

Sistem Deteksi Gerakan Kecurangan UTBK *Real-Time* dengan YOLOv8 dan Optical Flow

Muhammad Naufal Ardiansyah ^{(1)*}, Farrel Zikri Suryahadi ⁽²⁾, Hendrico Edhent Surya Pratama ⁽³⁾, Anggraini Puspita Sari ⁽⁴⁾

Departemen Informatika, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

e-mail : {23081010047,23081010213,23081010070}@student.upnjatim.ac.id,
anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id.

* Penulis korespondensi.

Artikel ini diajukan 15 Juli 2025, direvisi 16 Oktober 2025, diterima 17 Oktober 2025, dan dipublikasikan 25 Januari 2025.

Abstract

Integrity and honesty are fundamental aspects of education, including the implementation of the Computer-Based Written Examination (UTBK). Conventional exam supervision is considered less effective in monitoring participants' behavior due to the limitations in human observation capabilities and consistency. This study develops a real-time cheating-detection system based on camera input by integrating the YOLOv8 algorithm with Farneback optical flow. The YOLOv8 algorithm identifies participants' body poses and activities directly from video footage, while Optical Flow analyzes the direction and motion patterns between frames over time. The system is designed to recognize various suspicious poses such as head-turning, bowing, and cheating-related gestures that indicate potential dishonesty. All detection results are automatically recorded in an SQLite database, complete with timestamps and visual evidence. Experimental results show that the system achieves 94.3% accuracy in detecting suspicious movements. The combination of both methods also helps maintain detection stability when keypoints are not consistently captured in some frames. Additionally, the system is equipped with a graphical user interface (GUI) to facilitate easier monitoring and analysis. These results demonstrate that a pose-and-motion analysis-based approach offers an intelligent and efficient solution for enhancing digital supervision of UTBK examinations.

Keywords: *UTBK Cheating, Motion Detection, Pose Estimation, YOLOv8, Optical Flow*

Abstrak

Integritas dan kejujuran menjadi aspek krusial dalam pendidikan, termasuk pelaksanaan Ujian Tulis Berbasis Komputer (UTBK). Pengawasan ujian secara konvensional dinilai belum optimal dalam memantau perilaku peserta akibat keterbatasan kemampuan dan konsistensi pengamatan manusia. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kecurangan secara real-time berbasis kamera dengan mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dan Optical Flow Farneback. Metode algoritma YOLOv8 dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pose dan aktivitas tubuh peserta secara langsung dari rekaman video, sedangkan Optical Flow digunakan untuk menganalisis arah dan pola pergerakan antar frame secara temporal. Sistem ini dirancang untuk mengenali berbagai pose mencurigakan seperti menoleh, menunduk, dan gerakan mencontek yang mengindikasikan potensi kecurangan. Seluruh hasil deteksi dicatat secara otomatis dalam basis data SQLite dengan informasi waktu dan bukti visual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai akurasi sebesar 94,3% dalam mendeteksi gerakan mencurigakan. Kombinasi kedua metode tersebut juga membantu menjaga stabilitas deteksi saat *keypoint* tidak terbaca secara konsisten pada frame tertentu. Selain itu, sistem dilengkapi antarmuka GUI untuk mendukung kemudahan dalam proses pemantauan dan analisis. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis analisis pose dan gerakan memberikan solusi cerdas dan efisien dalam pengawasan digital UTBK.

Kata Kunci: *Kecurangan UTBK, Deteksi Gerakan, Estimasi Pose, YOLOv8, Optical Flow*



1. PENDAHULUAN

Kejujuran akademik merupakan pilar penting dalam membentuk pendidikan yang berintegritas (Tjahyanti & Gitakarma, 2024). Nilai ini sangat krusial diterapkan dalam berbagai aspek pendidikan, termasuk dalam pelaksanaan Ujian Tulis Berbasis Komputer (UTBK) sebagai metode seleksi masuk perguruan tinggi (Simarmata et al., 2022). Meskipun pelaksanaannya diawasi langsung oleh pengawas di ruang ujian, efektivitas sistem pengawasan konvensional ini masih dipertanyakan (Pangestu et al., 2024). Ketergantungan penuh pada pengamatan manusia membuat pengawasan rentan terhadap faktor kelelahan, kelengahan, dan keterbatasan jangkauan (Thohari et al., 2025; Tjahyanti & Gitakarma, 2024). Pelaksanaan UTBK secara luring justru bisa meningkatkan potensi terjadinya kecurangan, seperti menoleh, mencontek, gerakan menunduk mencurigakan, hingga berkomunikasi dengan peserta lain (Gopane et al., 2024; Iskandar et al., 2024; Karim et al., 2020). Meskipun teknologi terus berkembang, tantangan dalam mendeteksi dan mencegah berbagai gerakan kecurangan tersebut masih menjadi hambatan dalam menjaga integritas dan keadilan seleksi UTBK.

Sistem pengawasan berbasis kamera atau webcam kini umum digunakan dalam pelaksanaan UTBK untuk membantu pengawas memantau aktivitas peserta secara lebih menyeluruh. Pendekatan ini dinilai masih belum optimal jika tidak didukung oleh teknologi cerdas yang mampu mengidentifikasi perilaku mencurigakan secara otomatis (Wicaksono & Yamasari, 2025). Salah satu bentuk inovasi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) melalui integrasi kamera pada komputer ujian (Hadibrata & Rochadiani, 2024a; Sari et al., 2024a). Teknologi ini berpotensi mendeteksi berbagai bentuk kecurangan, seperti gerakan menoleh, keberadaan orang lain dalam frame, serta indikasi gerakan mencontek (Erdem & Karabatak, 2025). Pengembangan sistem berbasis AI menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efektivitas pengawasan, sekaligus menjaga kejujuran dan kredibilitas proses seleksi UTBK secara menyeluruh.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem deteksi kecurangan ujian menggunakan algoritma YOLO. Penelitian pertama memanfaatkan YOLOv8 untuk mendeteksi pose mencurigakan seperti menoleh ke kanan, kiri, dan belakang, dengan akurasi tinggi (*precision* 0.952, *recall* 0.966, dan *mAP50* 0.984) serta mampu berjalan real-time pada 28 FPS, namun masih terbatas pada lingkungan data yang spesifik (Thohari et al., 2025). Penelitian lainnya menggunakan YOLO untuk mendeteksi penggunaan ponsel dan interaksi mencurigakan antar peserta ujian dengan akurasi 85–90% dan kecepatan 25 FPS, meskipun masih ada beberapa kasus kecurangan yang luput terdeteksi, menunjukkan perlunya peningkatan pada aspek *recall* dan generalisasi model (Tjahyanti & Gitakarma, 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan sistem deteksi gerakan, khususnya gerakan kepala, menggunakan metode optical flow. Salah satu penelitian memanfaatkan Lucas-Kanade Optical Flow dan facial landmarks untuk membantu penyandang disabilitas memilih menu tanpa sentuhan, dengan akurasi tinggi (94,6%–98,6%) dan waktu komputasi di bawah 2,5 detik. Optical Flow dipilih karena efisien mendeteksi pergerakan antar frame tanpa tergantung pada ukuran objek (Pratama et al., 2021). Penelitian lain mengembangkan sistem serupa berbasis NVIDIA Jetson Nano untuk pemilihan menu makanan *touchless* guna mengurangi kontak fisik selama pandemi COVID-19. Sistem ini juga menggunakan facial landmarks dan menunjukkan akurasi rata-rata 85,7% serta waktu komputasi cepat (sekitar 0,041 detik), menjadikannya solusi efektif untuk interaksi tanpa sentuhan (Hidayatullah et al., 2022).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan dalam upaya mengembangkan sistem deteksi kecurangan dan deteksi pergerakan, maka bisa diketahui bahwa penggunaan metode *You Only Look Once* (YOLO) terbukti berhasil membuat sistem deteksi gerakan secara *real-time* (Nur et al., 2023). Tidak hanya itu, penggunaan metode *Optical Flow* juga terbukti berhasil dalam mendeteksi sebuah pergerakan. Dengan demikian, integrasi metode YOLOv8 dan Optical Flow dipandang sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini. Kombinasi kedua metode tersebut



berperan dalam mendukung proses pengawasan dengan tujuan meminimalkan potensi kecurangan selama pelaksanaan UTBK.

