

Perbandingan Implementasi *Smart Campus* di Perguruan Tinggi Indonesia

Stefani Made Ayu Artharini Koesanto^{1*}, Gunawan Wiradharma¹,
Mario Aditya Prasetyo², Karina Pramita Ningrum³

¹Universitas Terbuka, Indonesia

²Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

³Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia

*stefanimadeayu@ecampus.ut.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the implementation of smart campuses across various higher education institutions in Indonesia and to identify the challenges and strategies involved in supporting the three pillars of higher education (tridharma). Employing a descriptive qualitative approach, data were collected through semi-structured interviews with six informants consisting of lecturers, students, and IT experts from both academic universities and vocational institutions. The findings indicate significant variation in the adoption of smart campus technologies, influenced by infrastructure readiness, digital literacy levels, and institutional priorities. Academic universities tend to adopt administrative and digital learning systems more rapidly, while vocational institutions focus on the practical application of technology for industrial training. The main challenges identified include limited access to internet infrastructure and digital devices, as well as low digital literacy, particularly among senior faculty and students. In response, many institutions have initiated digital literacy training and the development of integrated information systems. This study highlights the need for a standardized and adaptable smart campus framework tailored to each institution's context. Furthermore, collaboration between universities and technology providers is considered essential for accelerating campus-wide digital transformation. The results of this research are expected to serve as a reference for policymakers and institutional leaders in formulating more effective, sustainable, and inclusive strategies for smart campus development in the era of digital transformation in higher education.

Keywords: *Smart Campus; Digital Transformation; Digital Literacy; Higher Education; Tridharma*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi *smart campus* di berbagai perguruan tinggi di Indonesia serta mengidentifikasi tantangan dan strategi yang diterapkan dalam mendukung tridharma perguruan tinggi. Menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif, data dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur terhadap enam informan yang berasal dari dosen, mahasiswa, dan ahli teknologi informasi di universitas umum dan pendidikan vokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variasi dalam tingkat adopsi teknologi antar institusi, yang dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur, tingkat literasi digital sivitas akademika, serta fokus kelembagaan dalam penggunaan teknologi. Universitas umum cenderung lebih cepat mengadopsi teknologi berbasis administrasi dan pembelajaran daring, sementara pendidikan vokasi lebih berfokus pada aplikasi teknologi praktis untuk keperluan pelatihan industri. Kendala utama yang dihadapi adalah keterbatasan fasilitas seperti jaringan internet dan perangkat digital, serta rendahnya literasi digital, khususnya di kalangan dosen dan mahasiswa

senior. Untuk mengatasi tantangan tersebut, sebagian besar institusi telah menginisiasi pelatihan literasi digital dan pengembangan sistem informasi terintegrasi. Penelitian ini menekankan pentingnya pengembangan kerangka kerja standar implementasi *smart campus* yang adaptif dan kontekstual dengan kebutuhan masing-masing institusi. Selain itu, kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri teknologi dinilai penting untuk mempercepat proses digitalisasi kampus secara menyeluruh. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pembuat kebijakan dan pengelola institusi dalam merumuskan strategi pengembangan kampus cerdas yang lebih efektif, berkelanjutan, dan inklusif dalam menghadapi era transformasi digital di pendidikan tinggi.

Kata Kunci: *Smart Campus*; Transformasi Digital; Literasi Digital; Pendidikan Tinggi; Tridarma Perguruan Tinggi

Pendahuluan

Tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi begitu cepat sehingga perlu dilakukan penyesuaian dengan melakukan evaluasi dan pengembangan kurikulum pendidikan (Apriyani et al., 2019). Di era global saat ini perguruan tinggi menghadapi tantangan untuk menghasilkan lulusan yang dapat beradaptasi sesuai dengan perkembangan zaman. Dalam menjawab tantangan perlu adanya peningkatan aspek-aspek utama di pendidikan tinggi termasuk transformasi digital dalam penyelenggaraan pendidikan. Transformasi yang sudah terlihat bentuknya adalah dengan mengadopsi platform pembelajaran *online*, ruang kelas virtual, dan alat digital untuk menyampaikan mata kuliah dan meningkatkan pengalaman belajar.

