

# Smart Classroom System (SCS) Berbasis Kamera Untuk Memantau Keadaan Peserta Didik

Yaya Wihardi<sup>1,\*</sup>, Enjun Junaeti<sup>2</sup>, Wawan Setiawan<sup>1</sup>, Erlangga<sup>2</sup>, Wahyudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Komputer; Universitas Pendidikan Indonesia;  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung;  
e-mail: [yawawihardi@upi.edu](mailto:yawawihardi@upi.edu), [wawans@upi.edu](mailto:wawans@upi.edu)

<sup>2</sup> Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer; Universitas Pendidikan Indonesia;  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung;  
e-mail: [enjun@upi.edu](mailto:enjun@upi.edu), [erlangga@upi.edu](mailto:erlangga@upi.edu), [wahyudin@upi.edu](mailto:wahyudin@upi.edu)

\* Korespondensi: e-mail: [yawawihardi@upi.edu](mailto:yawawihardi@upi.edu)

Diterima: 04 Juni 2022; Review: 27 Juni 2022; Disetujui: 11 Juli 2022

Cara sitasi: Wihardi Y, Junaeti E, Setiawan W, Erlangga, Wahyudin. 2021. Smart Classroom System (SCS) Berbasis Kamera Untuk Memantau Keadaan Peserta Didik. Information System for Educators and Professionals. Vol 6(1): 67 – 76.

**Abstrak:** Sistem pendidikan di abad 21 harus didukung sepenuhnya oleh penerapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Hal ini mendorong berbagai pihak untuk berlomba-lomba membangun fasilitas pendidikan berbasis TIK. Pada penelitian ini dikembangkan smart classroom system (SCS), yaitu ruang kelas cerdas yang mampu melihat dan mengamati keadaan peserta didik secara visual layaknya manusia. Melalui SCS ini pendidik dapat meningkatkan pencapaian tujuan pembelajaran melalui umpan balik yang diberikan oleh sistem. SCS dikembangkan berdasarkan pendekatan pendeteksian wajah menggunakan sensor kamera berbantuan model deep super resolution untuk meningkatkan kualitas citra. Melalui sistem ini dapat dilakukan proses pencatatan kehadiran secara otomatis, pemantauan ekspresi wajah, dan deteksi atensi yang dapat digunakan sebagai umpan balik bagi pendidik selama proses pembelajaran berlangsung. Selain itu SCS juga dapat menyimpan data video pembelajaran dalam jumlah yang besar, sehingga di kemudian hari dapat dilakukan analisis big-data untuk menemukan pola-pola aktifitas yang sebelumnya tidak diketahui dan tidak teramati oleh manusia secara manual.

**Kata kunci:** deteksi atensi, deteksi mood, pengenalan wajah; ruang kelas cerdas

**Abstract:** The education system in the 21st century must be fully supported by the application of information and communication technology (ICT). This encourages various parties to compete in developing ICT-based educational facilities. In this study, we developed a smart classroom system (SCS), which is a smart classroom that is able to observe the condition of students automatically. By using this system, the teacher can improve the achievement of learning objectives through the feedback provided by the system. SCS was developed based on a face detection approach using a camera sensor assisted by a deep super resolution model to improve image quality. This system can record attendance automatically, monitor facial expressions, and detect attention that can be used as feedback for educators during the learning process. In addition, SCS can also store a lot of learning video data, so that we can perform big-data analysis in the future to find a valuable pattern.

**Keywords:** attention detection; face recognition; mood detection; smart classroom; smart school

## 1. Pendahuluan

Sistem pendidikan di abad 21 harus didukung sepenuhnya oleh penerapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Hal ini mendorong berbagai pihak untuk berlomba-lomba

membangun fasilitas pendidikan berbasis TIK. Salah satu fasilitas tersebut adalah *smart classroom system* (SCS), yaitu ruang kelas cerdas yang diharapkan mampu melihat dan mengamati keadaan peserta didik secara visual layaknya manusia. Melalui SCS ini diharapkan pendidik dapat meningkatkan pencapaian tujuan pembelajaran melalui umpan balik yang diberikan oleh sistem. Bagi siswa, SCS diharapkan dapat menjadi alat bantu dokumentasi pada proses pembelajaran, sedangkan bagi pendidik, SCS juga diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi proses pembelajaran, dimana pendidik akan diberi saran oleh sistem berkaitan dengan aktifitas mana saja yang membuat *mood* dan fokus siswa menurun.

