# Perancangan Arsitektur Sistem Monitoring Aktivitas Mahasiswa Berbasis Computer Vision dan Notifikasi Audio Cerdas untuk Mendukung Intelligent Campus di Politeknik Negeri Manado

*Maryou Brave Budiman[1], Angelica Joshinta Pandelaki[2], Refandi Muaja[3], Marson James Budiman[4]*

*[1] Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado*

*Coprespondent Author : bravebudiman@gmail.com*

***Abstract* — The development of the intelligent campus concept encourages educational institutions to utilize digital technology to improve the effectiveness of facility management and academic activities. One of the challenges still faced is the lack of a system capable of automatically monitoring student activity in public areas of the campus, such as plazas and corridors. Manual supervision limits the ability to obtain accurate room occupancy data and is less effective in supporting student discipline enforcement during class hours. This research aims to design a computer vision-based student activity monitoring system architecture integrated with intelligent audio notifications as part of the implementation of the intelligent campus concept. The system architecture was developed by utilizing cameras as data acquisition devices, the YOLO algorithm for human detection, DeepSORT for object tracking and people counting, an activity recognition module, a decision engine, a database, and speakers as notification actuators. The system is designed using an edge computing approach so that the analysis process is carried out locally to reduce latency and increase data processing efficiency. In addition to counting the number of students and identifying activities, the system is also capable of providing audio alerts based on class schedules and automatically detected crowd conditions. The design results show that all system components can be integrated into an architecture that supports real-time student activity monitoring, room occupancy data storage, and information presentation through a monitoring dashboard. The proposed architecture is expected to serve as the foundation for developing a smart campus monitoring system that is adaptive, efficient, and supports data-driven decision-making.**

***Keyword* — Computer Vision, Intelligent Campus, People Counting, Student Activity Monitoring, YOLO**

*Abstrak* — Perkembangan konsep intelligent campus mendorong institusi pendidikan untuk memanfaatkan teknologi digital dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan fasilitas dan aktivitas akademik. Salah satu tantangan yang masih dihadapi adalah belum tersedianya sistem yang mampu memonitor aktivitas mahasiswa secara otomatis pada area publik kampus, seperti plaza dan koridor. Pengawasan yang masih dilakukan secara manual menyebabkan keterbatasan dalam memperoleh data okupansi ruang secara akurat serta kurang efektif dalam mendukung penegakan kedisiplinan mahasiswa pada jam perkuliahan. Penelitian ini bertujuan merancang arsitektur sistem monitoring aktivitas mahasiswa berbasis computer vision yang terintegrasi dengan notifikasi audio cerdas sebagai bagian dari implementasi konsep intelligent campus. Arsitektur sistem dikembangkan dengan memanfaatkan kamera sebagai perangkat akuisisi data, algoritma YOLO untuk deteksi manusia, DeepSORT untuk pelacakan objek dan people counting, modul pengenalan aktivitas, decision engine, basis data, serta perangkat speaker sebagai aktuator notifikasi. Sistem dirancang menggunakan pendekatan edge computing sehingga proses analisis dilakukan secara lokal untuk mengurangi latensi dan meningkatkan efisiensi pemrosesan data. Selain melakukan penghitungan jumlah mahasiswa dan identifikasi aktivitas, sistem juga mampu memberikan peringatan audio berdasarkan jadwal perkuliahan maupun kondisi kerumunan yang terdeteksi secara otomatis. Hasil perancangan menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem dapat diintegrasikan ke dalam suatu arsitektur yang mendukung proses monitoring aktivitas mahasiswa secara real-time, penyimpanan data okupansi ruang, serta penyajian informasi melalui dashboard monitoring. Arsitektur yang diusulkan diharapkan menjadi fondasi dalam pengembangan sistem monitoring kampus cerdas yang adaptif, efisien, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

*Kata kunci* — Computer Vision, Intelligent Campus, People Counting, Student Activity Monitoring, YOLO