Tidak cukup hanya dalam proses pembelajaran, penggunaan teknologi yang menyeluruh juga memengaruhi proses administrasi, metode penelitian, dan saluran komunikasi di dalam institusi pendidikan tinggi (Geng et al., 2019; Santos et al., 2019). Penerapan teknologi ini di perguruan tinggi dikenal dengan istilah *smart campus* yang berfokus pada integrasi teknologi modern, seperti *Internet of Things* (IoT), *big data*, dan kecerdasan buatan (AI) untuk mendukung berbagai aspek kehidupan kampus. Fenomena ini semakin diperkuat dengan terjadinya pandemi Covid-19 yang memaksa pendidikan untuk beralih ke model pembelajaran *hybrid* sehingga menggabungkan metode tatap muka dan daring.

Model *hybrid* ini memungkinkan fleksibilitas, pembelajaran yang dipersonalisasi, dan perpaduan antara kegiatan pembelajaran sinkronus dan asinkronus. Pembelajaran campuran telah menjadi fitur yang menonjol dalam pendidikan tinggi, bahkan ketika lembaga-lembaga bertransisi kembali ke mode pengajaran yang lebih tradisional (Holland et al., 2020; Turnbull et al., 2021). Institusi pendidikan tinggi berinvestasi dalam layanan dukungan, seperti penasihat akademik, konseling karier, dan sumber daya kesehatan mental untuk memastikan mahasiswa berkembang secara akademis, sosial, dan emosional. Pendidikan tinggi telah menjadi lebih mengglobal dengan meningkatnya jumlah mahasiswa yang belajar di luar negeri dan kolaborasi internasional antar institusi.

Seiring dengan perkembangan teknologi 5.0 yang merupakan hasil dari peningkatan penggunaan teknologi informasi, seperti *Internet of Things* (IoT), *big data*, dan kecerdasan buatan (AI), telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan masyarakat, termasuk universitas. Perguruan tinggi kini semakin berlomba untuk mengoptimalkan teknologi tersebut untuk meningkatkan kualitas layanan pendidikan. Penggunaan IoT, AI, perangkat pintar, dan realitas virtual telah menciptakan peluang dalam pendidikan tinggi untuk meningkatkan kualitas layanan pendidikan bagi para pemangku kepentingan (Gao, 2022).

Banyak universitas di seluruh dunia telah mengembangkan aplikasi yang memanfaatkan teknologi pintar untuk menyediakan layanan pendidikan yang lebih baik. *Machine learning, cloud computing, IoT, big data, dan radio-frequency identification (RFID)* akan menjadi teknologi utama yang digunakan untuk membangun *smart campus* (Elhedhli et al., 2021). *Smart campus* dapat meningkatkan kualitas kebijakan kampus, meningkatkan proses belajar mengajar, dan memperkaya kehidupan kampus. *Smart campus* harus dapat menerapkan teknologi modern untuk menyediakan layanan pintar yang baik. Layanan pintar yang baik memiliki beberapa fitur termasuk aman, berkelanjutan, terintegrasi, terukur, dapat diandalkan, responsif, dan sangat efisien (Rawajbeh, 2018). Zhang et al., (2022) mengemukakan bahwa berbagai universitas di dunia mengadopsi *smart campus* dengan tujuan yang berbeda, misalnya ada yang berfokus pada pembelajaran digital, ada pula yang lebih menitikberatkan pada efisiensi energi dan pengelolaan infrastruktur kampus. Polin et al., (2023) mengklasifikasikan penerapan *smart campus* dalam empat domain utama, yaitu ekonomi, sosial, lingkungan, dan tata kelola, namun tidak ada model yang benar-benar mencakup keempat aspek ini secara komprehensif. Hal ini menandakan bahwa masih ada perbedaan dalam cara konsep *smart campus* dipahami dan diterapkan.