Penelitian tentang SCS ini sudah banyak dilakukan. Salah satunya dilakukan oleh Franklin dkk. [1]. Di dalam penelitiannya, Franklin mencoba membuat sistem *intelligent classroom* dimana pendidik dapat berinteraksi dengan komputer sebagai alat bantu pembelajaran melalui perintah suara, gestur tubuh, ataupun keduanya. Franklin menekankan pada aspek *natural user interface*. Penelitian Franklin didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ren dan Xu [2]. Dalam penelitiannya Ren dan Xu mencoba membuat *mouse* virtual untuk melakukan kontrol terhadap slide presentasi menggunakan pendekatan *action recognition* dengan memanfaatkan metode *primitive-based coupled hidden markov model*.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang bersifat lokal, Shi dkk. [3] mengintegrasikan teknologi pengenalan suara dan teknologi *computer vision* dengan teknologi *teleconference* guna membangun *smart classroom* yang mampu mengakomodir *remote student* yang berada di tempat yang berbeda. Komponen *smart classroom* yang dikembangkan oleh Shi dkk. meliputi pemanfaatan pointer sebagai *mouse* virtual, penggunaan teknologi *biometric* pengenalan wajah dan pengenalan suara untuk verifikasi hak akses pendidik ke ruang kelas, pemanfaatan kameramen cerdas yang mampu melakukan *auto-focus* dan merekam kegiatan pembelajaran secara otomatis, pemanfaatan perintah suara (*voice-command*) untuk mengontrol seluruh perangkat yang tersedia, serta pemanfaatan teknologi *teleconference*.

Selain Shi dkk., hal yang sama juga dilakukan oleh Burghardt dkk. [4]–[6]. Di dalam penelitiannya tersebut mereka mencoba fokus pada *tele-teaching*. Adapun Dekdouk [6] mencoba memfasilitasi *tele-teaching* melalui teknologi *mobile*, dimana peserta didik difasilitasi untuk dapat berkomunikasi dengan sesama temannya maupun dengan pendidik yang dapat dilakukan kapanpun dan dimanapun sesuai kebutuhan mereka. Sedangkan Di dkk. [5], mencoba menyajikan dan memvisualisasikan proses pembelajaran *tele-teaching* tersebut melalui *virtual reality*, sehingga peserta didik mendapatkan pengalaman yang nyata dalam proses pembelajaran tersebut walaupun terpisah oleh jarak yang jauh.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Rahman dkk. [7] mulai mencoba memasukan unsur pencatatan kehadiran dengan memanfaatkan teknologi RFID. Namun penggunaan RFID sebagai alat dapat mengurangi aspek kealamian proses interaksi antara sistem dengan penggunaannya, dimana aspek kealamian tersebut merupakan salah satu ciri sistem cerdas. Meskipun demikian Rahman tetap mengangkat kealamian lainnya melalui pemanfaatan sensor infra merah untuk membangun papan tulis interaktif. Selain memanfaatkan RFID, pencatatan kehadiran juga mulai dicatat menggunakan *smartphone* pada [8], hasilnya beban kerja administratif pendidik berkurang sehingga dapat fokus pada proses pembelajaran.

Penelitian-penelitian tentang *smart classroom* pada paparan sebelumnya cenderung lebih fokus pada aspek alat bantu untuk berinteraksi dengan alat-alat maupun sarana pembelajaran. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Yang dan Chen [9], Shasi [10], Yelin [11]. Pada penelitiannya, mereka mencoba melakukan evaluasi secara *realtime* terhadap keadaan peserta didik dan pendidik selama proses pembelajaran guna memberikan umpan balik bagi pendidik sehingga dapat meningkatkan efektifitas pembelajaran. Tujuan utama dari *smart classroom* yang dibangun adalah untuk mempermudah, mengefisienkan sumber daya, meningkatkan capaian pembelajaran, serta membuat lingkungan pembelajaran lebih ramah pengguna selama proses pembelajaran berlangsung [10].

Yang dan Chen [9] mencoba melakukan analisis terhadap wajah peserta didik. Mereka mencoba melakukan lokalisasi area wajah untuk kemudian difokuskan pada area mata. Melalui citra area mata yang ditangkap oleh kamera tersebut dapat dilakukan deteksi atensi peserta didik. Hasil pendeteksian atensi tersebut kemudian menjadi umpan balik bagi pendidik untuk mengevaluasi keadaan peserta didik.

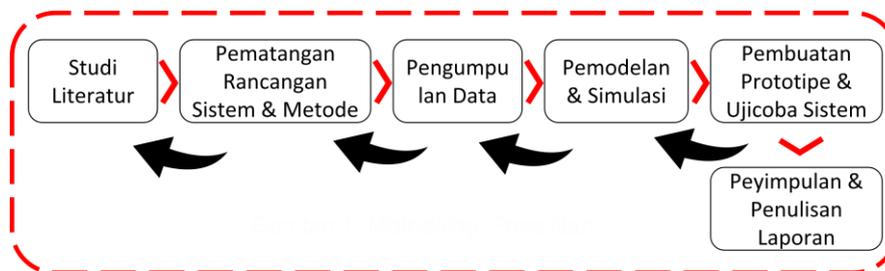
Selain wajah, suara pendidik selama proses pembelajaran pun menjadi fokus penelitian. Jayahari [12] mencoba melakukan studi dampak dari kejelasan suara pendidik terhadap peserta didik. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi penyampaian materi oleh

pendidik dapat meningkatkan pencapaian hasil belajar. Untuk meningkatkan efisiensi tersebut Jayahari membuat volume kontrol otomatis untuk suara pendidik sehingga dapat menjamin bahwa suara pendidik dapat terdengar jelas dan presisi oleh peserta didik.