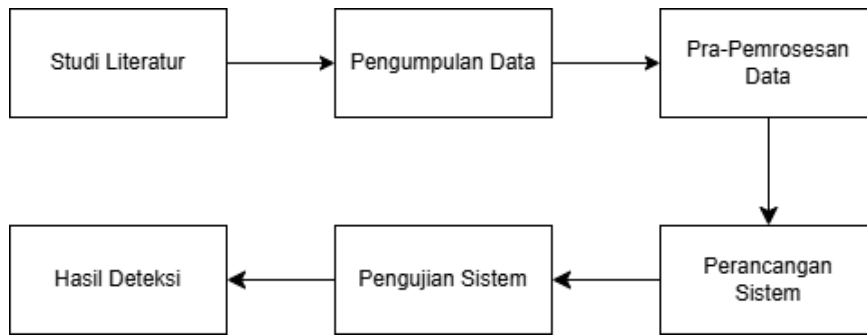
Metode YOLOv8 merupakan model algoritma berbasis deep learning yang dirancang untuk mendeteksi sebuah gerakan atau postur tubuh secara real-time dengan akurasi tinggi pada setiap frame (Bimantoro et al., 2024; Saepudin et al., 2024). Model ini memiliki keunggulan dalam kecepatan pemrosesan serta efisien dalam mengenali berbagai entitas visual, termasuk postur tubuh peserta dan klasifikasi gerakan mencurigakan, sehingga sangat relevan diterapkan dalam sistem pemantauan otomatis. Dalam konteks deteksi pose, YOLOv8 mampu mengidentifikasi titik-titik kunci (*keypoints*) pada tubuh manusia yang merepresentasikan postur atau gerakan spesifik, seperti menoleh, menunduk, hingga sikap kondusif. Peningkatan akurasi dalam analisis arah dan dinamika gerakan dapat dicapai melalui kombinasi YOLOv8 dengan metode Optical Flow. Optical Flow merupakan teknik pemrosesan citra yang menghitung perubahan posisi piksel antar frame secara berurutan, sehingga mampu memetakan arah dan kecepatan gerakan secara lebih halus dan kontinu (Syaharuddin et al., 2023). Integrasi antara kemampuan deteksi spasial dari YOLOv8 dan analisis gerak temporal melalui Optical Flow menciptakan sistem yang lebih komprehensif dan adaptif, khususnya dalam mendeteksi aktivitas tidak wajar dalam konteks pemantauan real-time.

Pada konteks pelaksanaan UTBK, integrasi antara metode YOLOv8 dan Optical Flow menunjukkan tingkat relevansi dan efektivitas yang tinggi dalam mendeteksi gerakan mencurigakan secara real-time. YOLOv8 memiliki kapabilitas untuk mengidentifikasi gerakan peserta serta postur tubuh secara langsung pada setiap frame, sehingga mampu mengenali beragam klasifikasi gerakan yang berpotensi mencurigakan (Zuo et al., 2024). Di sisi lain, Optical Flow berfungsi untuk menganalisis pergerakan peserta antar frame melalui pelacakan perubahan posisi piksel secara kontinu, sehingga menghasilkan informasi yang lebih rinci mengenai arah dan intensitas gerakan (Pratama et al., 2021). Sinergi antara kedua metode ini memungkinkan sistem untuk menangkap dan memahami pola gerakan peserta secara komprehensif, mencakup aspek spasial maupun temporal. Dengan demikian, penerapan gabungan YOLOv8 dan Optical Flow dinilai tepat untuk mendukung sistem pemantauan otomatis yang lebih akurat, efisien, dan objektif dalam konteks pengawasan ujian. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi kecurangan UTBK dengan mengintegrasikan YOLOv8 untuk identifikasi pose gerakan secara real-time, serta Optical Flow untuk menganalisis arah dan intensitas pergerakan peserta. Sistem ini dirancang untuk mengenali perilaku mencurigakan seperti menoleh, menunduk, atau mencontek. Adapun pengembangan sistem deteksi berbasis YOLO dan *Optical Flow* telah digunakan dalam berbagai studi sebelumnya, namun sebagian besar penerapannya masih secara terpisah dan belum spesifik pada konteks pengawasan UTBK. Oleh karena itu, integrasi keduanya dalam penelitian ini menawarkan pendekatan baru yang lebih adaptif dan efektif dalam mendeteksi potensi kecurangan saat ujian berbasis komputer.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menguraikan tahapan-tahapan sistematis untuk merancang dan membangun sebuah sistem cerdas yang mampu mengidentifikasi perilaku tidak wajar selama ujian (Jannah, 2025). Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini mengadopsi pendekatan teknis yang menggabungkan dua algoritma utama, yaitu YOLOv8 dan Optical Flow. Kolaborasi kedua teknologi ini bertujuan untuk menekan angka kecurangan selama UTBK dengan memanfaatkan kemampuan keduanya, sistem yang dikembangkan dapat secara langsung (real-time) menganalisis rekaman video dari kamera untuk memantau pergerakan peserta ujian. Sistem ini juga dirancang untuk dapat mengenali kehadiran individu lain di dalam area pantauan, sambil tetap memprioritaskan peserta ujian sebagai subjek pengawasan utama. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan demi mewujudkan sistem deteksi gerakan kecurangan UTBK yang terdapat pada Gambar 1.





Gambar 1 Alur Kerja Penelitian

2.1 Studi Literatur

Pada penelitian ini dimulai dengan studi literatur mengenai metode deteksi gerakan mencurigakan guna mengurangi kecurangan pada UTBK berbasis deteksi pose. Berdasarkan dari *research* tersebut, penelitian memfokuskan pada gerakan peserta yang diduga mencurigakan melakukan kecurangan pada ujian UTBK. Dalam kasus ini, diperlukan rancangan sistem yang mampu mendeteksi kecurangan tersebut. Beberapa studi literatur yang digunakan yaitu algoritma YOLOv8 (You Only Look Once version 8), algoritma Optical Flow Farneback, dan pengukuran akurasi deteksi gerakan. Beberapa skema literatur telah dikaji dalam penelitian yang membahas deteksi gerakan mencurigakan pada pelaksanaan ujian UTBK.

