TSAQOFAH
Jurnal Penelitian Guru Indonesia

p-ISSN: 2810-0395
e-ISSN: 2810-0042

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v5i6.7514

SMART FOCUS DETECTION: *EARLY WARNING SYSTEM* MEMANTAU TINGKAT KONSENTRASI SISWA DENGAN *BEHAVIOR RECOGNITION*

Smart Focus Detection: Early Warning System for Monitoring Student Concentration Levels Using Behavior Recognition

Fadjar Dwitama Ginting, Resmidarni, Agariadne Dwinggo Samala, Rizkayeni Marta
Universitas Negeri Padang
fajardwitama03@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Aug 19, 2025	Sep 12, 2025	Sep 24, 2025	Sep 29, 2025

Abstract

This study originates from the need for a real-time student concentration monitoring system in response to challenges in maintaining learner engagement during the instructional process. The aim of the research is to develop *Smart Focus Detection*, an early warning system based on deep learning and computer vision designed to automatically detect students' focus levels. The system was developed using a modern client–server architecture integrating the YOLOv8 behavior detection model, a FastAPI-based backend service, and a Vue.js-based user interface dashboard. Development followed the Agile methodology through the stages of planning, design, implementation, and testing. The YOLOv8 model was trained using public datasets from Kaggle and Roboflow, with data preprocessing and augmentation techniques applied, and evaluated using metrics including Precision, Recall, F1 Score, and Mean Average Precision (mAP). Results show that the model achieved an mAP@0.5 score of 85%, indicating high

Tsaqofah journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

accuracy in detecting both focused and unfocused student behaviors. Limited trials in classroom settings demonstrated that the system's interactive dashboard effectively displays data through live monitoring features, statistical visualizations, and automated notifications. The study concludes that *Smart Focus Detection* holds strong potential as a proactive pedagogical assistant, enabling teachers to conduct timely interventions to enhance student engagement and learning effectiveness. The findings imply promising opportunities for leveraging artificial intelligence in the development of data-driven adaptive learning systems.
Keywords: Smart Focus Detection; Early Warning System; YOLOv8; Deep Learning; Student Concentration.

Abstrak: Penelitian ini bertolak dari kebutuhan akan sistem pemantauan konsentrasi siswa secara real-time sebagai respons terhadap tantangan dalam menjaga keterlibatan peserta didik selama proses pembelajaran. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan *Smart Focus Detection*, sebuah sistem *early warning* berbasis *deep learning* dan *computer vision* untuk mendeteksi tingkat fokus siswa secara otomatis. Sistem dikembangkan dengan arsitektur *client–server* modern yang mengintegrasikan model deteksi perilaku YOLOv8, layanan *backend* FastAPI, dan *dashboard* antarmuka berbasis Vue.js. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode Agile, melalui tahapan perencanaan, perancangan, implementasi, dan pengujian. Model YOLOv8 dilatih menggunakan dataset publik dari Kaggle dan Roboflow, dengan penerapan teknik *preprocessing* dan *augmentasi data*, serta dievaluasi menggunakan metrik *Precision*, *Recall*, *F1 Score*, dan *Mean Average Precision* (mAP). Hasil menunjukkan bahwa model mampu mencapai nilai mAP@0.5 sebesar 85%, yang mencerminkan tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi perilaku fokus maupun tidak fokus siswa. Uji coba terbatas di lingkungan kelas juga menunjukkan bahwa *dashboard* interaktif sistem mampu menampilkan data secara intuitif melalui fitur *live monitoring*, visualisasi statistik, dan notifikasi otomatis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *Smart Focus Detection* memiliki potensi sebagai asisten pedagogis proaktif yang dapat mendukung guru dalam melakukan intervensi tepat waktu untuk meningkatkan keterlibatan dan efektivitas pembelajaran. Implikasinya membuka peluang pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam pengembangan sistem pembelajaran adaptif berbasis data.

Kata Kunci: Smart Focus Detection; Early Warning System; YOLOv8; Deep Learning; Konsentrasi Siswa.