Meskipun demikian, studi tentang SCS yang mampu mengevaluasi dan memberikan umpan balik baik bagi pendidik maupun bagi pimpinan, apalagi terintegrasi dengan sistem *big-data*, masih sangatlah sedikit. Pada penelitian ini dilakukan studi yang berfokus pada pengembangan SCS sebagai upaya pemantauan dan evaluasi keadaan pendidik dan peserta didik selama proses pembelajaran. Sistem dikembangkan berdasarkan pendekatan pendeteksian wajah menggunakan sensor kamera berbantuan model *deep super resolution* untuk meningkatkan kualitas citra. Melalui sistem ini dapat dilakukan proses pencatatan kehadiran secara otomatis, pemantauan ekspresi wajah, dan deteksi atensi yang dapat digunakan sebagai umpan balik bagi pendidik selama proses pembelajaran berlangsung. Selain itu SCS juga didesain untuk dapat menyimpan data video pembelajaran dalam jumlah yang besar, sehingga di kemudian hari dapat dilakukan analisis *big-data* untuk menemukan pola-pola aktifitas yang sebelumnya tidak diketahui dan tidak teramati oleh manusia secara manual.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan pada penelitian ini meliputi tahapan studi literatur, pematangan rancangan sistem dan metode, pengumpulan data, pemodelan dan simulasi, pembuatan *prototype* dan ujicoba sistem sebagaimana tersaji pada Gambar 1.



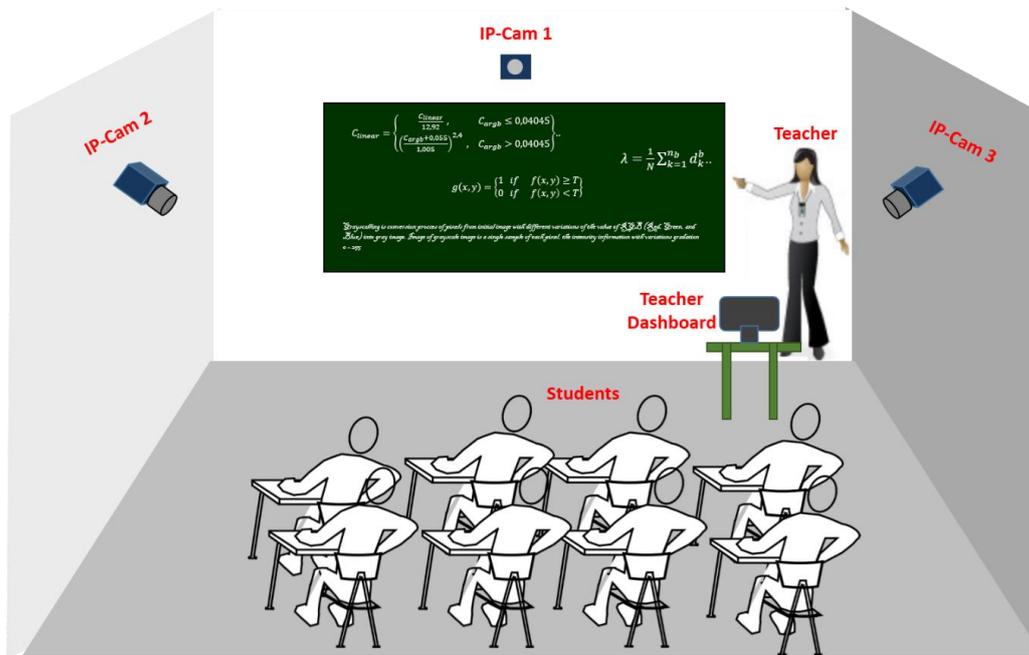
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan studi literatur dilakukan untuk mengetahui perkembangan terakhir dari metode dan sistem yang akan dikembangkan. Berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian-penelitian terkait, kemudian dibuatlah rancangan sistem yang akan dikembangkan. Setelah rancangan sistem dan metode yang digunakan cukup matang, maka barulah proses pengumpulan data dilakukan. Data dikumpulkan dengan memanfaatkan kamera *Closed Circuit Television* (CCTV) yang dipasang di ruang kelas sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Data yang terkumpul dilakukan pra proses pengolahan untuk memperbaiki kualitas data dan juga dilakukan proses ekstraksi fitur yang relevan dengan kebutuhan proses deteksi dan pengenalan wajah. Selain dataset yang dibangun sendiri, dalam penelitian ini juga digunakan dataset publik CelebFaces Attributes Dataset (CelebA) [13].

Data yang sudah dilakukan pra proses pengolahan dan sudah diekstraksi fiturnya kemudian digunakan untuk membangun dan mensimulasikan rancangan model yang telah ditetapkan. Model dibangun berdasarkan pendekatan pembelajaran mesin sebagaimana tersaji pada Gambar 3. Dalam pengembangan model ini terdapat dua tahap utama, yaitu proses pelatihan model menggunakan data latih (*training*) dan tahapan simulasi dan pengujian model dengan menggunakan data uji (*testing*). Hal ini dilakukan agar model yang dibangun bersifat dinamis dan adaptif terhadap perubahan data input di kemudian hari. Simulasi dan pemodelan sendiri dilakukan dengan menggunakan Tensorflow[14] dan Google Colab[15].