Algoritma YOLOv8 dipilih karena kemampuannya yang telah teruji dalam bidang Computer Vision, khususnya dalam analisis postur dan deteksi pose tubuh manusia secara real-time. Model ini unggul dalam mengidentifikasi titik-titik kunci tubuh (*keypoints*) dengan presisi tinggi pada setiap frame video, yang memungkinkan sistem mengenali berbagai pola gerakan seperti menoleh, menunduk, atau posisi tubuh lainnya (Bimantoro et al., 2024; Saepudin et al., 2024). Proses deteksi pose pada YOLOv8 mencakup identifikasi koordinat anatomi tubuh berdasarkan anotasi per gambar yang telah dilabeli sebelumnya (Wulandari & Rosandy, 2024). Selain itu, pembagian input gambar dilakukan dalam format grid untuk mempermudah prediksi letak *keypoint* tubuh. Hal ini membuat YOLOv8 pose ideal untuk aplikasi pemantauan aktivitas atau perilaku berdasarkan pergerakan tubuh peserta dalam konteks ujian. Nilai confidence score dalam deteksi pose ditentukan menggunakan Pers. (1), di mana $Pr(Pose)$ merupakan probabilitas gerakan yang terdeteksi, sedangkan IoU merupakan perbandingan antara prediksi model dengan ground truth. Selanjutnya, untuk memperoleh nilai skor objektif, digunakan Pers. (2), sehingga confidence akhir mempertimbangkan probabilitas objek sekaligus kualitas overlap prediksinya.

$$C = Pr(Pose) \times IoU_{predict}^{truth} \quad (1)$$

$$Score_{obj} = c \times p_{obj} \quad (2)$$

Algoritma Optical Flow Farneback digunakan untuk mendeteksi perubahan postur tubuh yang tidak terduga dan berpotensi mencerminkan tindakan curang, seperti gerakan menoleh ke samping, menunduk, atau mencontek (Syaharuddin et al., 2023). Teknik ini bekerja dengan melacak perubahan pola piksel antar dua bingkai gambar (frame) berturut-turut untuk memperkirakan arah dan kecepatan gerakan tubuh. Perhitungan dilakukan berdasarkan pergeseran piksel pada sumbu horizontal (X) dan vertikal (Y), di mana dominasi pergerakan pada sumbu horizontal dapat mengindikasikan gerakan menoleh, sementara pergeseran signifikan ke arah vertikal negatif dapat menunjukkan aktivitas menunduk.

Metode *Optical Flow Farneback* menghitung dua frame secara penuh dengan dua peta vektor yaitu vektor u dan v . Vektor u mewakili garis horizontal dan vektor v mewakili garis vertikal dalam diagram kartesius. Estimasi aliran optik klasik dapat dinyatakan pada Pers. (3), yang



menunjukkan bahwa intensitas piksel dianggap konstan antar frame. Bentuk diferensial dari pendekatan ini dituliskan dalam Pers. (4), sehingga aliran gerakan dapat didekati melalui gradien spasial dan temporal.

$$\text{Metode Klasik} = I(x, y, t) - I(x + u, y + v, t + 1) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Metode Dasar} = \frac{\partial I}{\partial x} u + \frac{\partial I}{\partial y} v + \frac{\partial I}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

Sebagai upaya mendefinisikan gerakan tiba-tiba secara vertikal dan horizontal, diperlukan magnitudo dan arah gerakan sesuai dengan kriteria pergerakan mencurigakan. Besarnya magnitudo dihitung menggunakan Persamaan (5), yang menunjukkan kekuatan pergerakan dalam dua dimensi. Sementara itu, arah gerakan (angle) diperoleh dari Persamaan (6), sehingga dapat dianalisis apakah gerakan peserta cenderung horizontal (menoleh) atau vertikal (menunduk). Jika u lebih besar dari v maka dianggap menoleh, sedangkan jika v lebih besar dari u dianggap menunduk.

$$\text{Magnitude} = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (5)$$

$$\text{Angle} = \tan^{-1} \left(\frac{u}{v} \right) \quad (6)$$

2.2 Pengukuran Akurasi Deteksi

Penilaian kinerja keandalan sistem akan didasarkan pada dua parameter evaluasi utama: presisi (precision) dan perolehan (recall) (Prabowo, 2021). Presisi mengukur tingkat akurasi dari deteksi yang dinyatakan positif; artinya, seberapa banyak dari semua kejadian yang ditandai sebagai pelanggaran oleh sistem yang memang merupakan pelanggaran nyata, dengan perhitungan presisi menggunakan Pers. (7). Di sisi lain, perolehan atau *recall* menunjukkan sensitivitas sistem dalam menemukan semua kasus pelanggaran yang sesungguhnya terjadi, termasuk yang mungkin luput dari deteksi, dihitung menggunakan Persamaan (8). Selain itu, akurasi digunakan sebagai ukuran tambahan untuk melihat seberapa besar proporsi deteksi yang dilakukan sistem sesuai dengan kondisi sebenarnya, baik untuk kasus pelanggaran maupun bukan pelanggaran, dihitung menggunakan Pers. (9). Dengan demikian, kombinasi ketiga metrik ini membantu memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terkait kemampuan sistem dalam mendeteksi pelanggaran secara efektif dan konsisten.

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive (TP)}}{\text{True Positive (TP)} + \text{False Positive (FP)}} \quad (7)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive (TP)}}{\text{True Positive (TP)} + \text{False Negative (FN)}} \quad (8)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (9)$$

2.3 Teknik Pengumpulan Data

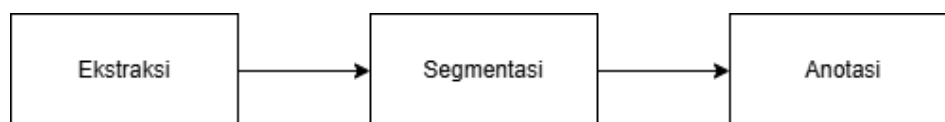
Pengumpulan data pada penelitian ini dikumpulkan data gambar gerakan orang yang diklasifikasikan kedalam beberapa label pose. Subjek eksperimen untuk pengujian data melibatkan sembilan orang partisipan dengan suasana ruang kelas yang sesuai dengan suasana UTBK. Masing-masing partisipan diminta untuk melakukan berbagai jenis aktivitas, baik yang tergolong sebagai perilaku normal maupun mencurigakan, seperti menoleh kanan, kiri, gerakan menunduk, atau mencontek melihat kertas catatan. Terdapat 180 gambar yang diperoleh sebagai data citra aktual, di mana setiap individu direkam dalam lima pose aktivitas yang dilakukan sebanyak dua kali dari dua sudut kamera. Dengan demikian, total citra gambar awal yang



dihasilkan berjumlah 180. Selanjutnya, data citra tersebut dibagi (split) ke dalam tiga subset, yaitu 69% untuk data pelatihan, 19% untuk data validasi, dan 11% untuk data pengujian. Hasil dari pembagian ini menghasilkan 125 citra untuk pelatihan, 35 citra untuk validasi, dan 20 citra untuk pengujian. Untuk meningkatkan keragaman data serta memperkaya kemungkinan variasi kondisi, dilakukan proses augmentasi berupa penyesuaian saturasi, kecerahan, eksposur, penambahan blur, serta noise. Proses augmentasi ini diterapkan pada data pelatihan dengan melipatgandakan jumlah citra sebanyak tiga kali. Dengan demikian, total keseluruhan dataset citra yang diperoleh setelah augmentasi adalah 430 citra, terdiri atas 375 citra pelatihan, 35 citra validasi, dan 20 citra pengujian.

2.4 Pra-Pemrosesan Data

Pemrosesan data dilakukan guna untuk menyediakan gambar agar bisa digunakan sebagai dataset pose estimasi gerakan mencurigakan UTBK. Gerakan tersebut diklasifikasikan dengan labelnya masing-masing. Hal itu mempermudah model YOLOv8 mengenali data yang sudah dikelompokkan berdasarkan labelnya. Pada Gambar 2 menampilkan sejumlah skema pemrosesan data.



