

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital telah mendorong implementasi *Smart Classroom* dalam dunia pendidikan sebagai upaya menciptakan proses belajar yang lebih interaktif, adaptif, dan berbasis data[1][2]. *Smart classroom* memanfaatkan sensor, kamera, dan kecerdasan buatan untuk membantu guru memantau kondisi siswa secara *real-time*, termasuk ekspresi wajah sebagai indikator keterlibatan belajar (*engagement*) dan pemahaman materi[3][4]. Dengan demikian, analisis emosi melalui wajah siswa dapat mendukung guru dalam mengambil keputusan saat pembelajaran berlangsung, misalnya ketika siswa terlihat bingung, bosan, atau antusias[5].

Penerapan sistem *monitoring* aktivitas siswa berbasis *computer vision* dalam lingkungan nyata seperti ruang kelas masih menghadapi berbagai tantangan yang dapat mempengaruhi performa sistem[6]. Kondisi pencahayaan yang tidak stabil, variasi posisi dan arah kepala siswa, serta adanya *occlusion* akibat tangan, rambut, atau objek lain sering kali menyebabkan proses deteksi dan analisis aktivitas siswa menjadi kurang optimal[7]. Selain itu, lingkungan pembelajaran yang dinamis dan pergerakan siswa selama proses belajar mengajar juga menjadi faktor yang mempengaruhi kestabilan sistem pada kondisi *real-world*[8].

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning*, khususnya metode *Convolutional Neural Network* (CNN), mampu memberikan performa yang baik dalam proses pemantauan aktivitas dan kondisi siswa pada lingkungan pembelajaran kelas secara *real-time*[9]. Untuk meningkatkan sensitivitas terhadap ekspresi yang bersifat halus serta meningkatkan ketahanan model terhadap variasi pose dan pencahayaan, sejumlah studi mengintegrasikan mekanisme *attention* yang efektif dalam menangkap fitur-fitur lokal penting [10][11]. Selain itu, beberapa penelitian juga mengembangkan mekanisme *attention* dan teknik *feature extraction* untuk meningkatkan sensitivitas model terhadap variasi pencahayaan, pose, dan kondisi lingkungan yang kompleks [12]. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa

integrasi berbagai metode *deep learning* dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem *monitoring* berbasis visual [13].

Selain penggunaan CNN, penelitian lain mulai menerapkan metode *object detection* modern untuk mendukung pemantauan aktivitas manusia secara *real-time*. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *You Only Look Once* (YOLO) karena mampu melakukan deteksi objek dengan cepat dan akurat dalam satu proses inferensi [14]. YOLO memiliki keunggulan dalam mendeteksi banyak objek sekaligus dengan efisiensi komputasi yang baik sehingga sesuai digunakan pada lingkungan *smart classroom* yang membutuhkan pemrosesan video secara langsung [15]. Beberapa penelitian juga memanfaatkan YOLO pada data video untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan objek secara *real-time* pada lingkungan pembelajaran [16].

Namun, penelitian sebelumnya umumnya masih berfokus pada proses deteksi objek atau pengenalan wajah secara terpisah dan belum banyak mengintegrasikan sistem *monitoring* aktivitas siswa secara menyeluruh pada lingkungan kelas nyata. Selain itu, tantangan seperti perubahan pose kepala, pergerakan siswa, dan kondisi pencahayaan masih mempengaruhi stabilitas sistem dalam melakukan pemantauan secara kontinu [17]. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem *monitoring* berbasis *deep learning* yang mampu bekerja secara *robust*, adaptif, dan *real-time* pada kondisi pembelajaran sebenarnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan integrasi metode YOLO, *DeepSORT*, *MediaPipe FaceMesh* dan *Fuzzy Mamdani* untuk membangun sistem *monitoring* aktivitas belajar siswa pada lingkungan *smart classroom* [18][19]. YOLO digunakan untuk mendeteksi siswa pada video pembelajaran, *DeepSORT* digunakan untuk melakukan *tracking* identitas siswa, *MediaPipe FaceMesh* digunakan untuk menganalisis arah kepala dan fokus mata siswa, sedangkan metode *Fuzzy Mamdani* digunakan untuk menentukan tingkat konsentrasi belajar siswa berdasarkan hasil analisis perilaku yang diperoleh [20][21]. Integrasi metode tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan aktivitas siswa secara *real-time* dengan akurasi dan efisiensi komputasi yang baik pada lingkungan pembelajaran kelas nyata [22].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penulisan ini, maka masalah penulis yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *deep learning* dan *computer vision* dalam mendeteksi tingkat fokus siswa selama proses pembelajaran di kelas?
2. Bagaimana kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi mata dan posisi kepala siswa pada video pembelajaran menggunakan metode *deep learning*?
3. Bagaimana performa metode *Fuzzy Mamdani* dalam mengklasifikasikan tingkat fokus siswa berdasarkan hasil deteksi kondisi mata dan posisi kepala?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan

1. Mengembangkan sistem berbasis *deep learning* dan *computer vision* untuk memantau tingkat fokus siswa selama proses pembelajaran di kelas.
2. Menerapkan metode deteksi kondisi mata dan posisi kepala siswa pada video pembelajaran untuk mengetahui tingkat fokus siswa.
3. Menganalisis performa metode *Fuzzy Mamdani* dalam mengklasifikasikan tingkat fokus siswa berdasarkan hasil deteksi sistem.

1.3.2 Manfaat

1. Menambah pengetahuan akademik mengenai penerapan *deep learning*, *computer vision*, dan *Fuzzy Mamdani* dalam sistem monitoring fokus siswa di lingkungan pembelajaran.
2. Memberikan referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem pemantauan fokus siswa berbasis kecerdasan buatan yang lebih akurat dan adaptif.
3. Membantu peneliti memahami proses perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem *deep learning* dan *Fuzzy Mamdani* untuk analisis fokus siswa berbasis video pembelajaran.

1.4. Batasan Penelitian

1. Penelitian ini menggunakan metode *deep learning* berbasis *computer vision* untuk melakukan pemantauan aktivitas belajar mengajar siswa.
2. Data yang digunakan berupa rekaman video aktivitas belajar mengajar siswa di dalam kelas.

3. Sistem difokuskan pada deteksi dan pemantauan aktivitas siswa selama proses pembelajaran berlangsung.
4. Penelitian tidak membahas analisis audio, percakapan, maupun pengenalan suara pada proses pembelajaran.
5. Rekaman aktivitas belajar mengajar siswa dilakukan di SMP Swasta Deli Murni Suka Maju, Jl. Sei Mencirim No. 41, Desa Suka Maju, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.
6. Evaluasi sistem dilakukan berdasarkan hasil deteksi dan kemampuan model dalam mengenali aktivitas siswa pada video pembelajaran.

1.5. Keterbaruan

Penelitian (Zhao et al., 2025) mengembangkan sistem berbasis *deep learning* untuk mengenali aktivitas belajar siswa pada lingkungan kelas nyata menggunakan data video dan audio. Sistem ini mampu memantau berbagai aktivitas siswa secara *real-time* dan bekerja pada kondisi kelas yang dinamis dengan banyak siswa sekaligus. Penelitian ini juga memperkenalkan dataset aktivitas siswa serta menerapkan pendekatan *multimodal* untuk meningkatkan akurasi pengenalan perilaku belajar. Studi ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif untuk mendukung implementasi *smart classroom*[23].

Penelitian (Peng et al., 2025) mengembangkan sistem deteksi perilaku siswa menggunakan *Deformable DETR*, *Swin Transformer*, dan FPN untuk meningkatkan akurasi monitoring aktivitas di kelas. Sistem tersebut terbukti mampu mengenali berbagai perilaku siswa secara otomatis, tetapi masih memiliki keterbatasan pada kompleksitas model dan variasi kondisi kelas. Penelitian ini menawarkan keterbaruan dengan mengembangkan sistem monitoring yang lebih ringan, adaptif, dan akurat untuk mendukung analisis aktivitas siswa secara *real-time*[24].

Penelitian (Gao et al., 2025) Penelitian ini mengembangkan sistem berbasis *deep learning* untuk analisis ekspresi wajah pada rekaman kelas nyata melalui *pipeline* terintegrasi yang mencakup *pre-processing*, deteksi wajah, hingga klasifikasi ekspresi secara *end-to-end*. Sistem diuji pada kondisi pembelajaran riil dengan fokus pada performa *real-time* dan ketahanan model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya efektif pada dataset terkontrol, tetapi juga lebih aplikatif dalam mendukung implementasi *smart classroom*[25].