## I. PENDAHULUAN

Transformasi digital pada institusi pendidikan tinggi telah mendorong penerapan berbagai teknologi cerdas untuk meningkatkan kualitas layanan akademik maupun pengelolaan fasilitas kampus. Salah satu konsep yang berkembang dalam beberapa tahun terakhir adalah intelligent campus, yaitu lingkungan kampus yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), komputasi awan, serta analitik data untuk mendukung proses pengambilan keputusan secara otomatis dan berbasis data. Melalui konsep tersebut, berbagai aktivitas operasional kampus dapat dimonitor secara berkelanjutan sehingga efisiensi penggunaan fasilitas, keamanan, serta kualitas pelayanan akademik dapat ditingkatkan. Kemampuan algoritma deteksi objek modern, seperti keluarga YOLO, memungkinkan sistem mengenali keberadaan manusia secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi, sebagaimana ditinjau secara komprehensif dari YOLOv1 hingga YOLOv8 dan YOLO-NAS [1].

Di lingkungan kampus, area publik seperti plaza, koridor, ruang tunggu, maupun ruang terbuka sering menjadi lokasi berkumpulnya mahasiswa sebelum maupun selama kegiatan perkuliahan berlangsung. Hingga saat ini, pemantauan aktivitas pada area tersebut umumnya masih dilakukan melalui observasi langsung oleh petugas ataupun dosen. Pendekatan tersebut memiliki berbagai keterbatasan, antara lain membutuhkan sumber daya manusia yang cukup besar,

tidak dapat dilakukan secara kontinu, serta menghasilkan data yang bersifat subjektif. Akibatnya, pihak pengelola kampus mengalami kesulitan dalam memperoleh informasi yang akurat mengenai tingkat okupansi ruang, pola aktivitas mahasiswa, maupun efektivitas pemanfaatan fasilitas kampus.

Selain permasalahan pemanfaatan fasilitas, kedisiplinan mahasiswa selama jam perkuliahan juga menjadi perhatian penting. Masih ditemukannya mahasiswa yang berada di koridor atau area publik ketika proses pembelajaran berlangsung dapat mengganggu suasana akademik sekaligus mengurangi efektivitas kegiatan belajar mengajar. Upaya penertiban yang selama ini dilakukan melalui pengawasan langsung memiliki keterbatasan karena bergantung pada keberadaan petugas di lokasi serta belum mampu memberikan respons secara cepat ketika terjadi kerumunan mahasiswa. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya suatu sistem otomatis yang tidak hanya melakukan pemantauan, tetapi juga mampu memberikan intervensi secara langsung ketika kondisi tertentu terdeteksi.

Perkembangan teknologi computer vision memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. Kemampuan algoritma deteksi objek modern, seperti keluarga YOLO (You Only Look Once), memungkinkan sistem mengenali keberadaan manusia secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi. Integrasi algoritma pelacakan objek seperti DeepSORT memungkinkan setiap individu yang terdeteksi memperoleh identitas sementara sehingga proses people counting dapat dilakukan secara lebih akurat tanpa terjadi penghitungan ganda. Selain itu, perkembangan metode human activity recognition memungkinkan sistem mengenali aktivitas sederhana seperti berjalan, berdiri, duduk, maupun berkerumun berdasarkan informasi visual yang diperoleh dari kamera. Integrasi algoritma pelacakan objek seperti DeepSORT memungkinkan setiap individu yang terdeteksi memperoleh identitas sementara berbasis metrik asosiasi mendalam sehingga proses people counting dapat dilakukan secara lebih akurat tanpa terjadi penghitungan ganda [2].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem deteksi manusia maupun analisis okupansi ruangan menggunakan computer vision. Akan tetapi, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proses pengumpulan informasi visual dan belum mengintegrasikan mekanisme aktuasi sebagai respons terhadap kondisi yang terdeteksi. Dengan kata lain, sistem hanya berfungsi sebagai alat monitoring pasif tanpa memberikan tindakan langsung terhadap objek yang diamati. Padahal, dalam implementasi smart campus, kemampuan sistem untuk melakukan intervensi secara otomatis merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung pengelolaan lingkungan kampus secara adaptif. Konsep intelligent campus mendorong institusi pendidikan tinggi memanfaatkan teknologi IoT, kecerdasan buatan, dan komputasi terdistribusi untuk mendukung pemantauan real-time serta pengambilan keputusan berbasis data [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan suatu arsitektur sistem monitoring aktivitas mahasiswa berbasis computer vision yang terintegrasi dengan notifikasi audio cerdas. Sistem memanfaatkan kamera sebagai perangkat akuisisi data visual, algoritma YOLO sebagai modul deteksi manusia, DeepSORT untuk pelacakan objek dan penghitungan jumlah mahasiswa, modul pengenalan aktivitas, decision engine, basis data, dashboard monitoring, serta perangkat speaker sebagai aktuator notifikasi. Mekanisme pemberian notifikasi dirancang menggunakan dua pendekatan, yaitu berdasarkan jadwal perkuliahan (time-based notification) dan berdasarkan kondisi kerumunan yang terdeteksi (event-based notification). Pemanfaatan IoT pada smart campus memungkinkan tercapainya layanan cerdas seperti manajemen dan otomasi kampus yang lebih efisien dibandingkan pengawasan manual [4]. Seluruh proses analisis dilakukan menggunakan konsep edge computing sehingga dapat mengurangi latensi komunikasi, meningkatkan efisiensi pemrosesan data, serta meminimalkan ketergantungan terhadap layanan komputasi awan.