Gambar 2 Pre-Processing Data

- 1) Ekstraksi
Pada tahap ini dilakukan proses ekstraksi untuk memperoleh ciri-ciri penting dari data peserta ujian, seperti posisi tubuh dan arah gerakan. Ekstraksi ini berperan penting dalam mengidentifikasi perilaku mencurigakan, seperti menoleh, menunduk, atau mencontek, sehingga sistem mampu mengklasifikasikan tindakan tidak wajar secara tepat. Informasi visual yang dihasilkan merepresentasikan aktivitas peserta secara menyeluruh.
- 2) Segmentasi
Setelah proses ekstraksi, dilakukan segmentasi untuk memisahkan dan mengelompokkan bagian-bagian penting dalam citra, seperti area tubuh yang terdeteksi. Segmentasi dilakukan dengan cara memberikan area box deteksi pada data gambar, sehingga sistem dapat membatasi fokus analisis hanya pada wilayah yang relevan.
- 3) Anotasi
Tahap selanjutnya adalah anotasi, yaitu proses pemberian label pada data gambar untuk menandai bagian-bagian tertentu yang merepresentasikan pose atau gerakan tubuh. Pada proses ini digunakan titik *keypoint* yang diletakkan pada area tubuh seperti kepala, bahu, siku, dan lutut. Titik-titik ini merepresentasikan struktur tubuh peserta dan menjadi acuan dalam pelatihan model untuk mengenali pola gerakan secara akurat.

2.5 Perancangan dan Uji Sistem

Perancangan sistem dimulai dengan estimasi pose berbasis YOLOv8 yang telah dikustomisasi, serta algoritma Optical Flow Farneback. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan dataset khusus yang mengklasifikasikan lima jenis gerakan mencurigakan selama UTBK dengan pelabelan secara manual. Dataset tersebut mencakup 430 citra dengan pembagain 375 gambar pelatihan, 35 gambar validasi, dan 20 gambar pengujian, yang semulanya berjumlah 180 gambar. Langkah perancangan selanjutnya, Optical Flow akan diintegrasikan untuk menangkap arah serta pola pergerakan tubuh secara temporal, di mana hasilnya dipadukan dengan bounding box dari YOLOv8 untuk memperkuat analisis gerakan antar frame. Setiap deteksi pelanggaran pada frame video akan memicu sistem untuk secara otomatis menyimpan bukti visual berupa gambar ke dalam folder *snapshots*.



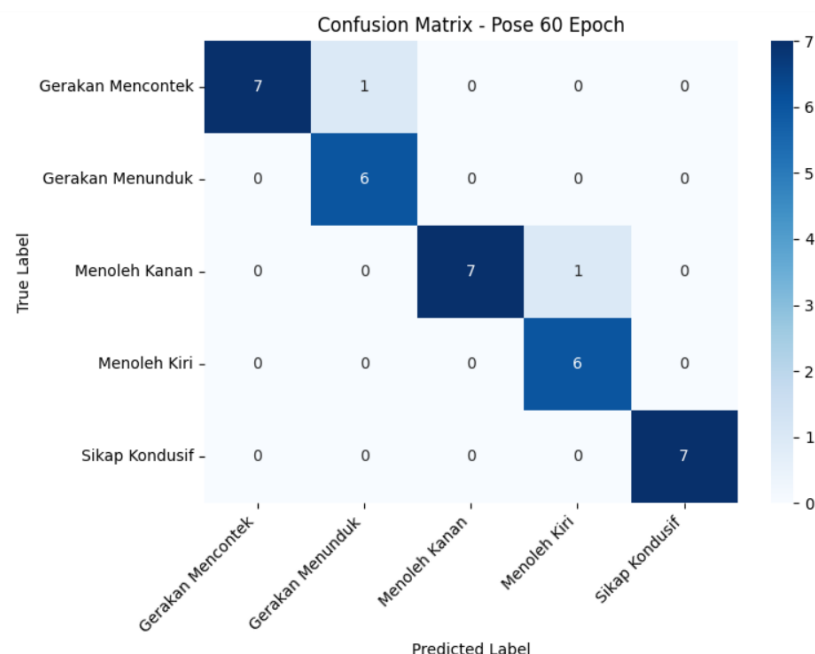
Dokumentasi ini didukung dengan sistem yang berjalan secara real-time menggunakan kamera yang terhubung dengan database lokal SQLite bernama `log_gerakan.db`. Seluruh data deteksi, termasuk jenis gerakan, waktu kejadian, dan identitas peserta, dicatat secara otomatis ke dalam database tersebut. Agar data ini mudah dikelola dan dianalisis, sistem dilengkapi antarmuka berbasis Tkinter yang menampilkan informasi secara terstruktur, status gerakan terkini, serta histogram kejadian. Antarmuka ini juga memungkinkan peninjauan kembali bukti gambar dari folder snapshots dan menyediakan fungsi ekspor data ke format CSV. Uji coba sistem dilakukan dalam skenario pengawasan UTBK untuk memastikan keandalan integrasi model dan akurasi pencatatan data gerakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi data model pose yang dilatih menggunakan YOLOv8 dengan beberapa klasifikasi gerakan disusun dengan anotasi yang sesuai dengan standar *pose estimation*. Kemudian, data dilatih selama 60 dan 120 *epoch* menggunakan file konfigurasi `pose.yaml` yang akan dibuat perbandingan berdasarkan *epoch*. Model `best.pt` digunakan dalam sistem karena menunjukkan performa validasi terbaik dibandingkan model `last.pt`. Hasil pelatihan dievaluasi berdasarkan metrik *precision*, *recall*, dan mean *Average Precision* (mAP). Secara umum, model mampu mengenali pola gerakan dengan baik dan akurat pada data uji, ditunjukkan oleh peningkatan akurasi selama training.

3.1 Evaluasi Skema 60 Epoch

Evaluasi terhadap skema pelatihan selama 60 *epoch* dilakukan untuk menilai peningkatan kinerja model dalam mendeteksi pose gerakan mencurigakan secara lebih optimal. Pengamatan dilakukan terhadap sejumlah matrik evaluasi, seperti akurasi, presisi, *recall*, serta visualisasi hasil pelatihan. Hasil evaluasi disajikan melalui Tabel 1 yang merepresentasikan performa model secara visual dan kuantitatif selama proses pelatihan berlangsung. Selain itu, pada Gambar 3 merupakan confusion matrix yang digunakan sebagai dasar perhitungan classification report dan akurasi seperti pada Tabel 2.



Gambar 3 Confusion Matrix 60 Epoch

Confusion matrix pada Gambar 3 menunjukkan hasil dari setiap gerakan yang berhasil dideteksi secara benar. Pembagian gerakan tersebut didasarkan dataset validasi yang berjumlah 35 data.



Adapun masih ada data gerakan yang gagal dideteksi secara benar, yaitu gerakan menunduk yang diprediksi gerakan mencontek, dan gerakan menoleh kiri yang diprediksi gerakan menoleh kanan.

Dalam menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan sebagian besar pose gerakan dengan benar ditunjukkan pada Tabel 1, dengan dominasi prediksi pada diagonal utama confusion matrix. Gerakan mencontek dan sikap kondusif memiliki akurasi tertinggi, sementara misklasifikasi masih terjadi pada gerakan menunduk yang sering tertukar dengan mencontek. Hal ini diduga akibat kemiripan pose atau terbatasnya data pelatihan.

