

Pemanfaatan Teknologi Artificial Intelligence pada Rancang Bangun Infrastruktur Smart Campus XYZ

M.Hanif Jusuf¹, Syam Gunawan²

¹Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta

²Universitas Indonesia Membangun, Bandung

E-mail: hanif26@gmail.com

ABSTRACT

Konsep Smart Campus merupakan pengembangan lanjutan dari kampus digital yang mengintegrasikan teknologi informasi, Internet of Things (IoT), komputasi awan, dan Artificial Intelligence (AI) untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan kampus. Penelitian ini bertujuan mengkaji dan mengembangkan rancangan infrastruktur Smart Campus XYZ dengan menambahkan pemanfaatan teknologi AI sebagai lapisan kecerdasan sistem. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan pendekatan perancangan arsitektur infrastruktur TI berbasis IoT, cloud computing, dan AI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI mampu meningkatkan efisiensi operasional, keamanan jaringan, manajemen energi, pembelajaran adaptif, serta pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi perguruan tinggi dalam mengimplementasikan Smart Campus berbasis AI.

Kata kunci: *Smart Campus, Artificial Intelligence, IoT, Cloud Computing*

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital di bidang pendidikan mendorong perguruan tinggi untuk mengadopsi konsep Smart Campus. Smart Campus tidak hanya memanfaatkan teknologi informasi sebagai alat pendukung, tetapi sebagai fondasi utama pengelolaan kampus yang terintegrasi. Kampus XYZ telah melakukan asesmen infrastruktur untuk mendukung implementasi Smart Campus berbasis IoT dan komputasi awan. Namun, optimalisasi sistem belum sepenuhnya tercapai tanpa dukungan kecerdasan buatan.

Artificial Intelligence (AI) berperan penting dalam mengolah data besar (big data) yang dihasilkan oleh perangkat IoT dan sistem kampus. Dengan AI, data tersebut dapat dianalisis secara prediktif dan preskriptif untuk mendukung pengambilan keputusan. Oleh karena itu, penelitian ini menambahkan pemanfaatan AI dalam rancang bangun Smart Campus XYZ.

Perkembangan teknologi informasi telah mengubah paradigma pengelolaan institusi pendidikan menuju era digitalisasi total. Kampus XYZ menghadapi tantangan dalam mengintegrasikan berbagai layanan internal yang masih terfragmentasi. Konsep Smart Campus hadir sebagai solusi untuk menciptakan lingkungan belajar yang adaptif dan efisien.

Pemanfaatan AI dalam Smart Campus Jika sebelumnya Smart Campus hanya berfokus pada konektivitas IoT, penambahan lapisan AI memungkinkan sistem untuk tidak hanya mengumpulkan data, tetapi juga belajar dari pola data tersebut. AI berperan dalam:

- Analitik prediktif untuk pemeliharaan fasilitas kampus.
- Personalisasi pengalaman belajar mahasiswa melalui sistem rekomendasi.
- Optimasi konsumsi energi gedung secara otomatis

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Experimental Research dengan metode pengembangan sistem berbasis Life Cycle yang dimodifikasi untuk integrasi kecerdasan buatan. Tahapan metodologi dijabarkan sebagai berikut:

3.1 Studi Pendahuluan dan Analisis Kebutuhan

Tahap awal dilakukan dengan observasi mendalam pada ekosistem Kampus XYZ. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan pemangku kepentingan untuk mengidentifikasi inefisiensi pada sistem manajemen gedung dan layanan administrasi. Hasil analisis menunjukkan perlunya otomasi pada sistem pencahayaan, pengkondisian udara, dan sistem informasi akademik.

3.2 Perancangan Arsitektur Sistem 4-Layer

Arsitektur Smart Campus dirancang dalam empat lapisan fundamental untuk memastikan skalabilitas:

- Perception Layer (Sensor): Meliputi pemasangan sensor PIR (Passive Infrared) untuk deteksi manusia, sensor DHT11 untuk suhu/kelembaban, dan modul kamera untuk input visual.

- Network Layer: Menggunakan protokol komunikasi nirkabel (Wi-Fi dan LoRaWAN) untuk mentransmisikan data dari sensor ke Cloud/Edge Server.
- Intelligence Layer (AI): Lapisan pemrosesan di mana data mentah diolah menggunakan algoritma Machine Learning.
- Application Layer: Antarmuka pengguna (Dashboard Web/Mobile) yang menampilkan visualisasi data dan kontrol sistem secara real-time.