Pada penelitian ini diimplementasikan beberapa model *deep-learning* untuk melakukan berbagai tugas monitoring. Tugas-tugas tersebut meliputi peningkatan resolusi citra hasil tangkapan kamera, pengenalan wajah siswa, deteksi mood siswa, dan deteksi atensi siswa terhadap pendidik di depan kelas. Peningkatan resolusi citra dilakukan dengan menggunakan metode *Super Resolution Generative Adversarial Network* (SRGAN)[16] dan dievaluasi dengan menggunakan metode pengukuran *Mean Squared Error* (MSE), *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), dan *Perceptual Loss*. Adapun untuk pengenalan wajah siswa diimplementasikan

menggunakan metode FaceNet [17], sedangkan deteksi mood menggunakan metode Gabor Convolutional Networks[18]. Keduanya sama-sama dievaluasi menggunakan metode pengukuran akurasi. Selain itu, untuk deteksi atensi digunakan fitur *Histogram Oriented Gradient (HoG)* [19] yang dikombinasikan dengan model *Support Vector Machine (SVM)*. Sama seperti halnya pada pengenalan wajah dan deteksi mood, proses deteksi atensi juga dievaluasi menggunakan metode pengukuran akurasi.

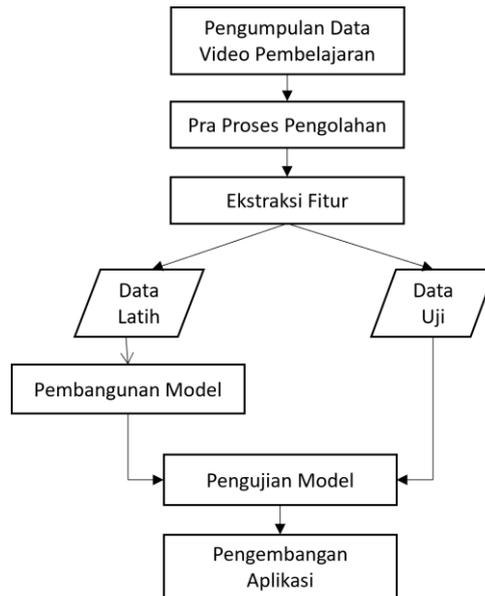


Gambar 2. Denah Ruang Kelas

Setelah didapat model yang cukup handal, pada tahap berikutnya model tersebut diimplementasikan ke dalam bentuk perangkat lunak cerdas dan diujicobakan pada lingkungan sistem yang sebenarnya. Pengembangan perangkat lunaknya sendiri mengikuti tahapan pengembangan perangkat lunak yang meliputi analisis, desain dan perancangan, pengkodean, dan pengujian.

SCS yang diusulkan dalam penelitian ini merupakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa tiga buah sensor kamera CCTV beresolusi 2 Megapiksel (MP) yang dipasang di dalam ruang kelas beserta seperangkat komputer. Perangkat komputer di ruang kelas digunakan sebagai terminal untuk mengakses aplikasi berbasis web, sedangkan proses Analisa dan penyimpanan data digunakan server terpisah, guna memudahkan proses instalasi dan perawatannya. Adapun perangkat lunak merupakan aplikasi cerdas yang merupakan implementasi dari model-model yang dibangun.

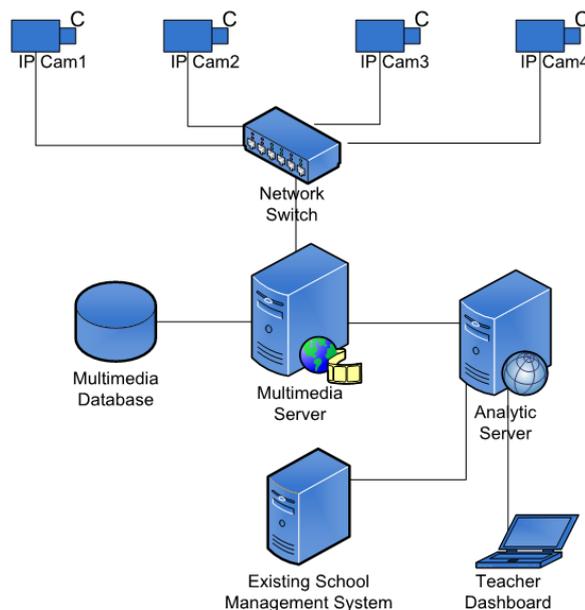
Cara kerja sistem dimulai dengan menangkap citra melalui kamera, kemudian sistem menampilkan hasil pengolahan data berupa video keadaan ruang kelas yang disertai label nama masing-masing peserta didik, *mood* peserta didik tersebut, dan tingkat atensi peserta didik tersebut terhadap pendidik di depan kelas. Hal ini ditampilkan secara *realtime* di layar monitor komputer yang telah terinstal aplikasi *Web-Based SCS*.



Gambar 3. Alur Pemodelan

### 3. Hasil dan Pembahasan

SCS yang dibangun berjalan pada sebuah arsitektur sistem yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil dari penelitian ini meliputi arsitektur sistem dan perangkat lunak yang merupakan hasil implementasi model-model deep learning yang telah dibangun. Semua model-model yang telah dibangun dikemas dalam bentuk perangkat lunak *Web-Based SCS*.