Untuk menampilkan hasil *precision*, Tabel 2 menyajikan nilai nominal *recall*, dan *F1-score* yang tinggi di hampir seluruh kelas, dengan nilai sempurna 1.00 pada label sikap kondusif. *Recall* pada gerakan menoleh kanan dan gerakan mencontek sedikit menurun, menandakan masih ada deteksi yang terlewat. Secara keseluruhan, model menunjukkan kinerja baik dengan akurasi deteksi mencapai 94,3%.

Tabel 1 Hasil Evaluasi Training Data 60 Epoch

Epoch	Time (sec)	Metrics precision (B)	Metrics recall (B)	Metrics mAP50 (B)	Metrics mAP50-95 (B)
1	177.169	0.23782	0.91429	0.47186	0.38817
2	346.04	0.30361	0.93667	0.51299	0.34844
3	512.557	0.40689	0.78123	0.55974	0.39996
4	679.235	0.40763	0.91274	0.64495	0.52852
5	846.289	0.38554	0.91429	0.55699	0.46893
...
56	9249.51	0.78571	1.0	0.89079	0.78249
57	9444.56	0.79957	0.97143	0.87992	0.77446
58	9645.43	0.83202	0.9588	0.94478	0.83048
59	9828.39	0.8847	0.94286	0.95793	0.84287
60	10014.9	0.89119	0.94286	0.95548	0.84243

Tabel 2 Classification Pose Data 60 Epoch

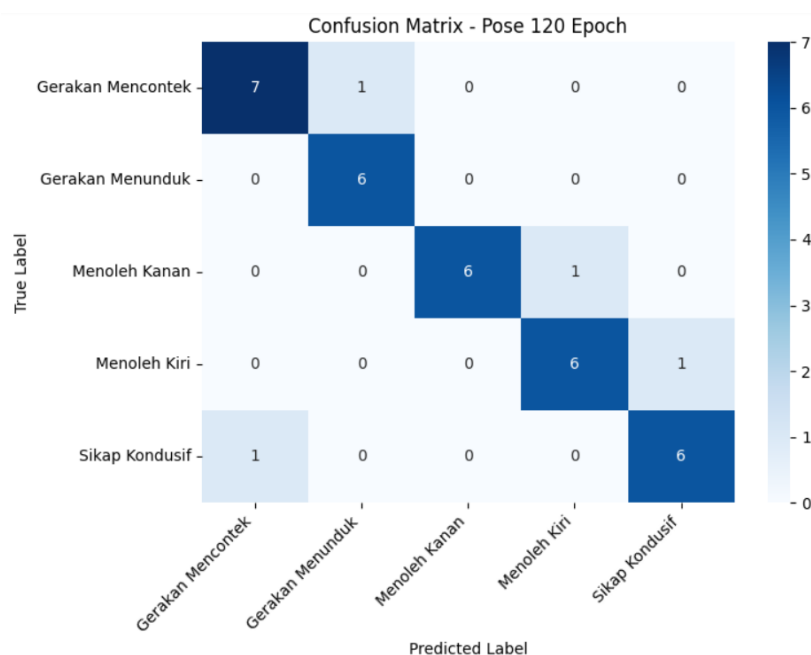
Label	Precision	Recall	F1-Score	Support
Gerakan Mencontek	1.0000	0.8750	0.9333	8
Gerakan Menunduk	0.8571	1.0000	0.9231	6
Menoleh Kanan	1.0000	0.8750	0.9333	8
Menoleh Kiri	0.8571	1.0000	0.9231	6
Sikap Kondusif	1.0000	1.0000	1.0000	7
Total Accuracy	94.2857%			

3.2 Evaluasi Skema 120 Epoch

Evaluasi terhadap skema pelatihan selama 120 *epoch* dilakukan untuk menilai peningkatan kinerja model dalam mendeteksi pose gerakan mencurigakan secara lebih optimal. Pengamatan dilakukan terhadap sejumlah matrik evaluasi, seperti akurasi, presisi, *recall*, serta visualisasi hasil pelatihan. Hasil evaluasi disajikan melalui Tabel 3 yang merepresentasikan performa model secara visual dan kuantitatif selama proses pelatihan berlangsung. Selain itu, pada Gambar 4 merupakan confusion matrix yang digunakan sebagai dasar perhitungan classification report dan akurasi seperti pada Tabel 4.

Dominasi prediksi pada diagonal utama confusion matrix yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa sebagian besar pose gerakan telah berhasil diklasifikasikan secara akurat oleh model. Pembagian gerakan tersebut didasarkan dataset validasi yang berjumlah 35 data. Adapun ada sedikit data gerakan yang membuat model bingung memprediksi citra, namun sebagian besar sudah memprediksi gerakan yang benar.





Gambar 4 Confusion Matrix 120 Epoch

Tabel 3 Hasil Evaluasi Training Data 120 Epoch

Epoch	Time (sec)	Metrics precision (B)	Metrics recall (B)	Metrics mAP50 (B)	Metrics mAP50-95 (B)
1	224.29	0.96362	0.92296	0.995	0.86753
2	445.496	0.9058	0.88609	0.90438	0.76477
3	695.599	0.87542	0.91436	0.94132	0.83025
4	929.614	0.93802	0.94286	0.9796	0.84603
5	1160.06	0.93577	0.9452	0.9915	0.87366
...
116	55368.8	0.94953	0.9417	0.9915	0.9073
117	56461.6	0.94227	0.94477	0.9915	0.90312
118	56732.7	0.94123	0.94332	0.9915	0.90608
119	56997.1	0.93437	0.93772	0.9915	0.90623
120	57298.6	0.93945	0.93946	0.9915	0.90322

Tabel 4 Classification Pose Data 120 Epoch

Label	Precision	Recall	F1-Score	Support
Gerakan Mencontek	0.8750	0.8750	0.8750	8
Gerakan Menunduk	0.8571	1.0000	0.9231	6
Menoleh Kanan	1.0000	0.8571	0.9231	7
Menoleh Kiri	0.8571	0.8571	0.8571	7
Sikap Kondusif	0.8571	0.8571	0.8571	7
Total Accuracy	88.5714%			

Hal ini turut diperkuat oleh data pada Tabel 3 yang memperlihatkan tingkat akurasi klasifikasi yang tinggi untuk sebagian besar kategori gerakan. Gerakan mencontek dan menunduk memiliki jumlah klasifikasi benar tertinggi, sementara misklasifikasi masih terjadi pada gerakan menoleh kiri yang sering tertukar dengan menoleh kanan, kemungkinan karena kemiripan pose atau keterbatasan data. Selain itu, sudah mulai terlihat beberapa perbedaan dari 60 *epoch* yang ditandai dengan mulai meningkatnya *precision*, mAP50, dan mAP50-95. Di samping peningkatan tersebut, durasi pelatihan data juga memerlukan waktu yang cukup lama.



Klasifikasi pose pada Tabel 4 menampilkan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang cukup tinggi, di mana gerakan menunduk mencapai *recall* sempurna sebesar 1.00. Beberapa label lain mengalami sedikit penurunan *recall*, mengindikasikan masih adanya deteksi yang terlewat. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa baik dengan akurasi deteksi mencapai 88,6%.

3.3 Perbandingan Skema Pelatihan

Penelitian ini melakukan pengujian skema dengan berdasarkan split *epoch* untuk melatih dataset estimasi gerakan kecurangan UTBK. Skema split pelatihan pertama menggunakan 60 *epoch*, sementara skema split pelatihan kedua menggunakan 120 *epoch*. Perbandingan ini dimaksudkan untuk mengevaluasi sejauh mana jumlah *epoch* memengaruhi performa model dalam mendeteksi gerakan secara akurat. Tabel 5 menyajikan perbandingan hasil dari kedua skema tersebut, yang menunjukkan perbedaan performa model berdasarkan skema split pelatihan yang digunakan.