Kontribusi utama penelitian ini bukan terletak pada pengembangan algoritma deteksi objek yang baru, melainkan pada perancangan arsitektur sistem yang mengintegrasikan berbagai komponen computer vision, Internet of Things, basis data, dan aktuator audio ke dalam satu ekosistem monitoring yang terpadu. Arsitektur yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi landasan pengembangan sistem monitoring aktivitas mahasiswa yang adaptif, mendukung pengambilan keputusan berbasis data, serta mempercepat implementasi konsep intelligent campus di lingkungan perguruan tinggi.

## II. RINGKASAN FORMAT MANUSKRIP

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang berfokus pada perancangan arsitektur sistem monitoring aktivitas mahasiswa berbasis computer vision dan Internet of Things (IoT). Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi modul computer vision, integrasi sistem notifikasi audio, serta perancangan basis data dan dashboard monitoring. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan rancangan sistem yang terstruktur dan mudah dikembangkan pada implementasi selanjutnya.

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan sistem. Analisis dilakukan melalui observasi terhadap aktivitas mahasiswa pada area Plaza Elektro dan koridor untuk mengidentifikasi karakteristik lingkungan, posisi pemasangan kamera, kebutuhan perangkat keras, serta jenis informasi yang akan direkam oleh sistem. Informasi tersebut menjadi dasar

dalam menentukan spesifikasi kamera, perangkat komputasi, serta mekanisme komunikasi antar modul.

Tahap berikutnya adalah perancangan arsitektur sistem. Pada tahap ini ditentukan hubungan antar komponen utama yang terdiri atas kamera sebagai perangkat akuisisi data, modul edge computing, algoritma deteksi manusia, modul pelacakan objek, basis data, dashboard monitoring, dan perangkat speaker sebagai aktuator. Seluruh komponen dirancang agar mampu berkomunikasi secara otomatis melalui jaringan lokal sehingga proses analisis dapat dilakukan secara real-time.

Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak. Sistem memanfaatkan algoritma YOLO sebagai model utama untuk mendeteksi keberadaan manusia pada citra yang diperoleh kamera. Hasil deteksi kemudian diproses menggunakan algoritma DeepSORT untuk memberikan identitas sementara (tracking ID) kepada setiap objek sehingga sistem dapat menghitung jumlah individu tanpa terjadi penghitungan ganda. Selain itu, sistem juga mengimplementasikan modul pengenalan aktivitas sederhana untuk mengidentifikasi kondisi seperti berjalan, berdiri, duduk, maupun kerumunan mahasiswa.

Tahap berikutnya adalah perancangan mekanisme notifikasi audio. Modul ini berfungsi sebagai sistem intervensi otomatis yang diaktifkan berdasarkan dua kondisi, yaitu jadwal perkuliahan (time-based notification) dan deteksi kerumunan mahasiswa (event-based notification). Ketika salah satu kondisi terpenuhi, sistem mengirimkan perintah kepada speaker untuk memutar pesan peringatan secara otomatis. Pendekatan ini memungkinkan sistem tidak hanya berfungsi sebagai media monitoring, tetapi juga sebagai perangkat pengendali lingkungan secara aktif.