Indonesia memiliki sekitar 4.600 universitas dengan total sembilan juta mahasiswa. Oleh karena itu, implementasi *smart campus* di Indonesia memiliki urgensi yang tinggi sejalan dengan target pemerintah dalam mempercepat transformasi digital nasional dan meningkatkan daya saing pendidikan tinggi di tingkat global (Bangsawan, 2023). Tantangan yang dihadapi oleh institusi pendidikan tinggi saat ini adalah menyesuaikan pengajaran dan pembelajaran dengan perkembangan teknologi yang ada untuk meningkatkan daya saing dan meningkatkan potensi suatu pendidikan tinggi. Perguruan tinggi di Indonesia diwajibkan untuk melaksanakan tridarma atau tiga pilar pendidikan tinggi.

Tridarma tersebut terdiri atas menjalankan peran pendidikan dan pengajaran, melakukan penelitian dan inovasi, dan mengaplikasikan ilmu yang diperoleh untuk meningkatkan kehidupan masyarakat. Implementasi *smart campus* bertujuan untuk mengoptimalkan ketiga nilai tersebut dengan mengintegrasikan dalam layanan manajemen dan pengajaran (Imbar et al., 2022). Di Indonesia *smart campus* belum memiliki pengertian yang mengerucut untuk dipahami bersama. Berbagai penelitian terkait *smart campus* memberikan definisi berdasarkan pendekatan yang berbeda-beda. Jika dikelompokkan, ada tiga pendekatan yang digunakan dalam mendefinisikan *smart campus*, yaitu didorong oleh teknologi, adopsi konsep *smart city*, dan berdasarkan pengembangan organisasi atau proses bisnis (Muhamad et al., 2017).

Komponen teknologi *smart campus*, khususnya di Indonesia, sangat beragam dan belum memiliki standar. Kondisi ini menyulitkan dalam menentukan pengaruh komponen terhadap penciptaan dan keberhasilan *smart campus*. Akibatnya, praktik *smart campus* tersebar di berbagai bidang secara tidak terstruktur dan tidak merata. Bidang-bidang tersebut adalah tata kelola, manusia, mobilitas, lingkungan, tempat tinggal, dan ekonomi (Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2019). Praktik *smart campus* belum secara signifikan mempengaruhi tugas perguruan tinggi, yaitu pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat.

Tantangan ini membutuhkan pembuktian dengan memetakan komponen *smart campus* dan area penerapan *smart campus* berdasarkan penelitian sebelumnya. *Smart campus* mengacu pada fasilitas-fasilitas yang ada di kampus sebagai pendukung semua kegiatan sivitas akademika (Alghamdi & Shetty, 2016). Sistem *smart campus* dalam implementasinya serta penerapannya tidak mudah karena melibatkan banyak sarana yang harus diwujudkan (Wibawa, 2017). Di universitas luar negeri konsep

teknologi pada *smart campus* yang telah diterapkan diharapkan mampu mendukung proses riset, pembelajaran tingkat lanjut juga untuk mengefisiensikan proses pengiriman layanan administrasi dan sistem informasi. Universitas yang telah menerapkan konsep teknologi *smart campus*, seperti Dalhousie University. Penerapan teknologi yang diterapkan bertujuan untuk peningkatan kepuasan layanan para mahasiswa, dosen, dan juga faktor efisiensi (Putra, 2017).

Penelitian terdahulu telah banyak mengkaji *smart campus* dengan berbagai pendekatan, baik dari sisi teknologi, kebijakan, maupun integrasi sistem. Namun, sedikit yang membahas bagaimana *smart campus* dapat mempengaruhi tridarma perguruan tinggi di Indonesia, terutama dalam mengintegrasikan teknologi untuk mendukung aktivitas pembelajaran, penelitian, dan pengabdian masyarakat secara lebih efektif. Selain itu, meskipun berbagai komponen teknologi telah diterapkan, belum ada penelitian yang menyeluruh mengenai standar yang tepat untuk memetakan pengaruh teknologi dalam menciptakan *smart campus* yang terstruktur di Indonesia.