Perolehan pada Tabel 5 menunjukkan skema pelatihan 60 *epoch* memiliki tingkat keakuratan sebesar 94.3%. Sedangkan, skema pelatihan 120 *epoch* hanya memiliki tingkat keakuratan sebesar 88.6%. Apabila melihat hasil skema paling unggul dalam hal akurasi, skema pelatihan 60 *epoch* yang terpilih sebagai metode pelatihan data terbaik penelitian ini.

Tabel 5 Perbandingan Pelatihan Berdasarkan Epoch

Skema Split (Epoch)	Akurasi (%)
60	94.2857
120	88.5714

3.4 Kinerja Hasil Deteksi 60 Epoch

Perolehan hasil deteksi diperoleh dari model yang telah dilatih selama 60 *epoch*. Sebagai ilustrasi kemampuan klasifikasi gerakan tersebut, ditampilkan beberapa contoh citra yang memperlihatkan hasil prediksi model. Setiap citra dilengkapi dengan label ground truth serta prediksi yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Visualisasi Hasil Deteksi Aktual dan Prediksi

Hasil deteksi pada Gambar 5 menampilkan representasi visual dari hasil klasifikasi gerakan oleh model, di mana setiap citra disertai label aktual dan prediksi. Sistem ini menerapkan pewarnaan



kode untuk membedakan hasil klasifikasi: warna hijau menunjukkan kecocokan antara label aktual dan prediksi (klasifikasi benar), sementara warna merah menunjukkan kesalahan klasifikasi. Dari enam citra yang ditampilkan, lima berhasil diklasifikasikan dengan tepat dan satu mengalami misklasifikasi. Sehingga, hal tersebut memberikan wawasan dalam analisis kesalahan serta mengidentifikasi karakteristik citra yang menyulitkan bagi model.

3.5 Hasil Sistem Deteksi

Penggunaan metode YOLOv8 dan aliran optik pada sistem deteksi ini dipandang sudah sesuai dengan tujuan untuk mendeteksi gerakan mencurigakan yang bisa menimbulkan kecurangan pada UTBK. Pernyataan ini didukung dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan kedua metode tersebut untuk suatu sistem deteksi. Meskipun, kurang banyaknya penelitian secara langsung yang menggabungkan YOLOv8 dan juga Optical Flow, tetapi kedua metode bisa memberikan kegunaan yang saling menyempurnakan suatu sistem deteksi.

Keselaran kedua metode ini telah dibuktikan oleh penelitian Chavan et al. (2024), yang mengevaluasi kombinasi YOLO dan Optical Flow Farneback untuk deteksi objek bergerak dan melaporkan skor F1 sebesar 90,50% dengan waktu rata-rata 0,025 detik per bingkai. Selain itu, penerapan ROI berbasis kotak deteksi YOLO mampu menekan positif palsu dan meningkatkan efisiensi komputasi, sehingga metode gabungan ini lebih adaptif dan akurat dibandingkan pemindaian bingkai secara keseluruhan. Lebih lanjut, penerapan ROI berbasis kotak deteksi YOLO mampu menekan tingkat positif palsu serta meningkatkan efisiensi komputasi. Fokus wilayah relevan ini membuat metode gabungan dinilai lebih adaptif dan akurat dibandingkan pendekatan yang hanya memindai keseluruhan bingkai secara independen. Hasil eksperimen juga menunjukkan bahwa metode kombinasi ini bisa mendeteksi dengan presisi tinggi.

Berdasarkan hasil perbandingan antar-epoch, diperoleh perbedaan tingkat akurasi yang signifikan. Peningkatan jumlah *epoch* tidak selalu berbanding lurus dengan kenaikan akurasi atau metrik evaluasi. Kondisi ini disebabkan oleh terjadinya *overfitting*, di mana model terlalu menyesuaikan diri dengan data latih sehingga performa pada data validasi maupun data uji menurun. Pada *epoch* ke-60, model diduga telah mencapai titik optimal dalam menyeimbangkan kesesuaian terhadap data latih dan kemampuan generalisasi terhadap data validasi.

Pengintegrasian algoritma YOLOv8 dan Optical Flow dalam sistem deteksi menunjukkan kinerja yang baik dalam mengidentifikasi gerakan mencurigakan selama pelaksanaan UTBK. Model YOLOv8 memberikan kontribusi signifikan dalam mengenali pose gerakan peserta, dengan tingkat akurasi 94,3% dan *confidence* 0,75 yang dinilai cukup tinggi. Kemampuannya dalam mendeteksi pose secara real-time menjadikannya efektif dalam pengamatan gerakan.

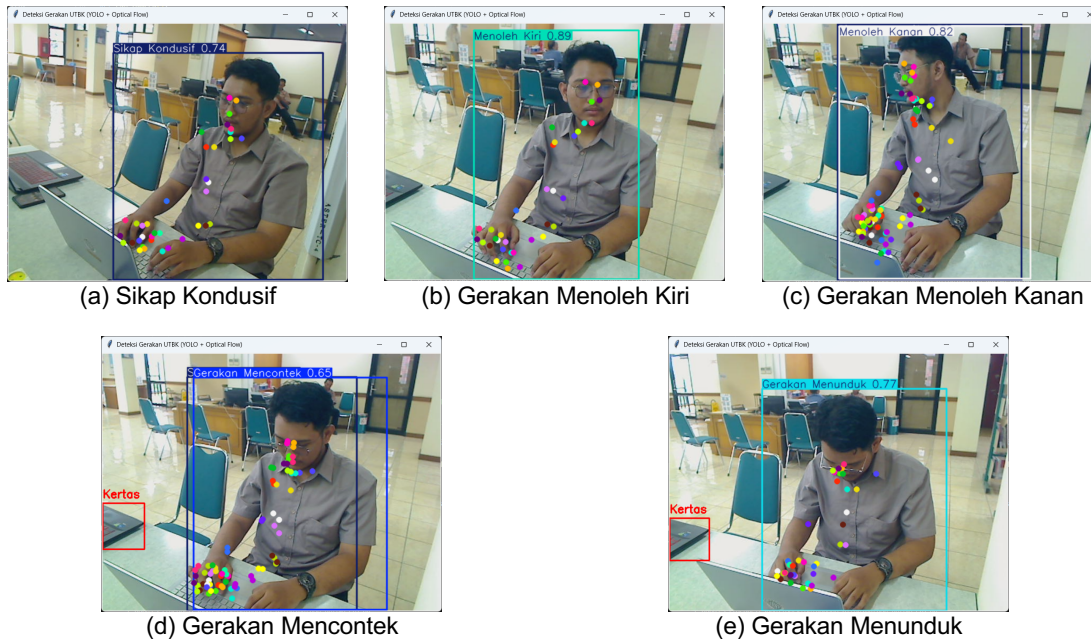
Dalam model ini, algoritma Optical Flow berperan dalam menjaga kontinuitas interpretasi gerakan, khususnya ketika *keypoint* dari YOLOv8 bisa saja mengalami ketidakstabilan antar frame akibat gangguan pencahayaan atau gerakan yang terlalu cepat. Optical Flow membantu mengatasi kekosongan data yang muncul akibat hilangnya deteksi *keypoint*, sehingga menghasilkan analisis gerakan yang lebih konsisten. Hasil integrasi kedua metode ini dapat ditinjau pada Gambar 6.