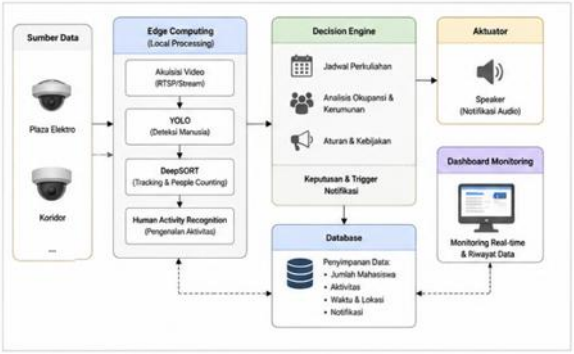
Tahap terakhir adalah perancangan basis data dan dashboard monitoring. Seluruh informasi hasil deteksi, seperti jumlah mahasiswa, waktu pengamatan, lokasi kamera, aktivitas yang teridentifikasi, serta status notifikasi audio disimpan ke dalam basis data. Data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk dashboard sehingga pihak pengelola dapat memonitor kondisi fasilitas kampus secara real-time maupun melakukan evaluasi berdasarkan data historis.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Perancangan Arsitektur Sistem

Hasil utama penelitian ini adalah rancangan arsitektur sistem monitoring aktivitas mahasiswa yang mengintegrasikan teknologi computer vision, edge computing, Internet of Things (IoT), basis data, dan dashboard monitoring ke dalam satu platform yang saling terhubung. Arsitektur dirancang untuk mendukung proses pemantauan aktivitas mahasiswa secara otomatis tanpa memerlukan pengawasan langsung oleh petugas. Pendekatan edge computing memungkinkan sebagian besar pemrosesan video dilakukan di dekat sumber data sehingga mengurangi konsumsi bandwidth dan latensi dibandingkan pendekatan cloud computing konvensional [5].

Secara umum, sistem dibangun menggunakan tiga lapisan utama (three-layer architecture), yaitu lapisan akuisisi data (data acquisition layer), lapisan pemrosesan (processing layer), dan lapisan layanan (application layer). Pembagian ini memberikan modularitas sehingga setiap komponen memiliki fungsi yang jelas dan dapat dikembangkan secara independen. Multi-access edge computing diusulkan untuk mendukung analitik video IoT karena mampu menekan latensi komunikasi dibandingkan pengiriman seluruh data ke server cloud yang jauh [6].




**Gambar 1. Arsitektur Sistem secara Keseluruhan**

Pada lapisan akuisisi data, kamera dipasang pada dua lokasi berbeda, yaitu Plaza Elektro dan koridor. Kamera pada Plaza Elektro digunakan untuk memperoleh informasi tingkat okupansi ruang melalui pengambilan citra secara periodik, sedangkan kamera pada koridor digunakan untuk melakukan pemantauan aktivitas mahasiswa secara real-time. Pemisahan fungsi kedua kamera tersebut bertujuan untuk menyesuaikan karakteristik masing-masing area sehingga penggunaan sumber daya komputasi menjadi lebih efisien.

Seluruh data visual dikirim menuju perangkat edge computing yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan lokal. Pendekatan ini memungkinkan seluruh proses analisis dilakukan di lokasi pemasangan kamera sehingga latensi komunikasi menjadi lebih rendah dibandingkan apabila seluruh data dikirim ke server berbasis cloud. Selain itu, penggunaan edge computing juga mengurangi kebutuhan bandwidth jaringan dan meningkatkan keandalan sistem ketika koneksi internet tidak stabil.