Gambar 4. Arsitektur SCS

#### Arsitektur Sistem

SCS merupakan lingkungan ruang kelas cerdas dimana pada lingkungan ini memungkinkan dilakukannya pengamatan terhadap seluruh kegiatan di dalam kelas secara otomatis dan terintegrasi melalui sensor kamera. SCS dilengkapi dengan kamera CCTV yang terpasang di setiap sudut ruangan dimana kamera-kamera tersebut terkoneksi langsung ke

dalam sebuah jaringan. Semua data yang yang tertangkap oleh kamera, kemudian direkam di dalam basis data multimedia oleh multimedia server (MS). Selain itu, multimedia server juga menyediakan data yang dapat diakses melalui webservice untuk berbagai keperluan analisis baik secara manual maupun otomatis. Sistem ini dikembangkan berbasis web sedemikian hingga aplikasi tidak harus diinstall di komputer pengguna/client, cukup diakses menggunakan web browser dan akun yang telah didaftarkan.

Proses analisis secara otomatis dilakukan oleh analytical server (AS). AS mengambil data dari MS untuk kemudian ditampilkan di komputer terminal menggunakan aplikasi Web-Based SCS. SCS dapat digunakan oleh guru sebagai media pengamatan mood dan atensi selama kegiatan di dalam kelas berlangsung. Selain itu, SCS juga dapat mengenali wajah siswa yang dapat digunakan untuk melakukan dokumentasi kehadiran siswa di dalam kelas. Hasil pencatatan kehadiran dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen sekolah yang tersedia untuk berbagai keperluan. Adapun arsitektur ini tersaji pada Gambar 4.

### Server Analisis (AS)

Pada AS terdapat tiga model machine learning yang berguna untuk melakukan pengenalan wajah siswa, pendeteksi mood, dan pendeteksi atensi. Model dibangun menggunakan dataset hasil tangkapan kamera CCTV yang telah dilabeli sebelumnya. Selain itu, pada AS dilengkapi pula dengan model peningkatan resolusi citra guna memperbaiki kualitasnya yang rendah. Proses ini dilakukan dengan menerapkan model SRGAN [16]. Hasil eksperimen menunjukkan error MSE SRGAN sebesar 288,79, PSNR sebesar 27,87 dB, serta *Percetual-Los*-nya sebesar 0,14.

Untuk mengenali wajah setiap siswa pada AS digunakan model FaceNet [17]. Model ini dilatih menggunakan pendekatan triplet, sehingga model memiliki kemampuan mengukur kemiripan dua buah citra wajah secara akurat. Pada proses pelatihan digunakan dataset CelebA [13] guna mendapatkan hasil yang akurat. Hasil eksperimen menunjukkan model yang dibangun memiliki akurasi sebesar 91,4% setelah melalui tahapan peningkatan resolusi citra, sedangkan tanpa peningkatan resolusi citra, akurasi model hanya 90.3%.

Proses deteksi mood dilakukan dengan menganalisis ekspresi wajah siswa. Proses analisis ini menggunakan model Gabor Convolutional Network (GCN)[18]. Hasil eksperimen menunjukkan nilai akurasi sebesar 75,7% jika dilakukan tanpa melibatkan proses peningkatan resolusi citra, dan 78,5% jika diintegrasikan dengan proses peningkatan resolusi citra.

Atensi secara sederhana berkorelasi dengan arah pandangan visual seseorang [20]. Berdasarkan penelitian dalam bidang psikologi, dapat pula diketahui bahwa arah pandangan seseorang dapat diindikasikan oleh orientasi kepala, dalam hal ini pose kepala [21]. Pada server analisis ini proses deteksi pose kepala yang menentukan atensi siswa dilakukan menggunakan model SVM dengan memanfaatkan fitur *Histogram of Oriented Gradient*. Adapun akurasi yang didapat masih kurang memuaskan, yaitu masih 56.7%. Hal ini terjadi karena, cukup bervariasinya pose kepala yang mempersulit proses pengenalan dan rendahnya resolusi citra tangkapan kamera yang menyebabkan hilangnya informasi detail yang dibutuhkan. Setelah model digabungkan dengan model peningkat kualitas citra, terdapat peningkatan akurasi menjadi 61.3%. Meskipun demikian model ini masih perlu dilakukan peningkatan yang lebih signifikan lagi

Berdasarkan eksperimen dan hasil pengujian menggunakan data *testing*, akurasi model terbaik untuk masing-masing model pengenal wajah, pendeteksi mood, dan pendeteksi atensi secara berturut-turut adalah 91,4%, 78,5%, dan 61,3% sebagaimana tersaji pada Tabel 1. Model pengenal wajah dan peningkatan resolusi citra memberikan performa yang mencukupi untuk diimplementasikan. Adapun model pendeteksi mood dan atensi, keduanya masih perlu dilakukan peningkatan performa. Rendahnya performa kedua model tersebut diakibatkan oleh tingginya variasi ekspresi wajah dan pose kepala di lingkungan ruang kelas yang sesungguhnya.