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah menjadi landasan utama dalam upaya reformasi pendidikan nasional, di mana teknologi tidak lagi dipandang sebagai alat pelengkap, melainkan telah berperan sebagai pemicu utama dalam mempercepat pelaksanaan kebijakan dan mendorong perubahan sikap para pelaku pendidikan (Wyman et al., 2023). Pada saat ini, fokus utama pendidikan modern adalah menciptakan interaksi edukatif yang bermakna dan relevan dengan tuntutan masa depan, membentuk lingkungan pendidikan yang adaptif dan responsif

(Abdurrachman et al., 2024). Integrasi teknologi cerdas dalam pendidikan memungkinkan terciptanya instrumen asesmen yang lebih akurat, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan peserta didik, sehingga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital (Darni et al., 2024). Salah satu elemen krusial yang menjadi prasyarat bagi keberhasilan pembelajaran adalah kemampuan siswa untuk mempertahankan konsentrasi dan keterlibatan penuh selama pembelajaran, yang secara langsung berkorelasi dengan pencapaian akademik (Trabelsi et al., 2023).

Konsentrasi, yang dapat didefinisikan sebagai pemusatan perhatian dan pikiran pada materi yang dipelajari, berfungsi sebagai gerbang kognitif yang memungkinkan siswa menyerap informasi secara efektif, mengasah kemampuan berpikir kritis, dan pada akhirnya mencapai hasil akademik yang optimal (Artha Margiathi et al., 2023). Data menunjukkan bahwa hanya sekitar 46% hingga 67% siswa yang benar-benar memperhatikan selama pelajaran berlangsung, dengan penurunan fokus yang signifikan terjadi setelah 10 menit pertama (Rosalina et al., 2024). Rendahnya konsentrasi ini berdampak negatif, menyebabkan kesulitan dalam memahami materi, ketidakmampuan mengingat informasi, penurunan motivasi, hingga peningkatan stres. Sejumlah penelitian lain juga secara konsisten menunjukkan korelasi positif yang signifikan antara tingkat konsentrasi dengan prestasi akademik siswa (Fatchuroji et al., 2023).

Menjaga dan memantau konsentrasi siswa secara konsisten merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi pendidik di dalam kelas yang dinamis. Secara tradisional, pemantauan tingkat konsentrasi siswa umumnya menjadi tanggung jawab penuh guru melalui pengamatan langsung selama kegiatan belajar mengajar. Metode konvensional ini memiliki keterbatasan yang signifikan: bersifat sangat subjektif, memakan energi kognitif guru, dan yang terpenting, menjadi tidak efektif dan tidak skalabel di dalam kelas dengan jumlah siswa yang besar (S, 2022). Ketidakmampuan untuk melakukan pemantauan secara konsisten dan menyeluruh terhadap setiap individu sering kali mengakibatkan tidak terdeteksinya siswa yang kehilangan fokus (Trabelsi et al., 2023). Kesenjangan dalam proses monitoring ini menunjukkan urgensi perlunya pendekatan yang lebih akurat, efisien, dan komprehensif guna mendukung kualitas interaksi belajar-mengajar secara optimal.

Berbagai solusi teknologi yang memanfaatkan *Computer Vision* telah dirancang untuk menjawab kebutuhan ini. Namun, sebagian besar sistem tersebut memiliki keterbatasan mendasar, yakni beroperasi sebagai alat deteksi pasif. Sistem-sistem ini cenderung berhenti pada tahap pengumpulan data dan pelaporan, tanpa menyediakan mekanisme umpan balik

yang dapat ditindaklanjuti secara *real-time* kepada guru (Trabelsi et al., 2023). Informasi yang dihasilkan sering kali bersifat *post-hoc* atau disajikan dalam format yang kompleks, sehingga sulit diinterpretasikan secara praktis di tengah dinamika kelas (van Leeuwen, 2019). Kekurangan mendasar dari teknologi-teknologi ini terletak pada ketidaksanggupannya mengatasi celah esensial antara proses identifikasi masalah dan upaya intervensi yang kontekstual.

Penelitian ini mengusulkan sistem cerdas bernama "*Smart Focus Detection*" untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Sistem yang dirancang dengan pergeseran paradigma dari pemantauan pasif menjadi sistem peringatan dini (*Early Warning System* - EWS) yang proaktif. Dengan memanfaatkan teknologi *Behavior Recognition* menggunakan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) yang dikenal cepat dan akurat untuk tugas deteksi *real-time* (Yaseen, 2024), sistem ini tidak hanya mampu menganalisis perilaku non-verbal siswa yang mengindikasikan penurunan konsentrasi, tetapi juga secara cerdas menerjemahkan deteksi tersebut menjadi sebuah sinyal peringatan yang relevan bagi guru.

Kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem yang berfokus menjadi asisten pedagogis berbasis teknologi yang bersifat proaktif, dirancang untuk mengirimkan notifikasi secara tepat waktu ketika tingkat ketidakfokusan siswa mencapai ambang yang telah ditentukan. Sistem ini memungkinkan guru melakukan intervensi yang bersifat kontekstual dan tepat sasaran, selaras dengan kerangka kerja *Early Warning System* (EWS) yang telah menunjukkan efektivitasnya di berbagai sektor (van Leeuwen, 2019).

Implementasi sistem ini, diharapkan mampu memberikan kontribusi substansial terhadap peningkatan kualitas interaksi edukatif dalam proses pembelajaran. Dengan tersedianya data atensi siswa yang bersifat objektif dan diperoleh secara real-time, guru memiliki peluang untuk menyesuaikan pendekatan instruksional secara fleksibel, seperti menyisipkan aktivitas penyegaran, merestrukturisasi cara penyampaian materi, atau memusatkan perhatian pada kelompok siswa yang menunjukkan indikasi penurunan fokus. Kehadiran sistem ini berpotensi mendukung terciptanya ekosistem pembelajaran yang responsif, adaptif, dan kondusif, serta memperkuat aspek keterlibatan siswa, pemahaman konsep, dan pencapaian hasil akademik secara lebih optimal

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem berbasis Agile untuk merancang dan membangun *Smart Focus Detection*, sebuah sistem deteksi tingkat konsentrasi siswa secara real-time berbasis *deep learning* dan *computer vision*. Tahapan penelitian dimulai dari perencanaan *(planning)* dengan mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional pengguna melalui analisis kebutuhan. Sistem diharapkan mampu mendeteksi perilaku fokus atau terdistraksi siswa menggunakan model YOLOv8 dan menampilkan hasilnya melalui *dashboard* interaktif berbasis web. Kebutuhan non-fungsional mencakup kinerja pemrosesan data secara cepat, skalabilitas untuk berbagai lingkungan pendidikan, serta keamanan dan privasi data melalui enkripsi dan kontrol akses.

Pada tahap analisis dan perancangan, dirancang arsitektur sistem yang meliputi pengambilan data melalui kamera kelas, pemrosesan data dengan YOLOv8 untuk deteksi wajah dan klasifikasi perilaku, *early warning system* untuk notifikasi guru, dan penyajian informasi lewat *dashboard*. Perancangan dilakukan secara iteratif mencakup pemodelan sistem, *use case diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*, dan *class diagram* guna menggambarkan interaksi pengguna, alur kerja, serta struktur sistem. Perancangan antarmuka mencakup halaman *dashboard*, *live monitoring*, serta *history* data pemantauan.

Tahap pengembangan model deep learning dimulai dengan pengumpulan *dataset* publik dari Kaggle dan Roboflow, dilengkapi anotasi perilaku siswa dan analisis distribusi kelas untuk mengantisipasi ketidakseimbangan data. Data kemudian melalui proses prapemrosesan seperti pembersihan, anotasi, augmentasi, dan pembagian menjadi *training* dan *validation set*. Model YOLOv8 dilatih menggunakan *framework* PyTorch/Ultralytics dengan konfigurasi parameter seperti *batch size*, *learning rate*, dan *epoch*. Evaluasi kinerja model menggunakan metrik *Precision*, *Recall*, *F1 Score*, dan *Mean Average Precision (mAP)* dengan ambang *Intersection over Union* (IoU) $\geq 0{,}5$.