### 3.2 Implementasi Modul Computer Vision

Modul pengenalan aktivitas sederhana seperti berjalan, berdiri, duduk, maupun berkerumun dapat diimplementasikan menggunakan pendekatan human action recognition berbasis video yang dijalankan pada perangkat edge [7]. Implementasi computer vision terdiri atas tiga

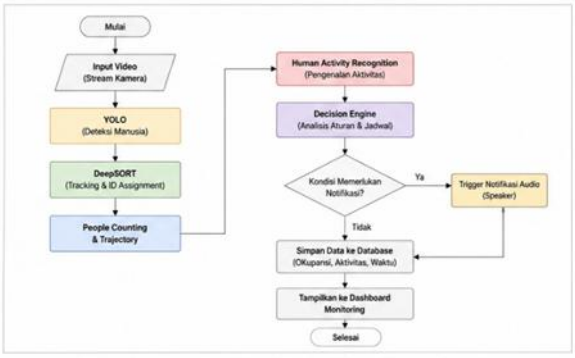
proses utama, yaitu deteksi manusia (human detection), pelacakan objek (object tracking), dan penghitungan jumlah mahasiswa (people counting). Ketiga proses tersebut membentuk alur analisis visual yang saling berkaitan.

Tahap pertama dimulai ketika kamera memperoleh citra dari lingkungan sekitar. Citra tersebut kemudian diproses menggunakan model YOLO untuk mendeteksi objek manusia. Model menghasilkan koordinat bounding box pada setiap individu beserta nilai confidence score sebagai indikator tingkat keyakinan hasil deteksi. Integrasi YOLOv8 dan DeepSORT dalam satu arsitektur terpadu terbukti mampu menggabungkan tugas deteksi, pelacakan, dan penghitungan orang secara real-time dengan akurasi penghitungan yang tinggi [8].

Selanjutnya, hasil deteksi diteruskan menuju algoritma DeepSORT. Berbeda dengan YOLO yang hanya melakukan deteksi pada setiap frame secara independen, DeepSORT mempertahankan identitas setiap individu selama berada dalam area pengamatan. Dengan mekanisme tersebut, sistem mampu menghitung jumlah mahasiswa secara lebih akurat karena setiap objek hanya dihitung satu kali meskipun bergerak di dalam area pemantauan. Sistem penghitungan orang masuk/keluar secara real-time menggunakan YOLOv8 dan DeepSORT telah terbukti efektif untuk aplikasi pemantauan okupansi area publik [9].

Selain melakukan penghitungan jumlah mahasiswa, sistem juga dirancang untuk mengidentifikasi aktivitas dasar yang dilakukan pengguna ruang. Aktivitas seperti berjalan, berdiri, duduk, maupun berkerumun menjadi parameter tambahan yang disimpan ke dalam basis data sehingga informasi yang diperoleh tidak hanya berupa jumlah individu, tetapi juga pola aktivitas pada setiap lokasi pengamatan.

Integrasi ketiga modul tersebut menghasilkan informasi visual yang lebih kaya dibandingkan sistem CCTV konvensional. CCTV umumnya hanya berfungsi sebagai media perekaman video, sedangkan sistem yang diusulkan mampu mengubah data visual menjadi informasi numerik yang siap dianalisis lebih lanjut.




**Gambar 2. Diagram alir proses YOLO–DeepSORT–Decision Engine**

Seperti ditunjukkan di atas, aturlah subbagian ini dengan format pensejajaran dan font poin 10 Times New Roman miring. Susunlah dengan urutan abjad (*A, B,...*), diikuti dengan periode, spasi tunggal, huruf awal judul subbagian adalah huruf besar untuk masing-masing kata. Deskripsi paragraf untuk heading subbagian tersebut diatur poin 6 sebelum dan setelah, dan spasi baris persis poin 12.

### 3.3 Implementasi Mekanisme Notifikasi Audio

Salah satu kontribusi utama penelitian ini adalah integrasi modul computer vision dengan sistem notifikasi audio cerdas. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang sebagian besar hanya berfokus pada proses pemantauan visual, sistem yang diusulkan mampu memberikan respons secara langsung terhadap kondisi yang diamati. Deteksi kerumunan berbasis deep learning dapat dimanfaatkan sebagai pemicu event-based notification ketika jumlah individu pada suatu area melebihi ambang batas tertentu [10].