Selain variasi ekspresi dan pose kepala siswa, performa sistem juga dipengaruhi oleh kondisi resolusi citra hasil tangkapan kamera, mengingat kamera CCTV yang digunakan hanya memiliki resolusi 2 Megapixel (MP). Hal ini terlihat dari hasil eksperimen yang menunjukkan hasil yang lebih baik saat diintegrasikan dengan model peningkatan resolusi citra.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Model

Fitur	Model	Pengukuran	Performa
Pengenal Wajah	FaceNet	Akurasi	91,4%
Pendeteksi Mood	GCN	Akurasi	78,5%
Pendeteksi Atensi	HoG+SVM	Akurasi	61,3%
Peningkatan Resolusi Citra	SRGAN	MSE	288,79
		PSNR	27,87 dB
		Perceptual Loss	0,14

Faktor lainnya yang juga tidak kalah berpengaruh adalah jumlah data latih. Performa model pengenalan wajah memberikan hasil yang cukup baik. Model pengenalan wajah ini dilatih menggunakan dataset publik yang jumlahnya mencapai 200.000 buah citra wajah dengan variasi yang sangat tinggi. Berbeda dengan model lainnya yang hanya dilatih menggunakan dataset yang dibangun sendiri, dimana jumlahnya hanya mencapai 5.000 data. Meskipun demikian, dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa proses otomatis pemantauan keadaan peserta didik dapat dilakukan dengan menggunakan sensor kamera CCTV dan memanfaatkan model *deep learning* untuk mengalisanya.

**Dashboard Guru: Web-Based SCS**

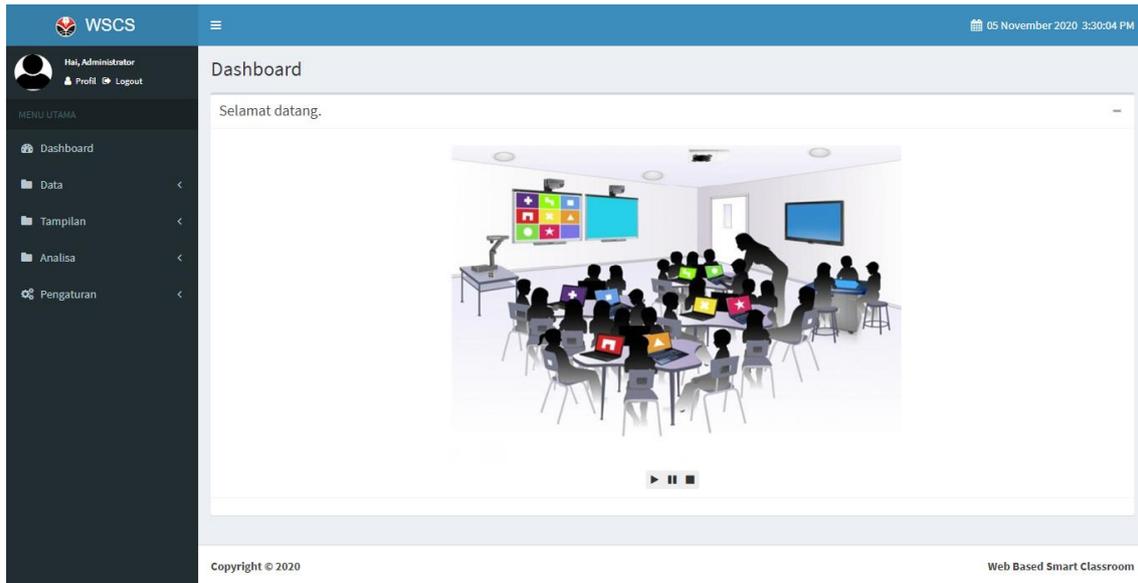
Monitoring terhadap kegiatan di dalam kelas secara otomatis dapat dilakukan melalui aplikasi *Web-Based Smart Classroom System (Web-Based SCS)*. Melalui aplikasi ini, dapat ditampilkan kegiatan yang terekam oleh kamera CCTV di dalam ruang kelas. Selain itu aplikasi ini mampu mengenali seluruh siswa yang berada di dalam ruangan secara otomatis yang dapat digunakan untuk pencatatan presensi siswa. Sistem ini juga mampu melabeli setiap wajah yang terdeteksi sistem dengan dilengkapi kondisi mood dan atensinya pada saat itu. Adapun tampilan utama aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada *Web-Based SCS* terdapat lima menu utama yaitu Dashboard, Data, Tampilan, Analisa, dan Pengaturan sebagaimana terlihat pada Gambar 5. Adapun penjelasan masing-masing fungsi dari setiap menu tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