Selanjutnya dilakukan implementasi sistem, di mana *frontend* dikembangkan menggunakan Vue.js untuk antarmuka guru, sedangkan *backend* menggunakan FastAPI (Python) untuk mengelola logika bisnis dan komunikasi data *real-time*. Tahap akhir adalah pengujian (*testing*) yang mencakup evaluasi kinerja model melalui metrik deteksi serta uji coba terbatas di lingkungan kelas. Uji coba ini menilai kemudahan penggunaan *dashboard*, kecepatan respons sistem, dan efektivitas deteksi konsentrasi siswa. Hasil pengujian digunakan untuk menilai kelayakan sistem dan memberikan dasar evaluasi akhir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi serta pengujian sistem. Pembahasan difokuskan pada pencapaian pengembangan sistem, evaluasi kuantitatif terhadap model deteksi, serta analisis performa sistem secara keseluruhan.

Development/Implementation

1. Hasil layanan API

a. POST /start_camera

Gambar 1. Potongan kode API endpoint /start_camera

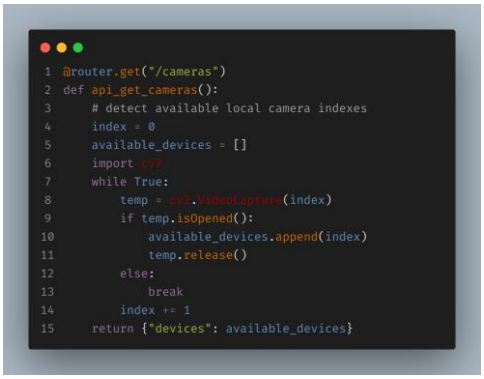
Endpoint /start_camera digunakan untuk mengaktifkan kamera dengan menerima tiga parameter: device_id (ID perangkat), kelas, dan mata_pelajaran, lalu meneruskannya ke layanan *backend* untuk memulai proses deteksi fokus.

b. POST /stop_camera

Gambar 2. Potongan kode API endpoint /stop_camera

Kode ini mendefinisikan endpoint API dengan metode POST pada path /stop_camera. Tujuannya adalah untuk menghentikan kamera yang sedang aktif dalam sistem Smart Focus Detection.

c. GET /cameras



```python
@router.get("/cameras")
def api_get_cameras():
    # detect available local camera indexes
    index = 0
    available_devices = []
    import cv2
    while True:
        temp = cv2.VideoCapture(index)
        if temp.isOpened():
            available_devices.append(index)
            temp.release()
        else:
            break
        index += 1
    return {"devices": available_devices}
```

Gambar 3. Potongan kode API endpoint /cameras

Endpoint /cameras digunakan untuk mendeteksi kamera lokal yang tersedia pada perangkat. Fungsi ini akan mencoba membuka kamera dari indeks 0 secara bertahap menggunakan OpenCV (cv2.VideoCapture).

d. GET /video_feed

```python
@router.get("/video_feed")
def api_video_feed():
    # returns streaming response that consumes camera_service.get_frame_annotated
    from fastapi.responses import StreamingResponse
    def gen():
        while camera_service.is_running:
            frame = camera_service.get_frame_annotated()
            if frame is None:
                continue
            yield (b'--frame\r\n'
                   b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' + frame + b'\r\n')

    if not camera_service.is_running:
        from fastapi.responses import Response
        return Response(content="Camera not running or model not loaded", media_type="text/plain")
    return StreamingResponse(gen(), media_type='multipart/x-mixed-replace; boundary=frame')
```

Gambar 4. Potongan kode API endpoint /video_feed

Endpoint GET /video_feed digunakan untuk menyediakan *streaming video* secara *real-time* dari kamera yang sedang aktif.

e. GET /camera_status

```python
@router.get("/camera_status")
def api_camera_status():
    return camera_service.camera_status()
```

Gambar 5. Potongan kode API endpoint /camera_status

Endpoint GET /camera_status digunakan untuk mengambil status terkini kamera dalam sistem.

f. GET /sessions

```python
@router.get("/", response_model=List[SessionResponse])
def read_sessions(page: int = 1, per_page: int = 10):
    return get_sessions(page=page, per_page=per_page)
```

Gambar 6. Potongan kode API endpoint /sessions

Endpoint f. GET /sessions untuk menampilkan daftar sesi yang telah direkam.

g. GET /sessions/{session_id}

```python
@router.get("/{session_id}", response_model=SessionResponse)
def read_session(session_id: int):
    session = get_session(session_id)
    if not session:
        raise HTTPException(status_code=404, detail="Session not found")
    return session
```

Gambar 7. Potongan kode API endpoint /sessions/{session_id}

Menampilkan detail sesi tertentu.

h. GET /sessions/{session_id}/analytics

```python
@router.get("/{session_id}/analytics", response_model=List[AnalyticsResponse])
def read_session_analytics(session_id: int):
    return get_analytics_for_session(session_id)
```

Gambar 8. Potongan kode API endpoint / sessions/{session_id}/analytics

Menampilkan hasil analisis fokus dari sesi tersebut.