Penelitian mengenai kampus cerdas telah banyak dilakukan oleh para ahli yang mengadopsi definisi kota cerdas. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Atif et al., (2015) kampus pintar merupakan sebuah pendekatan yang dihadirkan dengan komposisi ruang belajar, lingkungan belajar secara fisik ditambah dengan layanan digital dan sosial. Sementara itu, fasilitas kampus mendukung seluruh operasional sivitas akademika dalam melaksanakan Tridarma Perguruan Tinggi yang memanfaatkan teknologi informasi sebagai tulang punggungnya dan merupakan pengembangan dari administrasi kampus yang bersifat konvensional atau biasa (Cordia, 2017).

Iqbal dalam Qurtubi (2022) menyatakan bahwa *smart campus* menggabungkan sistem pembelajaran dengan pemanfaatan teknologi informasi sehingga memudahkan proses belajar mengajar dan kegiatan lainnya. Menurut Sulistyohati et al., (2018) perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), ilmu pengetahuan, dan sumber daya manusia menjadi pendukung utama kampus cerdas. Syidada & Wahyuningtyas (2019) juga menyatakan bahwa *smart campus* merupakan sarana bagi perguruan tinggi untuk memenangkan persaingan di era industri 4.0. Sistem ini menyediakan layanan yang cepat, akurat, dan *real time* untuk semua sivitas akademika.

Celdran et al., (2020) menyatakan bahwa sistem ini menyediakan sarana daring yang tersebar secara geografis untuk mengakses sumber daya pembelajaran dan laboratorium. Zakir et al., (2019) melaporkan bahwa keberhasilan perguruan tinggi dalam memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) atau *smart campus* sebagai upaya kompetitif dan berdaya saing pada dasarnya terletak pada beberapa indikator, seperti *technoware*, *info was*, atau *aware*, dan *humanware*. Penelitian ini menggunakan teori sistem informasi untuk menganalisis penerapan teknologi di *smart campus* dengan fokus pada integrasi sistem teknologi dalam mendukung tridarma pendidikan tinggi.

Selain itu, teori adopsi teknologi digunakan untuk memahami bagaimana dosen dan mahasiswa mengadopsi teknologi dalam lingkungan kampus cerdas dan bagaimana hambatan dalam penerapannya dapat diatasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi *smart campus* di perguruan tinggi Indonesia dan mengidentifikasi tantangan yang dihadapi dalam implementasinya. Selain itu, penelitian ini juga akan mengidentifikasi penerapan *smart campus* terhadap tridarma pendidikan tinggi. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap pengembangan *smart campus* di Indonesia dengan memberikan rekomendasi bagi pihak-pihak terkait, seperti pembuat kebijakan dan pembuat kebijakan pendidikan tinggi dalam merumuskan strategi pengembangan teknologi yang lebih terstandarisasi dan berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas dan daya saing perguruan tinggi dalam menghadapi perkembangan zaman.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis deskriptif yang bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi teknologi *smart campus* di perguruan tinggi Indonesia. Data diperoleh dari enam informan yang terdiri dari dosen dan ahli teknologi informasi di beberapa perguruan tinggi, baik universitas umum maupun institusi pendidikan vokasi. Informan ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan keterlibatan dan pengalaman dalam penggunaan teknologi di lingkungan kampus. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur secara langsung dan daring dengan menggunakan panduan wawancara yang disusun untuk menggali informasi mengenai penerapan teknologi dalam proses akademik dan administrasi, kesiapan infrastruktur, literasi digital, serta strategi yang digunakan untuk mengatasi hambatan implementasi. Instrumen penelitian berupa daftar pertanyaan terbuka yang fleksibel dan memungkinkan peneliti menggali informasi tambahan selama proses wawancara berlangsung. Seluruh data hasil wawancara ditranskripsi dan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola-pola utama dan mengelompokkan temuan ke dalam tema-tema yang relevan sesuai fokus penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Transformasi digital dalam pendidikan tinggi telah mendorong adopsi berbagai teknologi modern, termasuk LMS, *Internet of Things* (IoT), dan kecerdasan buatan (AI), yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas pengajaran, administrasi, dan penelitian. Meskipun teknologi tersebut telah diintegrasikan di banyak universitas di dunia, penerapannya di Indonesia masih menghadapi tantangan yang signifikan, terutama dalam hal literasi digital dan infrastruktur teknologi. Tabel 1 di bawah ini menyajikan hasil pengolahan data wawancara yang menggambarkan aspek-aspek utama yang telah diidentifikasi dalam penerapan teknologi *smart campus* di perguruan tinggi Indonesia.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Wawancara

