nama video, label ground truth (GT), label prediksi, keterangan kebenaran prediksi, durasi video, durasi gaze ke luar layar, jumlah sakade, nilai PERCLOS, serta alasan deteksi kecurangan. Berdasarkan hasil pengujian, dari 15 video dengan label ground truth curang, sebanyak 13 video (86,7%) berhasil diklasifikasikan dengan tepat sebagai curang oleh sistem, sedangkan 2 video, yaitu "6Curang.MOV" dan "7Curang.MOV", diklasifikasikan secara keliru sebagai normal (false negative) karena nilai PERCLOS keduanya masing-masing hanya sebesar 12,5% dan 1,5%, berada di bawah ambang batas (threshold) 30% yang ditetapkan sebagai indikator kecurangan. Adapun untuk 15 video dengan label ground truth normal, seluruhnya (100%) berhasil diklasifikasikan dengan tepat sebagai normal, tanpa satu pun kesalahan prediksi (false positive). Secara keseluruhan, sistem berhasil mengklasifikasikan 28 dari 30 video secara benar, sehingga diperoleh tingkat akurasi sebesar 93,3%. Alasan deteksi kecurangan yang paling dominan muncul pada video-video yang terklasifikasi sebagai curang adalah nilai PERCLOS yang tinggi, sedangkan pada satu video, yaitu "8Curang.MOV", turut ditemukan indikasi tambahan berupa frekuensi sakade yang tinggi sebanyak 16 kali, melebihi ambang batas 15 kali yang ditetapkan sistem.

Proses Confusion Matrik

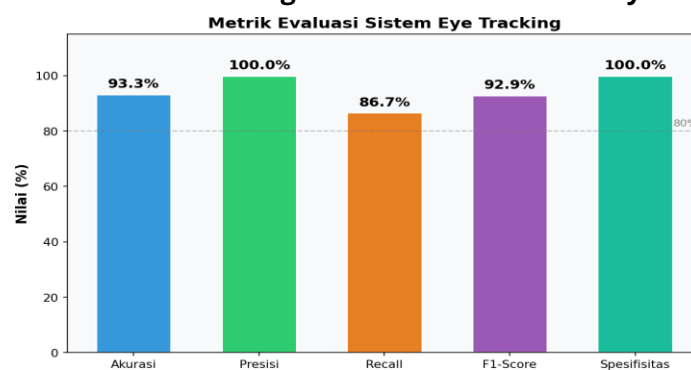
Evaluasi kinerja sistem dilakukan dengan membangun confusion matrix berdasarkan hasil pengujian terhadap 30 video, yang terdiri atas 15 video berlabel ground truth normal dan 15 video berlabel ground truth curang.

Gambar 3 Pengujian Confussion Matrik



Berdasarkan confusion matrix yang dihasilkan, diperoleh nilai True Negative (TN) sebesar 15, False Positive (FP) sebesar 0, False Negative (FN) sebesar 2, dan True Positive (TP) sebesar 13. Nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh video dengan ground truth normal berhasil diklasifikasikan dengan tepat tanpa satu pun yang salah dikenali sebagai curang, sedangkan dari 15 video dengan ground truth curang, sebanyak 13 video berhasil dikenali dengan benar dan 2 video keliru diklasifikasikan sebagai normal. Berdasarkan confusion matrix tersebut, dihitung lima metrik evaluasi, yaitu akurasi sebesar 93,33%, presisi sebesar 100%, recall (sensitivitas) sebesar 86,67%, F1-score sebesar 92,86%, dan spesifisitas sebesar 100%. Nilai presisi dan spesifisitas yang mencapai 100% menunjukkan bahwa sistem tidak menghasilkan kesalahan false positive, artinya setiap video yang diprediksi sebagai curang memang benar-benar merupakan video curang, dan seluruh video normal dikenali dengan tepat tanpa kesalahan. Namun demikian, nilai recall sebesar 86,67% mengindikasikan bahwa masih terdapat sebagian kecil video curang (2 dari 15 video) yang belum berhasil terdeteksi oleh sistem, sehingga tergolong sebagai false negative. Secara keseluruhan, nilai akurasi sebesar 93,33% dan F1-score sebesar 92,86% menunjukkan bahwa sistem eye tracking yang dibangun memiliki kinerja yang baik dalam mendeteksi kecurangan pada simulasi ujian, meskipun masih terdapat ruang perbaikan pada aspek sensitivitas deteksi terhadap video curang tertentu, khususnya yang memiliki nilai PERCLOS dan pola gaze yang berada di bawah ambang batas yang ditetapkan.