Mekanisme notifikasi dirancang menggunakan dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah time-based notification, yaitu aktivasi speaker berdasarkan jadwal perkuliahan. Pada waktu tertentu, misalnya pukul 07.45 dan 13.00, sistem secara otomatis memutar pesan suara yang mengingatkan mahasiswa agar segera memasuki ruang kelas. Pendekatan ini tidak bergantung pada hasil analisis visual sehingga tetap berjalan sesuai jadwal akademik.

Pendekatan kedua adalah event-based notification, yaitu aktivasi speaker berdasarkan hasil analisis computer vision. Ketika jumlah mahasiswa yang berada pada area koridor melebihi nilai ambang (threshold) atau sistem mendeteksi adanya kerumunan, modul Decision Engine mengirimkan perintah kepada speaker untuk memutar pesan peringatan secara otomatis. Mekanisme ini memungkinkan sistem melakukan intervensi secara adaptif sesuai kondisi aktual di lapangan.

Penerapan dua mekanisme tersebut memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan sistem pengingat berbasis waktu saja. Selain mampu menjalankan jadwal rutin, sistem juga dapat merespons situasi yang tidak terduga sehingga efektivitas pengawasan menjadi lebih baik.

### 3.4 Implementasi Penyimpanan Data dan Dashboard Monitoring

Seluruh hasil analisis yang diperoleh dari modul computer vision disimpan ke dalam basis data sebagai activity log. Informasi yang direkam meliputi waktu pengamatan, lokasi kamera, jumlah mahasiswa, kategori aktivitas, serta status notifikasi audio. Penyimpanan data secara terstruktur memungkinkan proses pencarian, analisis statistik, maupun visualisasi dilakukan secara efisien.

Data historis tersebut kemudian disajikan melalui dashboard monitoring yang berfungsi sebagai antarmuka utama bagi administrator. Dashboard dirancang untuk menampilkan kondisi setiap lokasi secara real-time melalui

indikator visual, grafik okupansi, serta rekapitulasi aktivitas mahasiswa berdasarkan rentang waktu tertentu. Estimasi okupansi ruang berbasis computer vision menggunakan beberapa kamera telah diuji pada ruang kelas dengan tingkat okulasi tinggi dan menunjukkan kapabilitas prediksi yang baik [11].




**Gambar 6. Desain Dashboard Monitoring**

Selain menampilkan kondisi saat ini, dashboard juga menyediakan informasi historis yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi penggunaan fasilitas kampus. Dengan adanya data historis tersebut, pihak pengelola dapat mengidentifikasi jam sibuk (peak hours), tingkat kepadatan mahasiswa pada setiap lokasi, serta kecenderungan pola aktivitas selama periode tertentu. Informasi ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan fasilitas kampus secara berbasis data. Ketersediaan kamera pengawas yang sudah terpasang di banyak gedung institusi mempermudah penerapan pengukuran okupansi berbasis video untuk mendukung kontrol yang berpusat pada penghuni ruang [12].

### 3.5 Analisis Arsitektur Sistem

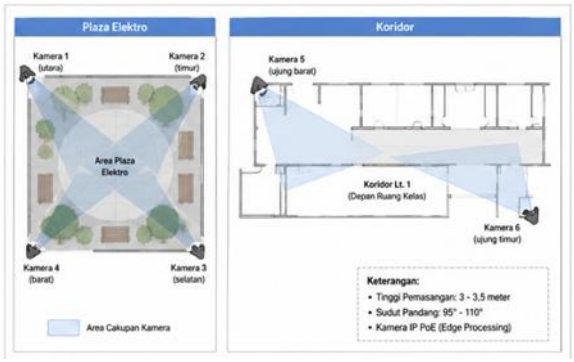
Arsitektur yang diusulkan menunjukkan beberapa keunggulan dibandingkan pendekatan monitoring konvensional. Pertama, penggunaan konsep edge computing memungkinkan proses analisis dilakukan secara lokal sehingga mengurangi ketergantungan terhadap server pusat. Pendekatan ini meningkatkan kecepatan respons sistem sekaligus menurunkan kebutuhan bandwidth jaringan karena hanya hasil analisis yang disimpan ke basis data.