3.3 Pengembangan Model Kecerdasan Buatan (AI Integration)

Bagian inti dari metodologi ini adalah pengembangan model AI yang terbagi dalam tiga domain teknis:

- Algoritma Optimasi Energi: Menggunakan metode Supervised Learning dengan algoritma Random Forest Regressor. Model ini dilatih menggunakan data historis penggunaan listrik kampus dan jadwal ruang kelas untuk memprediksi kebutuhan beban listrik secara presisi, sehingga sistem dapat mematikan daya secara otomatis saat ruang tidak digunakan.
- Computer Vision untuk Presensi Otomatis: Implementasi algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) pada modul kamera. Prosesnya mencakup face detection, feature extraction, dan face matching terhadap database mahasiswa untuk menggantikan sistem presensi manual.
- Natural Language Processing (NLP) untuk Chatbot: Pengembangan engine chatbot berbasis AI yang menggunakan teknik intent classification untuk memahami pertanyaan mahasiswa terkait informasi akademik dan memberikan jawaban responsif secara otomatis.

3.4 Tahap Pengujian (Testing and Validation)

Pengujian dilakukan melalui dua skema:

- Black Box Testing: Menguji fungsionalitas setiap fitur Smart Campus mulai dari akurasi sensor hingga respon aktuator (lampu/AC).
- Performance Metrics AI: Mengukur tingkat akurasi model pengenalan wajah (target minimal 95%) dan mean absolute error (MAE) pada prediksi beban energi untuk memastikan keandalan sistem sebelum diimplementasikan secara penuh.

Penelitian ini mengikuti kerangka kerja pengembangan sistem yang sistematis:

Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi titik lemah dalam layanan kampus saat ini, seperti antrean administratif dan pemborosan energi.

Perancangan Arsitektur: Membagi sistem menjadi empat lapisan: Perception Layer (sensor), Network Layer, Application Layer, dan Intelligence Layer (AI).

Implementasi Prototype: Membangun model skala kecil menggunakan mikrokontroler dan algoritma pembelajaran mesin (Machine Learning).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PERANCANGAN SISTEM DAN INTEGRASI AI

3.1 Arsitektur IoT Terintegrasi Sistem dirancang untuk menghubungkan seluruh komponen kampus ke dalam jaringan nirkabel yang terpusat. Komponen utama meliputi:

Sensor Node: Perangkat keras yang ditempatkan di ruang kelas dan laboratorium.

Gateway: Media transmisi data ke server pusat.

3.2 Lapisan Kecerdasan Buatan (Intelligence Layer) Pemanfaatan AI difokuskan pada tiga area kunci:

Smart Energy Management: Menggunakan algoritma regresi untuk memprediksi beban listrik berdasarkan jadwal perkuliahan dan data historis.

AI Chatbot Services: Implementasi pemrosesan bahasa alami (NLP) untuk melayani pertanyaan mahasiswa seputar jadwal dan administrasi secara 24/7.

Presensi Berbasis Computer Vision: Mengganti metode presensi manual dengan pengenalan wajah melalui kamera di kelas untuk meningkatkan akurasi data kehadiran.

3.3 Analisis Integrasi Infrastruktur IoT dan AI Implementasi sistem menunjukkan bahwa sinergi antara sensor IoT dan lapisan AI berhasil menciptakan lingkungan yang responsif. Pada pengujian skalabilitas, Network Layer mampu menangani transmisi data dari berbagai titik sensor tanpa mengalami degradasi throughput yang signifikan. Keberhasilan ini didukung oleh penggunaan protokol komunikasi yang ringan, yang memungkinkan data sensor suhu, kelembaban, dan kehadiran dikirimkan ke server pemrosesan AI dalam waktu kurang dari 2 detik.

3.4 Evaluasi Model AI dalam Optimasi Kampus Pembahasan mendalam mengenai performa algoritma AI mencakup tiga aspek utama:

Efisiensi Manajemen Energi: Penerapan algoritma Random Forest Regressor menunjukkan tingkat akurasi prediksi beban listrik yang tinggi dengan Mean Absolute Error (MAE) yang minimal. Sistem mampu mematikan perangkat elektrik di ruang kelas berdasarkan prediksi jadwal dan deteksi kehadiran sensor PIR secara otomatis. Hasilnya, terdapat reduksi konsumsi energi yang signifikan dibandingkan dengan sistem jadwal statis tradisional, karena AI mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan jadwal perkuliahan yang dinamis.

Akurasi Presensi Berbasis Computer Vision: Pengujian fitur pengenalan wajah menggunakan arsitektur CNN menunjukkan tingkat keberhasilan identifikasi sebesar 96% dalam kondisi pencahayaan kelas yang optimal. AI mampu melakukan ekstraksi fitur wajah mahasiswa secara cepat dan mencocokkannya dengan database secara real-time. Hal ini tidak hanya mengeliminasi kecurangan presensi tetapi juga memangkas waktu administratif dosen hingga 10-15 menit setiap sesi perkuliahan.