Gambar 4 Grafik Batang Metrik Evaluasi Sistem Eye Tracking



Gambar di atas menyajikan visualisasi grafik batang dari lima metrik evaluasi kinerja sistem eye tracking deteksi kecurangan ujian, yaitu akurasi, presisi, recall, F1-score, dan spesifisitas, yang dihitung berdasarkan hasil pengujian terhadap 30 video uji. Grafik menunjukkan nilai akurasi sebesar 93,3%, presisi sebesar 100,0%, recall sebesar 86,7%, F1-score sebesar 92,9%, dan spesifisitas sebesar 100,0%. Garis putus-putus berwarna abu-abu pada nilai 80% berfungsi sebagai garis ambang batas (baseline) untuk memudahkan interpretasi, di mana seluruh metrik yang dihasilkan sistem berada di atas garis tersebut. Nilai presisi dan spesifisitas yang mencapai 100,0% menunjukkan bahwa sistem tidak menghasilkan kesalahan dalam mengenali video normal maupun dalam memastikan ketepatan prediksi kelas curang, sedangkan nilai recall sebesar 86,7% yang berada relatif lebih rendah dibandingkan metrik lainnya mengindikasikan bahwa masih terdapat sebagian video curang yang belum sepenuhnya terdeteksi oleh sistem. Secara keseluruhan, grafik ini memperkuat gambaran bahwa sistem yang dibangun memiliki kinerja yang baik dalam mendeteksi kecurangan pada simulasi ujian berdasarkan analisis gaze direction dan nilai PERCLOS.

Gambar 5. Timeline Arah Pandang (Gaze Direction)



Gambar di atas menampilkan visualisasi timeline arah pandang (gaze direction) untuk sepuluh video pertama berlabel ground truth curang, yaitu "10Curang.MOV" hingga "4Curang.MOV", yang dihasilkan sistem melalui fitur penyimpanan grafik timeline gaze. Setiap baris pada grafik merepresentasikan satu video sepanjang durasinya dalam satuan detik pada sumbu horizontal, dengan warna hijau menunjukkan arah pandangan berada pada posisi tengah (center) atau menghadap layar, sedangkan warna merah menunjukkan arah pandangan mengarah ke samping (kiri, kanan, atas, atau bawah) yang berpotensi menjadi indikasi kecurangan.