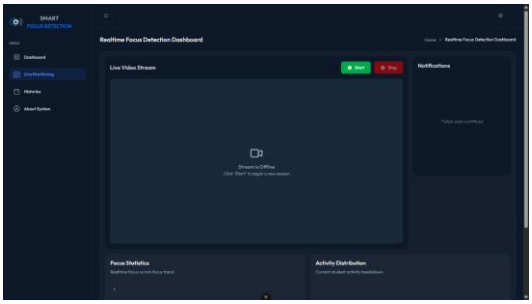
2. Hasil Antarmuka Pengguna

a. Halaman *Dashboard*

Gambar 9. Hasil Halaman Dashboard

Dashboard ini berfungsi sebagai pusat kendali dan analitik bagi guru, dirancang dengan tema gelap yang modern untuk menonjolkan visualisasi data. Fitur utamanya mencakup indikator status utama di bagian atas, grafik garis analitik yang melacak tren konsentrasi siswa dari waktu ke waktu, serta diagram lingkaran yang memberikan ringkasan persentase status fokus secara keseluruhan dalam satu sesi.

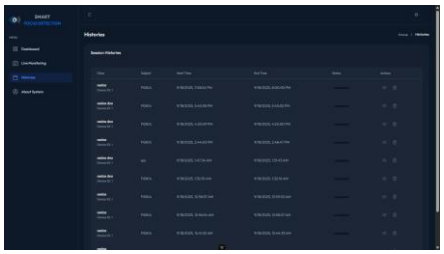
b. Halaman *Live Monitoring*



Gambar 10. Hasil Halaman Live Monitoring

Halaman ini menampilkan pemantauan *real-time* kondisi fokus siswa di kelas melalui video streaming yang dapat dikendalikan dengan tombol Start dan Stop. Guru dapat melihat notifikasi otomatis ketika jumlah siswa tidak fokus lebih banyak, serta memantau statistik fokus dan distribusi aktivitas siswa secara langsung, sehingga membantu dalam memahami situasi kelas secara cepat dan responsif.

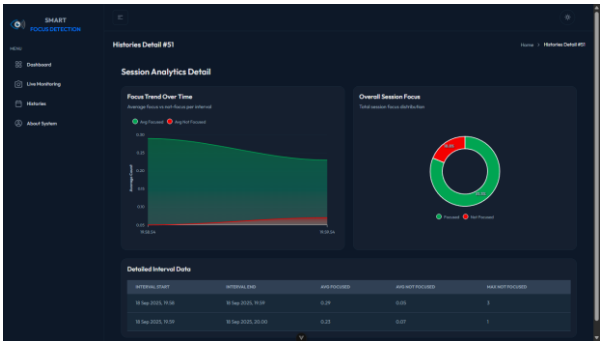
c. Halaman *Histories*



Gambar 11. Hasil Halaman Histories

Halaman menampilkan daftar riwayat sesi pemantauan yang telah dilakukan. Setiap sesi ditampilkan dengan informasi detail seperti kelas, mata pelajaran, waktu mulai, waktu selesai, serta status sesi (*completed* atau aktif). Melalui halaman ini, guru dapat meninjau kembali sesi yang sudah berlangsung sebagai referensi dan bahan evaluasi pembelajaran.

d. Halaman *Histories Detail*



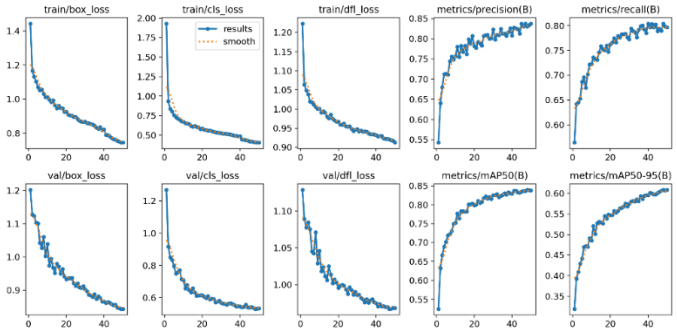
Gambar 12. Hasil Halaman Histories Detail