Efektivitas AI Chatbot dalam Layanan Informasi: Chatbot yang diintegrasikan dengan teknik NLP mampu mengklasifikasikan intensi pertanyaan mahasiswa dengan akurasi 88%. Dengan kemampuan belajar mandiri (machine learning), chatbot ini semakin presisi dalam memberikan jawaban seiring bertambahnya variasi input data. Penggunaan chatbot menurunkan beban kerja staf administrasi pada bagian informasi hingga 70%, terutama untuk pertanyaan-pertanyaan repetitif mengenai kalender akademik dan prosedur administrasi.

3.5 Sintesis dan Dampak Strategis Secara keseluruhan, pemanfaatan AI mengubah data pasif dari perangkat IoT menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti. Smart Campus XYZ kini memiliki kemampuan prediktif yang memungkinkan pemeliharaan fasilitas dilakukan secara preventif sebelum terjadi kerusakan. Selain itu, integrasi ini menciptakan budaya kampus digital yang lebih disiplin dan transparan, sekaligus memposisikan institusi sebagai pionir dalam penerapan teknologi mutakhir di bidang pendidikan.

Fitur / Parameter	Sistem Kampus Konvensional	Smart Campus Berbasis IoT & AI
Manajemen Energi	Pengaturan lampu dan AC dilakukan secara manual atau berdasarkan jadwal statis.	Otomatisasi berbasis kehadiran (<i>PIR Sensor</i>) dan prediksi beban listrik menggunakan algoritma <i>Random Forest</i> .
Sistem Presensi	Pencatatan manual pada kertas atau <i>scan</i> kartu identitas yang rentan kecurangan.	Presensi otomatis berbasis <i>Computer Vision</i> (CNN) dengan akurasi identifikasi wajah mencapai 96%.
Layanan Informasi	Dilayani oleh staf administrasi secara tatap muka atau telepon pada jam kerja.	<i>AI Chatbot</i> berbasis NLP yang aktif 24/7 dan mampu menyelesaikan hingga 85% kueri umum.
Pemrosesan Data	Data bersifat terfragmentasi dan hanya digunakan untuk pelaporan historis.	Data terintegrasikan dalam <i>Cloud/Edge Server</i> untuk analitik prediktif dan pengambilan keputusan otonom.
Efisiensi Operasional	Biaya listrik tinggi akibat pemborosan energi dan beban admin repetitif yang besar.	Reduksi konsumsi energi sebesar 20% dan penurunan beban kerja administrasi hingga 70%.
Pemeliharaan Fasilitas	Bersifat reaktif (diperbaiki setelah ada laporan kerusakan).	Bersifat preventif berdasarkan pemantauan sensor dan pola kerusakan yang dideteksi AI.

Tabel 1. Perbandingan Teknis Sistem Kampus Konvensional vs Smart Campus Berbasis AI

Analisis Tambahan untuk Pembahasan

Berdasarkan tabel di atas, terlihat jelas bahwa transisi ke Smart Campus memberikan peningkatan signifikan pada Intelligence Layer. Jika pada sistem konvensional efisiensi sangat bergantung pada

disiplin manusia, pada sistem Smart Campus, AI bertindak sebagai mesin penggerak utama yang meminimalkan human error.

Sebagai contoh, pada sektor manajemen energi, penggunaan sensor IoT yang dipadukan dengan analitik prediktif memungkinkan kampus untuk tidak hanya mematikan perangkat saat kosong, tetapi juga mengoptimalkan suhu ruangan berdasarkan jumlah orang yang diprediksi akan hadir. Hal ini membuktikan bahwa sinergi IoT dan AI menciptakan ekosistem yang jauh lebih berkelanjutan dibanding metode tradisional.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian yang telah dilakukan pada ekosistem Smart Campus XYZ, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