Kedua, integrasi antara YOLO dan DeepSORT memungkinkan proses deteksi manusia dan people counting dilakukan secara berkesinambungan. Kombinasi kedua algoritma tersebut menghasilkan kemampuan pemantauan yang lebih baik dibandingkan penggunaan algoritma deteksi objek saja karena setiap individu dapat dilacak secara konsisten selama berada dalam area pengamatan. Implementasi YOLO dan DeepSORT pada perangkat edge seperti Nvidia Jetson Nano telah terbukti mampu menjalankan proses deteksi dan pelacakan objek secara real-time dengan kebutuhan sumber daya komputasi yang terbatas [13].

Ketiga, sistem tidak hanya berfungsi sebagai media observasi, tetapi juga mampu melakukan tindakan (active surveillance) melalui notifikasi audio otomatis. Kemampuan ini menjadi pembeda utama terhadap berbagai penelitian terdahulu yang umumnya berhenti pada tahap deteksi dan pencatatan aktivitas tanpa memberikan respons terhadap kondisi yang diamati. Sistem pemantauan berbasis IoT dan computer vision di lingkungan pendidikan dapat dirancang untuk memberikan notifikasi otomatis kepada pihak terkait berdasarkan kondisi yang terdeteksi di ruang kelas [14].

Keempat, seluruh data aktivitas mahasiswa direkam dalam bentuk numerik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data (data-driven decision making). Informasi mengenai tingkat okupansi ruang, pola aktivitas mahasiswa, serta waktu puncak penggunaan fasilitas dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas pemanfaatan ruang publik maupun menyusun kebijakan pengelolaan fasilitas kampus di masa mendatang. Mekanisme notifikasi otomatis berbasis IoT yang mengaktifkan aktuator (termasuk speaker) ketika kondisi tertentu terdeteksi telah diterapkan pada berbagai sistem manajemen gedung cerdas untuk mendukung respons real-time [15].

Berdasarkan hasil analisis tersebut, arsitektur yang diusulkan telah mampu mengintegrasikan proses akuisisi data, analisis visual, pengambilan keputusan, aktuasi perangkat audio, serta penyimpanan data ke dalam satu sistem monitoring yang terpadu. Pendekatan ini mendukung implementasi konsep intelligent campus melalui penyediaan informasi real-time dan mekanisme intervensi otomatis yang adaptif terhadap kondisi lingkungan.




**Gambar 4. Skema Penempatan Kamera**

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan, penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah arsitektur sistem monitoring aktivitas mahasiswa yang mengintegrasikan teknologi computer vision, edge computing, Internet of Things (IoT), basis data, dan notifikasi audio cerdas dalam satu platform yang terpadu. Arsitektur yang diusulkan dirancang untuk mendukung proses pemantauan aktivitas

mahasiswa secara otomatis melalui pemanfaatan kamera sebagai perangkat akuisisi data, algoritma YOLO untuk deteksi manusia, DeepSORT untuk pelacakan objek dan people counting, serta Decision Engine yang mengendalikan mekanisme notifikasi audio berdasarkan jadwal perkuliahan maupun kondisi kerumunan yang terdeteksi. Pendekatan ini memungkinkan sistem tidak hanya berfungsi sebagai media pengawasan pasif, tetapi juga mampu memberikan respons secara aktif terhadap kondisi yang terjadi di lingkungan kampus. Konsep tersebut sejalan dengan rancangan sistem yang diusulkan dalam proposal penelitian.

Selain itu, arsitektur yang dirancang mampu menghasilkan data aktivitas mahasiswa secara terstruktur melalui proses pencatatan (data logging) yang selanjutnya divisualisasikan dalam dashboard monitoring. Informasi mengenai jumlah mahasiswa, pola aktivitas, tingkat okupansi ruang, serta riwayat notifikasi dapat dimanfaatkan sebagai dasar evaluasi pemanfaatan fasilitas kampus dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data (data-driven decision making). Dengan desain yang modular dan skalabel, arsitektur sistem ini juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut melalui penambahan jumlah kamera, integrasi dengan sensor IoT lainnya, maupun penerapan analisis perilaku berbasis kecerdasan buatan yang lebih kompleks. Oleh karena itu, arsitektur yang diusulkan diharapkan dapat menjadi fondasi dalam pengembangan sistem monitoring aktivitas mahasiswa yang adaptif serta mendukung implementasi konsep intelligent campus pada lingkungan perguruan tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Manado yang telah memberikan dukungan dan bantuan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian ini. Dukungan tersebut sangat membantu dalam menunjang proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