No.	Aspek	Kode	Deskripsi
1	Penerapan <i>Smart Campus</i>	Penggunaan LMS	Semua aspek administrasi kampus (pendaftaran, ujian, hingga wisuda) dikelola melalui sistem digital.
		Digitalisasi Administrasi	Keterbatasan fasilitas dan infrastruktur, seperti Wi-Fi, <i>whiteboard touchscreen</i> , dan perpustakaan digital.
2	Hambatan dalam Penerapan Teknologi	Infrastruktur Teknologi	Dosen dan mahasiswa, terutama yang lebih tua, menghadapi kesulitan dalam menggunakan teknologi baru, membutuhkan pelatihan.
		Literasi Digital	Pendidikan vokasi lebih menekankan aplikasi teknologi praktis, seperti penggunaan alat industri, dibandingkan dengan pendidikan akademik.

3	Perbedaan Implementasi pada Pendidikan Vokasional	Adopsi Teknologi di Universitas Umum (UGM, IPB)	Universitas umum lebih fokus pada teori dan penelitian, serta penerapan teknologi untuk administrasi dan pembelajaran akademik.
		Adopsi Teknologi di Vokasi (PNP)	Perlunya pelatihan intensif bagi dosen dan mahasiswa untuk meningkatkan literasi digital dan penggunaan teknologi secara efektif.
4	Solusi dan Harapan	Pelatihan Sosialisasi Teknologi dan	Peningkatan dan pemerataan infrastruktur teknologi yang mendukung penerapan <i>smart campus</i> secara menyeluruh.
		Pengembangan Infrastruktur	Harapan untuk integrasi sistem teknologi yang lebih baik di seluruh kampus untuk kemudahan administrasi dan pembelajaran.
		Sistem Terintegrasi	Integrasi antara teknologi dan praktik lapangan dalam pendidikan untuk menghasilkan lulusan yang siap menghadapi dunia kerja.
		Pendidikan yang Seimbang antara Praktik dan Teori	Penerapan platform LMS untuk manajemen pembelajaran, pengumpulan tugas, dan interaksi antara dosen dan mahasiswa.

Sumber: Pengolahan Data

Temuan menunjukkan bahwa universitas umum seperti UGM dan IPB telah memiliki infrastruktur digital yang lebih matang, mencakup jaringan Wi-Fi stabil, ruang kelas pintar, serta pemanfaatan IoT untuk manajemen fasilitas kampus. *Penggunaan cloud computing* juga diterapkan dalam pengelolaan data akademik yang terintegrasi. Sebaliknya, pendidikan vokasi seperti PNP menghadapi keterbatasan dalam pemerataan jaringan internet, keterbatasan perangkat keras seperti *smart board* serta kurangnya *server* untuk pengelolaan data. Hal ini sejalan dengan kajian Valks et al., (2020) yang menekankan pentingnya IoT dalam mendukung keputusan berbasis data secara *real-time* untuk efisiensi kampus.

Semua institusi telah mengadopsi *Learning Management System* (LMS) untuk mendukung pembelajaran daring. Universitas umum memanfaatkan LMS yang terintegrasi dengan SIAKAD, mempermudah administrasi perkuliahan hingga wisuda. UGM bahkan mengembangkan sistem berbasis *big data* untuk menganalisis pola belajar mahasiswa. Pendidikan vokasi seperti PNP menggunakan LMS namun fokus pada aplikasi praktis untuk mendukung pelatihan industri. Hal ini mencerminkan pendekatan *blended learning* seperti dalam teori *Self-Directed Learning* (Geng et al., 2019). Institusi pendidikan tinggi mulai mengembangkan layanan mahasiswa berbasis aplikasi, seperti portal akademik, *e-library*, dan layanan bimbingan daring. Namun, akses terhadap aplikasi ini masih terbatas di kampus vokasi yang mengalami kendala infrastruktur. Semua kampus sepakat bahwa layanan aplikasi penting untuk meningkatkan pengalaman mahasiswa, sesuai dengan pendekatan *human-centered* (Zhang et al., 2022). Tingkat adopsi teknologi lebih tinggi di universitas umum dibandingkan pendidikan vokasi.