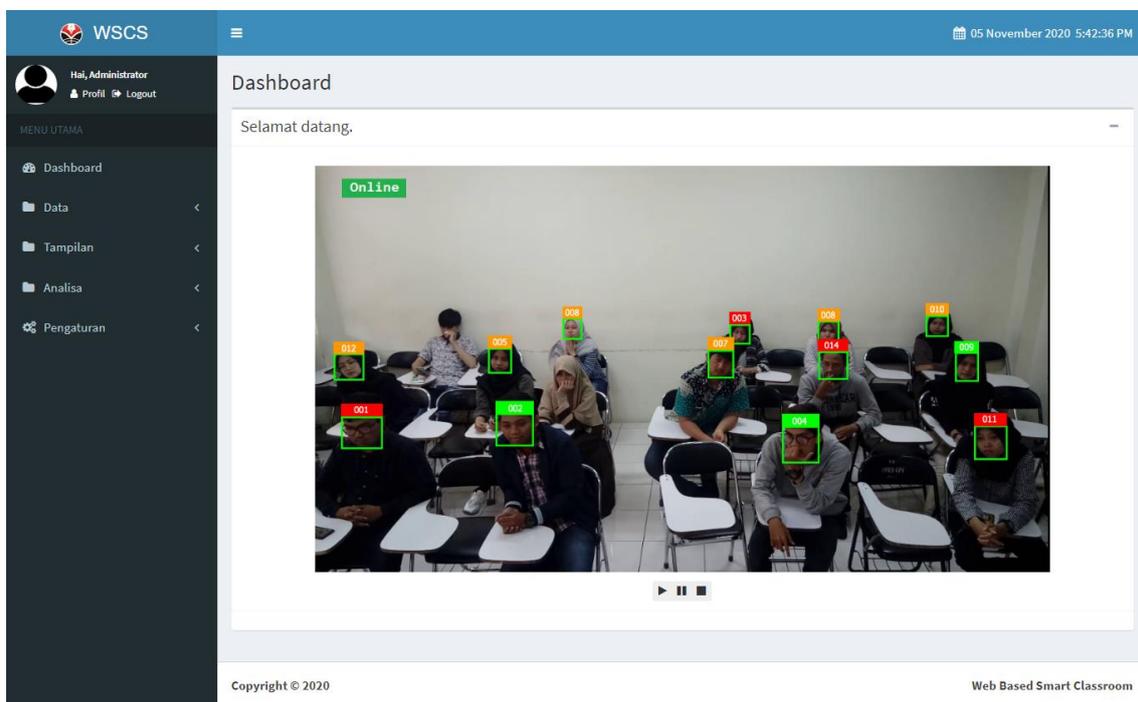
Tabel 2. Daftar Menu & Fitur Web-Based SCS

No	Menu	Sub Menu	Fungsi
1	Dashboard		Menampilkan halaman dashboard aplikasi
2	Data	Peserta	Menampilkan daftar peserta/siswa
3		Tak Dikenal	Menampilkan daftar peserta yang tidak dikenali oleh sistem
4	Tampilan	Pengenal Wajah	Menampilkan ID wajah pada tampilan kontrol
5		Mood	Menampilkan indikator mood pada tampilan kontrol
6		Atensi	Menampilkan indikator atensi pada tampilan kontrol
7	Analisa	Statistik Mood	Menampilkn grafik statistik kondisi mood siswa di ruang kelas
8		Statistik Atensi	Menampilkan statistik atensi siswa terhadap guru di ruang kelas
9	Pengaturan	Server Multimedia	Mengatur alamat dan akun server multimedia yang digunakan
10		Server Analisis	Mengatur alamat dan akun server analisis yang digunakan

Pada tampilan kontrol aplikasi, dapat ditampilkan data wajah yang berhasil dikenali beserta anotasi mood dan atensinya sebagaimana terlihat pada Gambar 6. Adapun proses pengenalan dilakukan menggunakan Analytical Server yang mengimplementasikan model-model *deep learning*. Anotasi pada layar kontrol berupa kotak berwarna hijau yang menandakan wajah yang berhasil dikenali. Di atas kotak tersebut terdapat ID wajah siswa sesuai daftar siswa yang telah disimpan. Selain itu background ID menandakan keadaan mood siswa saat ini, dimana warna merah menunjukkan mood yang kurang bagus, warna orange menunjukkan mood yang normal, serta warna hijau menunjukkan mood yang bagus. Adapun atensi dituliskan melalui nilai presentase yang berada di bawah setiap kotak berwarna hijau.

Gambar 5. Dashboard Aplikasi *Web-Based SCS*

Selain untuk pemantauan, *Web-Based SCS* juga dapat digunakan untuk mengelola arsip rekaman video pembelajaran. Arsip video ini disimpan di server multimedia yang terpisah guna mempermudah proses perawatan sistem. Semua data tersebut dapat diakses melalui *web-service* baik untuk kepentingan analisis *big-data* ataupun hanya sekedar untuk pemutaran saja.

Gambar 6. Dashboard Aplikasi *Web-Based SCS*

#### 4. Kesimpulan

Proses pengamatan kegiatan peserta didik di ruang kelas dapat dilakukan melalui kamera CCTV yang memungkinkan pemantauan secara otomatis terhadap kehadiran, ekspresi wajah yang mencerminkan mood, dan atensi peserta didik menggunakan pendekatan deep learning. Resolusi tangkapan kamera yang rendah dapat ditingkatkan menggunakan model super resolusi yang berdampak pada meningkatnya performa sistem dalam menganalisa data. Selain itu, hasil tangkapan kamera di ruang kelas dapat disimpan dalam basis data multimedia untuk kemudian digunakan dalam analisis *big-data* yang bermanfaat untuk berbagai kebutuhan di kemudian hari.