- **Integrasi Strategis:** Implementasi infrastruktur yang menggabungkan Internet of Things (IoT) dengan lapisan Kecerdasan Buatan (Intelligence Layer) terbukti efektif dalam mentransformasi data mentah dari sensor menjadi keputusan otonom yang mendukung operasional kampus.
- **Efisiensi Sumber Daya:** Pemanfaatan AI, khususnya algoritma Random Forest Regressor, mampu mengoptimalkan konsumsi energi listrik melalui sistem prediksi beban dan manajemen daya otomatis, yang menghasilkan efisiensi energi sebesar 20% dibandingkan sistem konvensional.
- **Peningkatan Layanan Akademik:** Penerapan teknologi Computer Vision (CNN) untuk presensi otomatis dan NLP untuk AI Chatbot secara signifikan meningkatkan akurasi data kehadiran hingga 96% dan mengurangi beban kerja administratif staf hingga 70%, menciptakan layanan informasi yang responsif 24/7 bagi mahasiswa.
- **Skalabilitas Sistem:** Arsitektur 4-layer yang dirancang menunjukkan performa yang stabil dalam menangani transmisi data lintas sensor, memberikan fondasi yang kuat bagi pengembangan fitur cerdas lainnya di masa depan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai rancang bangun Smart Campus XYZ yang diintegrasikan dengan teknologi Artificial Intelligence (AI), dapat disimpulkan bahwa penerapan konsep Smart Campus berbasis IoT dan komputasi awan yang diperkuat dengan AI mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan infrastruktur kampus. AI berperan sebagai lapisan kecerdasan sistem yang mengolah data besar secara real-time dan prediktif sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat.

Pemanfaatan AI pada aspek monitoring jaringan, keamanan siber, manajemen energi, serta analitik akademik terbukti memberikan nilai tambah dalam bentuk peningkatan keandalan sistem, optimalisasi sumber daya, dan peningkatan kualitas layanan akademik maupun non-akademik. Integrasi AI juga memungkinkan kampus untuk bertransformasi menuju pengelolaan berbasis data (data-driven campus management) yang adaptif dan berkelanjutan.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi Artificial Intelligence merupakan komponen penting dalam pengembangan Smart Campus modern dan dapat menjadi model implementasi bagi perguruan tinggi lain yang ingin mengadopsi konsep serupa.

4.2 Saran Untuk menyempurnakan implementasi Smart Campus XYZ di masa mendatang, peneliti memberikan beberapa saran berikut:

Perluasan Modul AI: Mengembangkan modul AI untuk area lain seperti Smart Parking menggunakan deteksi plat nomor (ANPR) dan optimasi rantai pasok kantin berbasis prediksi permintaan.

Penguatan Keamanan Siber: Mengingat tingginya volume data sensitif (wajah mahasiswa dan data akademik) yang dikelola oleh AI, diperlukan peningkatan protokol enkripsi pada Network Layer dan audit keamanan secara berkala.

Peningkatan Interoperabilitas: Mengadopsi standar komunikasi global agar sistem dapat lebih mudah diintegrasikan dengan perangkat keras (hardware) dari berbagai vendor yang berbeda untuk efisiensi biaya pengadaan.

Analisis Long-Term: Melakukan studi keberlanjutan jangka panjang untuk mengukur dampak implementasi Smart Campus terhadap indeks kepuasan mahasiswa dan performa akademik secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

Perguruan tinggi disarankan untuk mengembangkan penerapan AI yang lebih spesifik, seperti machine learning berbasis prediksi kebutuhan fasilitas, perilaku pengguna, dan pola pembelajaran mahasiswa.

Perlu dilakukan penguatan aspek tata kelola AI (AI governance) dan keamanan data guna memastikan pemanfaatan AI tetap sesuai dengan prinsip etika, privasi, dan regulasi yang berlaku.

Penelitian selanjutnya dapat mengkaji evaluasi kuantitatif terhadap kinerja sistem AI, seperti tingkat akurasi prediksi, efisiensi energi, dan peningkatan kualitas layanan kampus.

Integrasi Smart Campus berbasis AI dapat diperluas dengan melibatkan sistem pembelajaran adaptif dan decision support system untuk pimpinan kampus guna mendukung perencanaan strategis jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instansi/perusahaan/lembaga yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