Hasil deteksi gerakan pada Gambar 6 memperlihatkan beberapa hasil keluaran sistem deteksi yang menampilkan jenis gerakan beserta tingkat *confidence*-nya. Pada Gambar opsi (a), sistem mendeteksi gerakan kondusif dengan tingkat *confidence* sebesar 0,74, yang dianggap sebagai gerakan normal (default) dan tidak dicatat sebagai perilaku mencurigakan. Adapun gerakan yang diklasifikasikan sebagai indikasi kecurangan mencakup aktivitas mencontek, menoleh ke kanan, menoleh ke kiri, dan menunduk. Gerakan-gerakan tersebut secara otomatis direkam dan disimpan dalam log aktivitas.

Secara keseluruhan, integrasi antara algoritma YOLOv8 dan Optical Flow mampu menghasilkan performa deteksi yang baik dalam mengidentifikasi pose gerakan mencurigakan. Metode ini menggabungkan deteksi visual statis dan analisis gerakan dinamis, yang secara eksperimental



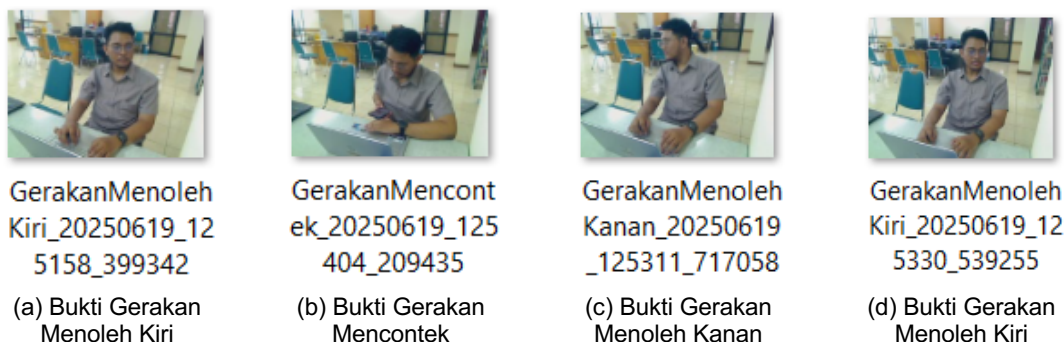
terbukti meningkatkan akurasi dibandingkan penggunaan YOLO atau Optical Flow secara terpisah. Pada Gambar 6, ditunjukkan *keypoint* berwarna yang merepresentasikan hasil Optical Flow dalam menjaga stabilitas deteksi pada area tertentu, sehingga dapat mendukung YOLOv8 dalam mengurangi ketidakstabilan antar-frame.



Gambar 6 Hasil Deteksi Gerakan

3.6 Sistem Logging dan Basis Data SQLite

Setiap kali sistem mendeteksi aktivitas mencurigakan, seperti gerakan tidak wajar. Informasi deteksi gerakan tersebut secara otomatis tercatat ke dalam basis data lokal SQLite. Pencatatan dilakukan melalui fungsi `log_gerakan()`, yang dipanggil setelah proses penyimpanan gambar dengan `cv2.imwrite()`. Fungsi ini merekam waktu kejadian, identitas peserta (secara default tercatat sebagai "Peserta"), jenis pelanggaran yang terdeteksi, serta jalur file dari gambar tangkapan (snapshot) yang diambil. Adapun contoh isi log dari folder snapshots terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7 Isi Log Folder Snapshots

Data hasil logging dapat diakses melalui antarmuka pengguna grafis (GUI) dan diekspor dalam format CSV untuk keperluan evaluasi dan dokumentasi. Contoh hasil pencatatan dapat dilihat pada Gambar 7, yang menunjukkan struktur data dalam file `log_gerakan.db` sebagai arsip digital pelanggaran yang tersimpan secara sistematis. Gambar dan hasil pelanggaran dapat ditinjau



kembali dengan melakukan *double-click* pada pelanggaran yang ingin ditinjau kembali. Dengan begitu pemantauan terhadap deteksi gerakan saat UTBK mudah terawasi karena adanya bukti log snapshots.

3.7 Pencatatan Otomatis dan Visualisasi

Pencatatan juga menjadi poin tambahan dalam memonitoring para peserta terhadap segala kecurigaan aktivitas saat UTBK. Selain mencatat data ke dalam basis data, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur visualisasi interaktif melalui dashboard GUI yang dikembangkan menggunakan pustaka Tkinter. Salah satu fitur utama adalah tampilan tabel log gerakan yang memungkinkan pengguna mengakses bukti visual secara langsung. Cukup dengan melakukan *double-click* pada entri tertentu di kolom gambar, sistem akan secara otomatis membuka file citra yang terkait dengan kejadian tersebut.

Tampilan dashboard GUI yang menunjukkan informasi hasil log gerakan bisa dilihat pada Tabel 6. Fitur ini sangat membantu dalam proses verifikasi visual oleh pengawas atau administrator ujian, karena memungkinkan pemeriksaan langsung terhadap kondisi peserta pada saat pelanggaran terjadi tanpa perlu mencari file secara manual di direktori penyimpanan. Dengan demikian, proses identifikasi dan evaluasi pelanggaran menjadi lebih efisien, cepat, dan akurat. Apabila ingin melihat ilustrasi antarmuka kita bisa melakukan *double-click*, misal pada kolom ID nomor 118 Tabel 6, sistem akan secara otomatis membuka file citra opsi (c) yang ada pada Gambar 7.

Tabel 6 Dashboard GUI Gerakan UTBK

ID	Waktu	Peserta	Jenis Gerakan	Gambar
117	2025-06-19 12:53:15	Peserta	Gerakan Menoleh Kiri	snapshots\GerakanMenolehKiri_20250619_125308_580150
116	2025-06-19 12:53:21	Peserta	Gerakan Menoleh Kiri	snapshots\GerakanMenolehKiri_20250619_125309_242193
117	2025-06-19 12:53:25	Peserta	Gerakan Menoleh Kiri	snapshots\GerakanMenolehKiri_20250619_125310_615292
118	2025-06-19 12:53:30	Peserta	Gerakan Menoleh Kiri	snapshots\GerakanMenolehKiri_20250619_125311_717058
...
137	2025-06-19 12:54:35	Peserta	Gerakan ... Menoleh Kanan	snapshots\GerakanMenolehKanan_20250619_125330_539255

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang sistem deteksi gerakan mencurigakan yang berpotensi menjadi indikasi kecurangan saat UTBK berbasis kamera, dengan mengintegrasikan YOLOv8 untuk estimasi pose gerakan dan algoritma Optical Flow untuk analisis arah pergerakan *keypoint* secara real-time. Sistem ini dikembangkan melalui percobaan dengan perbandingan jumlah *epoch* 60 dan 120 untuk mengevaluasi performa model, serta dirancang untuk meningkatkan efektivitas pengawasan ujian berbasis komputer yang sebelumnya masih bergantung pada pemantauan manual. Berdasarkan hasil pengujian, pelatihan dengan 60 *epoch* terbukti mampu mendeteksi gerakan mencurigakan dengan akurasi mencapai 94,3%. Setiap pelanggaran yang teridentifikasi akan tercatat secara otomatis dalam basis data lokal (SQLite), dilengkapi dengan waktu kejadian, identitas peserta, jenis gerakan, dan bukti visual. Secara keseluruhan, integrasi antara deteksi pose dan analisis gerakan menghasilkan sistem pemantauan yang andal dan efisien untuk mendukung pelaksanaan ujian secara digital.