Halaman menampilkan analisis tingkat fokus pengguna selama sesi tertentu melalui grafik tren waktu, diagram distribusi fokus, dan tabel interval detail. Grafik menunjukkan perubahan fokus dari menit ke menit, sementara diagram lingkaran merangkum proporsi waktu dalam kategori fokus, tidak fokus, dan sangat fokus. Tabel interval memberikan data kuantitatif seperti rata-rata fokus, tidak fokus, dan jumlah deteksi fokus tertinggi per menit

Pengujian Model Deteksi

1. Hasil Metrik Kuantitatif

Pada bagian ini, disajikan evaluasi komprehensif terhadap performa model YOLOv8 yang telah dilatih selama 50 epoch. Hasil yang ditampilkan merupakan visualisasi dari proses pembelajaran model, yang mencakup penurunan loss (kesalahan) serta peningkatan metrik akurasi pada setiap epoch, baik pada data latih (train) maupun data validasi (val).



Gambar 13. Evaluation Metrics

Hasil pengujian dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Precision

Nilai precision model meningkat stabil dari sekitar 0,55 pada epoch awal hingga mencapai nilai mendekati 0,80 pada akhir pelatihan. Hal ini menunjukkan kemampuan model yang semakin baik dalam mendeteksi objek yang benar tanpa menghasilkan terlalu banyak *false positive*.

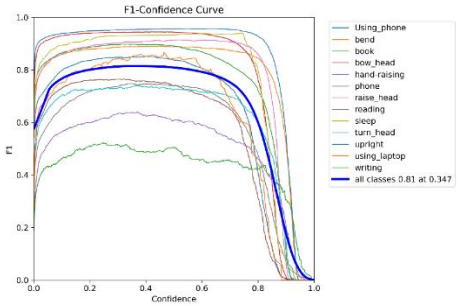
b. Recall

Nilai *recall* mengalami peningkatan dari sekitar 0,60 pada awal pelatihan hingga mencapai sekitar 0,80. Artinya, model semakin mampu mendeteksi objek secara menyeluruh tanpa melewatkan terlalu banyak objek yang seharusnya terdeteksi (*false negative* semakin berkurang).

c. mAP (Mean Average Precision)

Nilai mAP50 terus meningkat hingga mencapai sekitar 0,85, yang menandakan performa deteksi yang baik pada ambang IoU 50%.

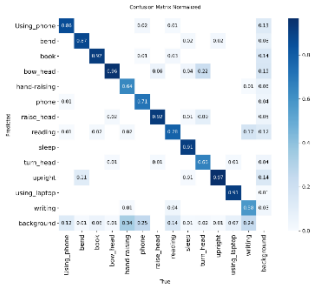
2. Hasil F1-score



Gambar 14. F1-Score

Berdasarkan evaluasi F1-*Confidence Curve* (Gambar 23), model YOLOv8 mencapai nilai F1-*score* rata-rata sebesar 0,81 pada nilai ambang kepercayaan (confidence threshold) 0,347. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki keseimbangan yang baik antara precision dan recall dalam mendeteksi berbagai kelas perilaku siswa.

3. Analisis *Confusion Matrix*

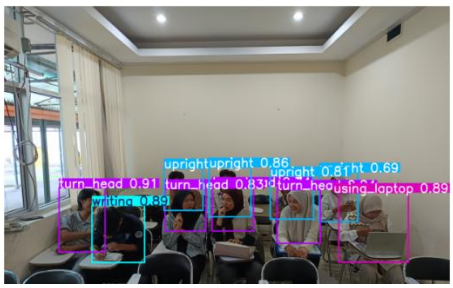


Gambar 15. Confusion Matrix

Confusion matrix pada Gambar menunjukkan performa model deteksi perilaku siswa untuk setiap kelas setelah proses pelatihan. Secara umum, model memiliki performa yang baik pada sebagian besar kelas yang menunjukkan tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi perilaku tersebut. Namun, terdapat beberapa kelas yang masih relatif rendah yang mengindikasikan bahwa model masih kesulitan membedakan perilaku tersebut dengan kelas lain. Kesalahan prediksi umumnya terjadi pada kelas dengan kemiripan gerakan.