Berdasarkan visualisasi tersebut, terlihat bahwa mayoritas video, seperti "10Curang.MOV", "11Curang.MOV", "14Curang.MOV", "15Curang.MOV", "1Curang.MOV", "2Curang.MOV", "3Curang.MOV", dan "4Curang.MOV", didominasi oleh warna hijau secara penuh sepanjang durasi video, yang berarti peserta ujian pada video-video tersebut cenderung terus menatap ke arah layar tanpa pola gaze ke samping yang signifikan. Sementara itu, video "12Curang.MOV" dan "13Curang.MOV" menunjukkan adanya beberapa segmen berwarna merah pada rentang waktu tertentu, khususnya pada video "13Curang.MOV" yang memperlihatkan kelompok garis merah yang cukup rapat pada rentang waktu sekitar detik ke-2,5 hingga ke-3,5, mengindikasikan adanya periode singkat peserta ujian mengalihkan pandangan ke arah samping. Pola ini menunjukkan bahwa pada dataset video curang yang diuji, indikasi kecurangan yang terdeteksi sistem lebih banyak dipengaruhi oleh nilai PERCLOS yang tinggi dibandingkan pola gaze ke luar layar, sebagaimana telah diuraikan pada hasil rekapitulasi per video sebelumnya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem *eye tracking* untuk deteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis *computer vision* yang telah dilakukan terhadap 30 video uji (15 video curang dan 15 video normal), dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem *eye tracking* berbasis MediaPipe Face Mesh berhasil diimplementasikan untuk mendeteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis komputer tanpa memerlukan perangkat keras tambahan yang mahal seperti *eye tracker* khusus. Sistem mampu mengekstraksi lebih dari 468 titik *landmark* wajah secara akurat untuk menganalisis arah pandang, durasi gaze ke luar area layar, jumlah sakade, dan nilai PERCLOS (*Percentage of Eye Closure*) dari rekaman video peserta ujian.
2. Modul pelacakan arah pandang mata (*gaze tracking*) beserta pipeline pemrosesan video secara lengkap mulai dari pra-pemrosesan citra, deteksi wajah, *crop* ROI mata, estimasi gaze, hingga ekstraksi fitur perilaku visual berhasil diintegrasikan ke dalam antarmuka GUI berbasis Tkinter yang terdiri atas empat tab utama, yaitu Uji Satu Video, Uji Semua Video (*Batch*), Confusion Matrix & Evaluasi, dan Tabel Hasil. Fitur pengujian *batch* dilengkapi dengan pelabelan *ground truth* (GT) otomatis berdasarkan folder asal video serta kemampuan menambahkan dua folder video (curang dan normal) sekaligus, sehingga mempercepat proses persiapan pengujian terhadap dataset berjumlah besar
3. Pendekatan deteksi berbasis ambang batas (*rule-based threshold*) dengan parameter PERCLOS di atas 30%, durasi gaze ke luar layar di atas 3 detik, dan frekuensi sakade di atas 15 kali terbukti mampu mengklasifikasikan video simulasi ujian ke dalam kelas normal dan curang dengan kinerja yang baik. Hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* terhadap 30 video menunjukkan nilai True Positive (TP) sebesar 13, True Negative (TN) sebesar 15, False Positive (FP) sebesar 0, dan False Negative (FN) sebesar 2, sehingga diperoleh akurasi sebesar 93,33%, presisi sebesar 100%, *recall* (sensitivitas) sebesar 86,67%, F1-score sebesar 92,86%, dan spesifisitas sebesar 100%.
4. Nilai presisi dan spesifisitas yang mencapai 100% menunjukkan bahwa sistem tidak menghasilkan kesalahan *false positive*, artinya seluruh video normal berhasil dikenali dengan tepat tanpa satu pun yang keliru ditandai sebagai curang. Namun demikian, nilai *recall* sebesar 86,67% menunjukkan masih terdapat 2 dari 15 video curang yang belum berhasil terdeteksi (*false negative*), yang setelah ditelusuri disebabkan oleh nilai PERCLOS pada kedua video tersebut yang berada di bawah ambang batas 30% meskipun video tersebut secara *ground truth* tergolong curang, sehingga nilai PERCLOS terbukti menjadi indikator yang paling dominan dalam proses deteksi kecurangan pada penelitian ini