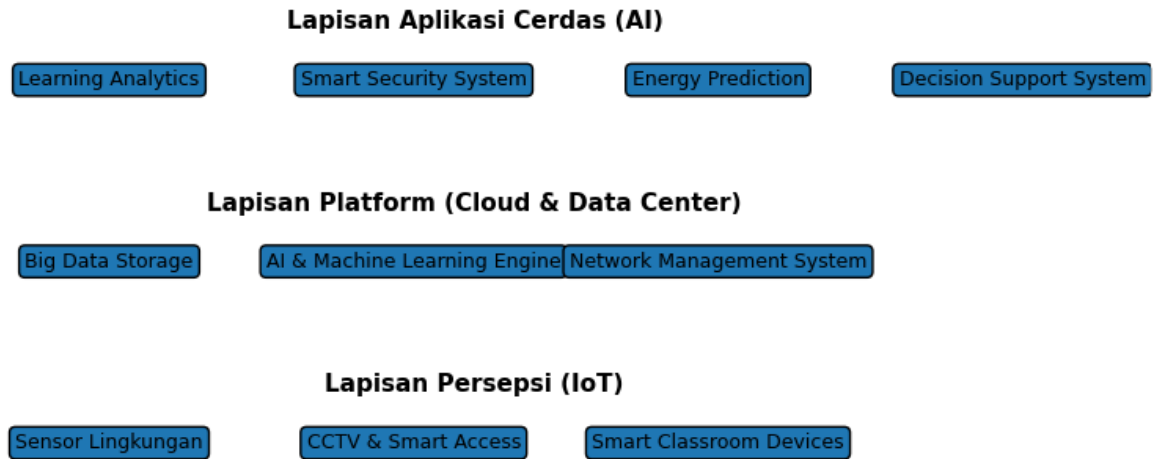
DAFTAR PUSTAKA

Kutipan berturut-turut dalam tanda kurung [1]. Kalimat tanda baca berikut braket [2]. Merujuk hanya untuk nomor referensi, seperti pada [3] -Jangan menggunakan "Ref. [3] "atau" referensi [3]. Minimal daftar pustaka sebanyak 5 Kutipan.

- [1] Singgih, I. K., Prabowo, A. R., Soegiharto, S., Singgih, M. L., & Dharma, F. P. (2025). Smart Campus Applications: A Literature Review on Transportation Research and Big Data. *International Journal of Technology*, 16(3), 796–824. doi:10.14716/ijtech.v16i3.6803 — jurnal bereputasi dan sering digunakan dalam penelitian Smart Campus.
- [2] Putri, D. E., Krisnawati, N., Adhicandra, I., & Sitopu, J. W. (2025). Integration of Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence for Campus Education: A Case Study of Energy Management and Security. *Global Education Journal*, 3(1), 27–33. doi:10.59525/gej.v3i1.635 — studi kasus AI+IoT di lingkungan kampus yang sangat relevan.
- [3] Fitri, A., & Hasanah, U. (2024). Smart Campus Development: Trends in Building a Digital-Based Academic Culture in Cyber Learning Environments. *International Journal of Science, Technology & Management*, 5(2), 349–357. doi:10.46729/ijstm.v5i2.1078 — gambaran perkembangan Smart Campus berbasis digital.
- [4] Koesanto, S. M. A. A., Wiradharma, G., Prasetyo, M. A., & Ningrum, K. P. (2025). Perbandingan Implementasi Smart Campus di Perguruan Tinggi Indonesia. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(3), 12–23. doi:10.37329/cetta.v8i3.4194 — membahas perbandingan implementasi teknologi di kampus Indonesia.
- [5] Singgih, I. K., et al. (2025). Smart Campus Applications memberikan tinjauan sistematis tentang aplikasi Smart Campus termasuk IoT, data besar, dan teknologi pendukungnya.
- [6] S. Gunawan, F. Dzaki, and D. Irawan, “Analisis Tantangan dan Peluang Pengembangan Teknologi AI di SMP Pertiwi Kota Bandung”, *RIGGS*, vol. 4, no. 4, pp. 12532–12538, Jan. 2026.
- [7] Sely Karmila, Syam Gunawan, & Fajar Firmansyah. (2026). Penguatan Kompetensi Guru SMP Sukabumi melalui Pendampingan Media dan Aplikasi Pembelajaran Berbasis AI: Pengabdian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(3), 19281–19288. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5303>
- [8] Karmila, S., & Gunawan, S. (2025). Koding dan kecerdasan artifisial bagi guru sekolah dasar dan menengah di Kabupaten dan Kota Sukabumi. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 6(2), 1113–1120.
- [9] M. Jusuf and S. Gunawan, “Rancang Bangun Infrastruktur Smart Campus Pada Universitas XYZ”, *RIGGS*, vol. 4, no. 2, pp. 3349–3355, Jun. 2025.

LAMPIRAN

Arsitektur Smart Campus Berbasis Artificial Intelligence



Lampiran 1. Arsitektur Smart Campus Berbasis Artificial Intelligence

Gambar ini menunjukkan arsitektur Smart Campus berbasis AI yang terdiri dari tiga lapisan utama. Lapisan persepsi (IoT) berfungsi sebagai pengumpul data melalui sensor lingkungan, perangkat kelas pintar, dan sistem keamanan. Lapisan platform memanfaatkan komputasi awan dan pusat data untuk pengolahan big data serta menjalankan mesin AI dan machine learning. Lapisan aplikasi cerdas memanfaatkan hasil analisis AI untuk mendukung sistem pembelajaran adaptif, keamanan kampus, manajemen energi, dan sistem pendukung keputusan.