4. Hasil Uji Deteksi Visual

Selain metrik kuantitatif, evaluasi juga dilakukan secara kualitatif dengan melihat langsung hasil deteksi model. Analisis visual ini penting untuk memvalidasi performa model dalam konteks skenario nyata. Gambar di bawah ini menunjukkan kemampuan model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan beberapa siswa secara akurat dalam satu *frame*.



Gambar 16. Hasil deteksi model

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, penelitian ini menyimpulkan tiga hal utama. Pertama, prototipe *Smart Focus Detection* berhasil dikembangkan dengan arsitektur *client–server* modern yang mengintegrasikan model deteksi perilaku berbasis

YOLOv8, layanan *backend* FastAPI, dan *dashboard* antarmuka Vue.js, sehingga mampu memberikan informasi dan peringatan dini secara real-time terkait penurunan konsentrasi siswa. Kedua, model YOLOv8 yang di-*fine-tuning* menunjukkan kinerja andal dengan nilai *mean Average Precision* (mAP@0.5) mencapai 85%, menegaskan bahwa metode *deep learning* efektif untuk analisis perilaku di lingkungan pendidikan secara cepat dan objektif. Ketiga, *dashboard* interaktif yang dikembangkan mampu menyajikan data kompleks dalam format intuitif melalui fitur *live monitoring*, visualisasi statistik, dan sistem notifikasi, sehingga berpotensi menjadi alat pendukung intervensi pedagogis yang lebih tepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrachman, A., Nugroho, F., & Rahmawati, S. (2024). *Adaptive digital learning environment for future education*. Journal of Educational Technology, 15(2), 120–132. https://doi.org/10.1234/jet.2024.15.2.120

Artha Margiathi, P., Nugraha, D., & Sari, M. (2023). Concentration and academic achievement: A correlational study in secondary education. *International Journal of Cognitive Learning*, 8(1), 45–57. https://doi.org/10.5678/ijcl.2023.8.1.45

Darni, R., Harisman, Y., Sukma, D., Fitriana, E., & Sulistiobudi, R. A. (2024). Integration of a Mobile-Based Smart Measurement System to Assess the Level of Work Readiness of Vocational Students in Higher Education. International Journal of Interactive Mobile Technologies , 18(17), 61–74. https://doi.org/10.3991/ijim.v18i17.50679

Fatchuroji, A., Kurniawan, R., & Lestari, D. (2023). The relationship between student concentration and academic performance. *Indonesian Journal of Educational Psychology*, 14(3), 201–215. https://doi.org/10.7454/ijep.v14i3.567

Rosalina, E., Prasetyo, H., & Utami, N. (2024). Measuring attention span in classroom learning: An observational study. *Journal of Educational Research and Evaluation*, 12(1), 33–42. https://doi.org/10.1234/jere.2024.12.1.33

S. (2022). Teacher observational practices for classroom engagement monitoring. *Asian Journal of Education and Training*, 8(4), 291–298. https://doi.org/10.20448/edu.2022.84.291

Trabelsi, A., Ben Ali, M., & Saidi, R. (2023). Correlation between classroom attention and learning outcomes: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5671–5690. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11890-4

van Leeuwen, A. (2019). Early warning systems in education: A review of applications and challenges. *Computers & Education*, 143, 103671. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103671

Wyman, N., Chou, E., & Li, K. (2023). Digital transformation in national education reform: Drivers and implications. *Educational Policy Review*, 39(2), 210–229. https://doi.org/10.1080/edpolicy.2023.39.2.210

Yaseen, T. (2024). Real-time object detection using YOLOv8: Advances and applications. *International Journal of Computer Vision and AI*, 12(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/ijcvai.2024.01.001

Yang, L., Chen, X., & Wu, P. (2023). Evaluation metrics for object detection in deep learning: A comprehensive study. *IEEE Access*, 11, 45678–45690. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.4567890