Hasil yang telah dicapai menunjukkan kinerja sistem yang andal, namun pengembangan di masa mendatang perlu diarahkan pada peningkatan kapabilitas dalam mendeteksi pose gerakan mencurigakan, mengingat performa saat ini masih memiliki ruang untuk perbaikan. Distribusi data validasi dan pengujian yang relatif terbatas juga perlu diperluas guna meningkatkan kemampuan



generalisasi model terhadap berbagai skenario. Selain itu, optimalisasi metode Optical Flow dengan memperkuat integrasinya bersama hasil deteksi pose dari YOLOv8 diharapkan dapat menghasilkan analisis gerakan yang lebih detail dan berkesinambungan. Dengan pengembangan tersebut, sistem diproyeksikan mampu memberikan deteksi yang lebih akurat, adaptif, dan responsif terhadap berbagai bentuk pelanggaran selama ujian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bimantoro, F., Wijaya, I. G. P. S., & Aohana, M. R. (2024). Pendeteksian Kecurangan Ujian Melalui CCTV Menggunakan Algoritma YOLOv5. *Seminar Nasional Teknologi & Sains*, 3(1), 109–117. <https://doi.org/10.29407/stains.v3i1.4360>
- Chavan, R., Gulge, A., & Bhandare, S. (2024). Moving Object Detection and Classification Using Deep Learning Techniques. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 45(1), 1001–4055. <https://www.propulsiontechjournal.com/index.php/journal/article/view/5000>
- Erdem, B., & Karabatak, M. (2025). Cheating Detection in Online Exams Using Deep Learning and Machine Learning. *Applied Sciences*, 15(1), Article ID: 400. <https://doi.org/10.3390/app15010400>
- Gopane, S., Kotecha, R., Obhan, J., & Pandey, R. K. (2024). Cheat Detection in Online Examinations Using Artificial Intelligence. *ASEAN Engineering Journal*, 14(1), 121–128. <https://doi.org/10.11113/aej.v14.20188>
- Hadibrata, L., & Rochadiani, T. H. (2024). Deteksi Potensi Menyontek Menggunakan Feedforward Neural Network pada Ujian Daring. *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, 7(2), 92–100. <https://doi.org/10.31598/sintechjournal.v7i2.1585>
- Hidayatullah, D., Ardiansah, T., & Styawati, S. (2022). Sistem Informasi Reservasi Pelayanan dan Penyewaan Fasilitas Lapangan Futsal Berbasis Web dengan Metode Waterfall. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI)*, 3(3), 64–68. <https://doi.org/10.33365/jtsi.v3i3.1994>
- Iskandar, A. P., Thohir, M. I., Kharisma, I. L., Kamdan, & Fergina, A. (2024). Implementasi Deteksi Langsung pada Sistem Ujian Online Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 5(2), 483–492. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v5i2.7270>
- Jannah, M. (2025). Pendekatan Penelitian Pendidikan Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi. *Shofiya: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(1), 23–40. <https://nuruledukasi.com/index.php/shofiya>
- Karim, I. N., Kadir, D. A., & Ali, F. (2020). Development of Detection System on Suspicious Behaviour During Exam. *Journal of Computing Technologies and Creative Content*, 5(2), 75–81. <https://www.jtec.org.my/index.php/JTeC/article/view/434>
- Nur, T., Huzaeni, H., & Khadafi, M. (2023). Implementasi Metode Object Detection dengan Algoritma You Only Look Once (YOLO) untuk Deteksi Kecurangan di dalam Ruang Ujian. *Jurnal Teknologi Rekayasa Informasi dan Komputer*, 6(1), 28–33. <https://doi.org/10.30811/jtrik.v6i1.4699>
- Pangestu, M. P., Wiyono, S., & Afidah, D. I. (2024). Platform Ujian Online Berbasis Pendeteksian Gerakan Kecurangan Menggunakan Kamera. *Infomatek*, 26(1), 55–62. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v26i1.11208>
- Prabowo, T. T. (2021). Efektivitas Sistem Temu Kembali Informasi Perpustakaan Digital Institut Seni Indonesia (ISI) Yogyakarta dalam Tinjauan Recall dan Precision. *Media Pustakawan*, 28(1), 37–48. <https://doi.org/10.37014/medpus.v28i1.1087>
- Pratama, K. A., Subagio, R. T., Hatta, M., & Asih, V. (2021). Implementasi Load Balancing pada Web Server Menggunakan Apache dengan Server Mirror Data Secara Real Time. *Jurnal Digit*, 11(2), 178. <https://doi.org/10.51920/jd.v11i2.203>
- Saepudin, S., Sujana, N., Mutoffar, M. M., & Haryanto, A. A. (2024). Analisis Kinerja YOLOv8 Optimalisasi Roboflow untuk Deteksi Ekspresi Wajah Emosional dengan Machine Learning. *Naratif: Jurnal Nasional Riset, Aplikasi dan Teknik Informatika*, 6(2), 115–124. <https://doi.org/10.53580/naratif.v6i2.292>
- Sari, A. P., Haromainy, M. M. Al, & Purnomo, R. (2024). Implementasi Metode Rapid Application Development pada Aplikasi Sistem Informasi Monitoring Santri Berbasis Website. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(1), 316–325. <https://doi.org/10.51454/decode.v4i1.348>



- Simarmata, J. E., Laja, Y. P. W., Salsinha, C. N., Kehi, Y. J., Laki, A. G., Gomes, M. R., Asa, J. M. P., Bano, E. N., Muanley, Y. Y., & Meti, H. Y. (2022). Pelatihan Tes Kemampuan Akademik Bagi Siswa SMA Kelas XII untuk Persiapan UTBK SBMPTN 2022. *Jurnal Abdi Insani*, 9(2), 471–479. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v9i2.557>
- Syahrudin, A. Z., Endang, A. H., & Alfarizi, D. A. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Aktivitas Pelanggan Berbasis Citra Menggunakan Optical Flow. *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, 4(2), 126–131. <https://doi.org/10.59562/jessi.v4i2.699>
- Thohari, A. N. A., Lathief, M. F., Triyono, L., & Santoso, K. (2025). Deteksi Kecurangan Ujian pada Ruangan Tertutup Menggunakan Algoritma YOLOv8. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, 4(2), 61–71. <https://doi.org/10.55537/cosie.v4i2.1100>
- Tjahyanti, L. P. A. S., & Gitakarma, M. S. (2024). Sistem Pendeteksi Kecurangan Ujian Menggunakan YOLO: Identifikasi Penggunaan Ponsel dan Interaksi Mencurigakan. *KOMTEKS*, 3(2), 25–32. <https://doi.org/10.37637/komteks.v3i2.2293>
- Wicaksono, F. B., & Yamasari, Y. (2025). Pengembangan Model Pengawas Ujian Berbasis Kecerdasan Buatan untuk Ujian Online. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 6(03), 882–890. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v6n03.p882-890>
- Wulandari, Y. T., & Rosandy, T. (2024). Implementasi Computer Vision dalam Sistem Deteksi Gerakan Disiplin Kampus. *Jurnal Teknik*, 18(2), 343–354. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.11139336>
- Zuo, Y., Chai, S. S., & Goh, K. L. (2024). Cheating Detection in Examinations Using Improved YOLOv8 with Attention Mechanism. *Journal of Computer Science*, 20(12), 1668–1680. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2024.1668.1680>