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut di masa mendatang. Optimasi ambang batas (*threshold*) deteksi, khususnya pada parameter PERCLOS dan frekuensi sakade, perlu dipertimbangkan untuk mengurangi kesalahan *false negative* seperti yang ditemukan pada video 6Curang.MOV dan 7Curang.MOV pada penelitian ini. Pendekatan ambang batas adaptif atau kombinasi dengan metode *machine learning* ringan dapat dieksplorasi sebagai alternatif dari pendekatan *rule-based threshold* yang bersifat statis, agar sistem lebih peka terhadap variasi pola perilaku peserta ujian. Pengembangan sistem ke arah pemrosesan *real-time* melalui masukan kamera langsung (bukan hanya rekaman video) serta integrasi dengan platform ujian berbasis komputer (*Computer Based Test*) secara langsung dapat menjadi arah pengembangan selanjutnya, sehingga sistem dapat berfungsi sebagai alat bantu pengawasan otomatis secara aktif selama pelaksanaan ujian berlangsung, bukan hanya sebagai alat evaluasi pasca ujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amadea, K., Bachtiar, F.A. and Pangestu, G. (2022) "Klasifikasi Pola Pergerakan Bola Mata Menggunakan Metode Multilayer Backpropagation," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(2), pp. 391–400. Available at: <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022925668>.
- Asvin Mahersatillah Suradi, A. et al. (2023) "Sistem Deteksi Kantuk Pengemudi Mobil Berdasarkan Analisis Rasio Mata Menggunakan Computer Vision," *JUKI : Jurnal Komputer dan Informatika*, 2, pp. 222–230. Available at: <https://doi.org/10.53842/juki.v5i2.269>.
- Bakunah, R.A. and Mohammed Baneamoon, S. (2021) "A hybrid technique for intelligent bank security system based on blink gesture recognition," *Journal of Physics: Conference Series*, 1962(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012001>.
- Bimantoro, E., Hidayattullah, M.F. and Afidah, D.I. (2024) "Learning Management System (Lms) Pada Kursus Online Berbasis Deteksi Kecurangan Ujian Menggunakan Model Mediapipe Face Mesh," *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, 8(2), p. 268. Available at: <https://doi.org/10.26798/jiko.v8i2.1167>.
- Birawo, B. and Kasproski, P. (2022) "Review and Evaluation of Eye Movement Event Detection Algorithms," *Sensors*, 22(22). Available at: <https://doi.org/10.3390/s22228810>.
- Dilini, N. et al. (2021) "Cheating Detection in Browser-based Online Exams through Eye Gaze Tracking," *Proceedings of 6th International Conference on Information Technology Research: Digital Resilience and Reinvention, ICITR 2021* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICITR54349.2021.9657277>.
- Hardini, M. et al. (2023) "Image-based Air Quality Prediction using Convolutional Neural Networks and Machine Learning," *APTISI Transactions on Technopreneurship*, 5(1SP), pp. 109–123. Available at: <https://doi.org/10.34306/att.v5i1Sp.337>.
- Hidayati, N. et al. (2023) "Ekstraksi Fitur dengan Color Histogram dan Classifier Random Forest pada Citra Kupu-Kupu diusulkan mengungguli pendekatan segmentasi gambar berbasis deep learning yang citra kupu-kupu dengan menggunakan teknik CNN dan mengevaluasi performansi," *Jami : Jurnal Ahli Muda Indonesia*, 4(2), pp. 148–157. Available at: <https://doi.org/10.46510/jami.v4i2.172>.
- Mawih (2025) "APLIKASI CBT (COMPUTER BASED TEST) PENGARUHNYA TERHADAP INTEGRITAS AKADEMIK SISWA DI MADRASAH ALIYAH RMB," *EDUTECH*, 5(2), pp. 364–374.
- Pangestu, M.P., Wiyono, S. and Afidah, D.I. (2024) "Platform Ujian Online Berbasis Pendeteksi Gerakan Kecurangan Menggunakan Kamera," *Infomatek*, 26(1), pp. 55–62. Available at: <https://doi.org/10.23969/infomatek.v26i1.11208>.

- Pratama, A.J., Kharisma, A.P. and Arwani, I. (2021) "Pengembangan Aplikasi Pendeteksian Kecurangan dalam Ujian Daring menggunakan Konsep Context Aware pada Platform Android," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(5), pp. 1755–1764. Available at: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/8990>.
- Rusmawan, U. *et al.* (2025) "Model Deteksi Kecurangan Ujian Menggunakan Pendekatan SURF-CNN Berdasarkan Data Citra Digital," *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, 8(3), pp. 669–673. Available at: <https://doi.org/10.36085/jsai.v8i3.9383>.
- S. Lamba and N. Sharma (2024) "Deep Learning-Based Multimodal Cheating Detection in Online Proctored Exams," *Journal of Electrical Systems*, 20(3), pp. 7375–7383.
- Yaqub, W., Mohanty, M. and Suleiman, B. (2023) "Proctoring Online Exam Using Eye Tracking," *Proceedings of the International Conference on Security and Cryptography*, 1(Secrypt), pp. 738–745. Available at: <https://doi.org/10.5220/0012120600003555>.
- Yogasara, T. *et al.* (2023) "Analisis Indikator Eye Tracking untuk Mendeteksi Kewaspadaan yang Dipengaruhi Pembatasan Durasi Tidur dan Waktu Pemeriksaan," *Jurnal Teknik Industri*, 18(3), pp. 160–170. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jati.18.3.160-170>.
- Zayyinul Mushthofa, A.R. (2021) "Jurnal Kependidikan : Analisis Perilaku Kecurangan Akademik Siswa dalam Pelaksanaan Ujian di Sekolah Zayyinul Mushthofa *, Ani Rusilowati , Sulhadi , Putut Marwoto , Budi Naini Mindiyarto Pendidikan Fisika S2 , Program Pascasarjana , Universitas Negeri Se," *Jurnal Kependidikan*, 7(2), pp. 446–452. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.33394/jk.v7i2.3302>.
- Zuo, Y., Chai, S.S. and Goh, K.L. (2024) "Cheating Detection in Examinations Using Improved YOLOv8 with Attention Mechanism," *Journal of Computer Science*, 20(12), pp. 1668–1680. Available at: <https://doi.org/10.3844/jcssp.2024.1668.1680>.