## DAFTAR ACUAN.

[1] J. Terven, D. M. Córdova-Esparza, and J. A. Romero-González, "A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS," Machine Learning and Knowledge Extraction, vol. 5, no. 4, pp. 1680–1716, 2023. DOI: 10.3390/make5040083. Cek: https://arxiv.org/abs/2304.00501

[2] N. Wojke, A. Bewley, and D. Paulus, "Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric," in Proc. 2017 IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP), 2017, pp. 3645–3649. DOI: 10.1109/ICIP.2017.8296962. https://arxiv.org/abs/1703.07402

[3] "Smart Campus in Higher Education: A Systematic Review of Intelligent Technologies, Information Systems, and Sustainable Digital Ecosystems," Applied Sciences, vol. 16, no. 14, art. 7277, 2026. DOI (via MDPI): https://www.mdpi.com/2076-3417/16/14/7277

[4] T. Modupeola and A. Y. Reeves, "Internet of Things and Its Applications to Smart Campus: A Systematic Literature Review," International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM), vol. 16, no. 23, 2022. DOI: 10.3991/IJIM.V16I23.36215. https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/36215

[5] M. Hu, Z. Luo, A. Pasdar, Y. C. Lee, Y. Zhou, and D. Wu, "Edge-Based Video Analytics: A Survey," arXiv:2303.14329, 2023. https://arxiv.org/abs/2303.14329

[6] "IoT video analytics for surveillance-based systems in smart cities," Computer Communications (ScienceDirect), 2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140366424002020

[7] "A new framework for deep learning video based Human Action Recognition on the edge," Expert Systems with Applications (ScienceDirect), 2023. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417423027227

[8] D. Nurseitov, K. Bostanbekov, N. Toiganbayeva, A. Zhalgas, D. Yedilkhan, and B. Amirgaliyev, "Vision-Based People Counting and Tracking for Urban Environments," Journal of Imaging, vol. 12, no. 1, art. 27, 2026. DOI: 10.3390/jimaging12010027. https://doi.org/10.3390/jimaging12010027

[9] J. M. L. Alano, J. R. G. Agtunong, and M. A. E. Latina, "Real-Time In/Out Crowd Counting System Utilizing YOLOv8 with DeepSORT," in Proc. 2024 8th Int. Conf. on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM), 2024. https://www.researchgate.net/publication/388813935

[10] W. Mansouri, M. A. Alohali, H. Alqahtani, N. Alruwais, M. Alshammeri, and A. Mahmud, "Deep convolutional neural network-based enhanced crowd density monitoring for intelligent urban planning on smart cities," Scientific Reports, vol. 15, art. 5759, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-90430-4. https://www.nature.com/articles/s41598-025-90430-4

[11] I. Gursel Dino, E. Kalfaoglu, O. K. Iseri, B. Erdogan, S. Kalkan, and A. A. Alatan, "Vision-based estimation of the number of occupants using video cameras," Advanced Engineering Informatics, vol. 53, art. 101662, 2022. DOI: 10.1016/j.aei.2022.101662. https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101662

[12] "Experimental study on surveillance video-based indoor occupancy measurement with occupant-centric control," arXiv, 2026. https://arxiv.org/pdf/2603.26081

[13] "Real-Time Object Detection and Recognition on Jetson Nano," dalam buku/prosiding Springer, 2024/2025 (implementasi YOLOv7-tiny + DeepSORT pada perangkat edge Nvidia Jetson Nano). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-8602-2_32

[14] "IoT-Integrated Smart Attendance and Attention Monitoring System For Primary and Secondary School Classroom Management," Journal of Electronics Technology Exploration, 2024. https://shmpublisher.com/index.php/joetex/article/view/381

[15] "IoT-Based Smart Building Management: A Dual Approach to Automation and Safety with Real-Time Monitoring and Alerts," 2025. https://www.researchgate.net/publication/390975942.