#### Referensi

- [1] D. Franklin, J. Flachsbar, and K. Hammond, "The intelligent classroom," *IEEE Intell. Syst. Their Appl.*, vol. 14, no. 5, pp. 2–3, Sep. 1999, doi: 10.1109/5254.796079.
- [2] H. Ren and G. Xu, "Human action recognition in smart classroom," *Proc. - 5th IEEE Int. Conf. Autom. Face Gesture Recognition, FGR 2002*, pp. 417–422, 2002, doi: 10.1109/AFGR.2002.1004189.
- [3] Y. Shi, W. Xie, G. Xu, R. Shi, Y. Mao, and F. Liu, "The Smart Classroom :," pp. 47–55.
- [4] C. Burghardt, C. Reisse, T. Heider, M. Giersich, and T. Kirste, "Implementing scenarios in a smart learning environment," *6th Annu. IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. PerCom 2008*, pp. 377–382, 2008, doi: 10.1109/PERCOM.2008.96.
- [5] C. Di, Z. Gang, and X. Juhong, "An introduction to the technology of blending-reality smart classroom," *Proc. - 2008 Int. Symp. Knowl. Acquis. Model. KAM 2008*, pp. 516–519, 2008, doi: 10.1109/KAM.2008.172.
- [6] A. Dekdouk, "Integrating mobile and ubiquitous computing in a smart classroom to increase learning effectiveness," *2012 Int. Conf. Educ. e-Learning Innov. ICEELI 2012*, 2012, doi: 10.1109/ICEELI.2012.6360684.
- [7] M. A. Rahman, V. K. Sarker, and K. A. Sayeed, "iClassroom: Toward a low cost interactive classroom," *Proceeding 15th Int. Conf. Comput. Inf. Technol. ICCIT 2012*, pp. 209–214, 2012, doi: 10.1109/ICCITECHN.2012.6509739.
- [8] G. Mahesh, K. R. Jayahari, and K. Bijlani, "A smart phone integrated smart classroom," *Int. Conf. Next Gener. Mob. Appl. Serv. Technol.*, pp. 88–93, Dec. 2016, doi: 10.1109/NGMAST.2016.31.
- [9] S. Yang and L. Chen, "A face and eye detection based feedback system for smart classroom," *Proc. 2011 Int. Conf. Electron. Mech. Eng. Inf. Technol. EMEIT 2011*, vol. 2, pp. 571–574, 2011, doi: 10.1109/EMEIT.2011.6023166.
- [10] S. P. Singh, A. Kumar, A. Singh, and K. Jain, "Smart and intelligent next generation classrooms over cloud," *Proc. 2015 IEEE 3rd Int. Conf. MOOCs, Innov. Technol. Educ. MITE 2015*, pp. 273–277, Jan. 2016, doi: 10.1109/MITE.2015.7375329.
- [11] Y. Kim, T. Soyata, and R. F. Behnagh, "Towards Emotionally Aware AI Smart Classroom: Current Issues and Directions for Engineering and Education," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 5308–5331, Jan. 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2791861.
- [12] K. R. Jayahari, B. Beenu, and K. Bijlani, "Delivery monitoring system for teachers' voice in traditional classrooms and automatic controlling system in smart/remote classrooms," *2017 IEEE Int. Conf. Smart Technol. Manag. Comput. Commun. Control. Energy Mater. ICSTM 2017 - Proc.*, pp. 115–121, Oct. 2017, doi: 10.1109/ICSTM.2017.8089136.
- [13] Z. Liu, P. Luo, X. Wang, and X. Tang, "Deep learning face attributes in the wild," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2015, vol. 2015 Inter, pp. 3730–3738, doi: 10.1109/ICCV.2015.425.
- [14] Martin~Abadi *et al.*, "TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems." 2015, [Online]. Available: <https://www.tensorflow.org/>.
- [15] E. Bisong, "Google Colaboratory," *Build. Mach. Learn. Deep Learn. Model. Google Cloud Platf.*, pp. 59–64, 2019, doi: 10.1007/978-1-4842-4470-8\_7.
- [16] C. Ledig *et al.*, "Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network," *Proc. - 30th IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognition, CVPR 2017*, vol. 2017-January, pp. 105–114, Sep. 2016, doi: 10.48550/arxiv.1609.04802.
- [17] F. Schroff, D. Kalenichenko, and J. Philbin, "FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 07-12-June-2015, pp. 815–823, Oct. 2015, doi:

- 10.1109/CVPR.2015.7298682.
- [18] S. Luan, C. Chen, B. Zhang, J. Han, and J. Liu, "Gabor Convolutional Networks," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 27, no. 9, pp. 4357–4366, Sep. 2018, doi: 10.1109/TIP.2018.2835143.
- [19] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," in *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, vol. 1, pp. 886–893, doi: 10.1109/CVPR.2005.177.
- [20] R. Stiefelhagen, M. Finke, J. Yang, and A. Waibel, "From Gaze to Focus of Attention," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 1614, pp. 765–772, 1999, doi: 10.1007/3-540-48762-X\_94.
- [21] S. R. H. Langton, H. Honeyman, and E. Tessler, "The influence of head contour and nose angle on the perception of eye-gaze direction," *Percept. Psychophys.*, vol. 66, no. 5, pp. 752–771, 2004, doi: 10.3758/BF03194970.