Dosen dan mahasiswa di universitas umum lebih terbiasa dengan penggunaan aplikasi pembelajaran, didukung oleh pelatihan yang memadai. Namun, resistensi terhadap perubahan masih ditemui, terutama pada dosen senior. Kepuasan pengguna cenderung meningkat ketika terdapat dukungan teknis yang responsif dan pelatihan praktis. Hal ini sejalan dengan teori adopsi teknologi yang menekankan kemudahan penggunaan sebagai faktor utama (Davis, 1989). Peningkatan literasi digital menjadi harapan utama bagi semua universitas dalam mengoptimalkan penerapan *smart campus*. Diharapkan adanya pelatihan dan sosialisasi yang lebih intensif bagi dosen dan mahasiswa dalam menggunakan teknologi *smart campus*.

Pelatihan ini tidak hanya terbatas pada penggunaan aplikasi, tetapi juga mencakup pemahaman mendalam tentang manfaat dan potensi teknologi tersebut dalam meningkatkan kualitas pendidikan dan administrasi. Pelatihan yang komprehensif harus mencakup modul-modul praktis yang memungkinkan dosen dan mahasiswa untuk mencoba langsung teknologi yang akan mereka gunakan sehari-hari. Kampus juga diharapkan menyediakan sumber daya tambahan, seperti tutorial *online*, sesi konsultasi dengan ahli teknologi, dan dukungan teknis yang mudah diakses. Dengan demikian, seluruh sivitas akademika dapat lebih siap dan percaya diri dalam memanfaatkan teknologi yang ada.

Perbedaan utama antara pendidikan vokasi, seperti di politeknik (Politeknik Negeri Pontianak dan universitas, seperti di UNM, IPB, UMN, dan UGM adalah fokus pada penerapan teknologi. PNP lebih mengutamakan penggunaan teknologi praktis yang langsung diterapkan dalam fasilitas vokasional, sedangkan universitas umum lebih berfokus pada integrasi teknologi dalam aspek akademik dan administrasi. Pendidikan vokasi cenderung lebih menekankan pada keterampilan praktis yang dapat langsung diterapkan di dunia kerja, sedangkan universitas umum lebih mengutamakan teori dan penelitian yang mendukung pengembangan ilmu pengetahuan.

Universitas umum cenderung lebih cepat mengadopsi teknologi baru dalam sistem pembelajaran dan administrasi, sementara pendidikan vokasi lebih lambat dalam hal ini, tetapi lebih fokus pada penggunaan teknologi praktis di lapangan. Literasi digital juga lebih tinggi di universitas umum dibandingkan di pendidikan vokasi. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan dalam tujuan pendidikan dan sumber daya yang tersedia. Universitas umum sering kali memiliki akses yang lebih besar ke sumber daya teknologi dan dukungan dari industri teknologi, sementara pendidikan vokasi mungkin lebih terbatas dalam hal ini. Semua institusi menghadapi kendala yang serupa dalam penerapan teknologi, terutama terkait literasi digital dan integrasi sistem. Namun, solusi yang diambil berbeda-beda. Universitas umum lebih mengandalkan pelatihan dan sosialisasi, sementara pendidikan vokasi lebih fokus pada pengembangan teknologi praktis yang dapat langsung digunakan oleh mahasiswa dan masyarakat. Misalnya, universitas umum mungkin mengadakan *workshop* dan seminar tentang penggunaan teknologi digital dalam pengajaran, sedangkan pendidikan vokasi mungkin lebih fokus pada pengenalan teknologi terbaru di laboratorium dan *workshop* praktis.

Meskipun terdapat perbedaan dalam pendekatan dan fokus, semua institusi perguruan tinggi sepakat bahwa teknologi *smart campus* penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan efisiensi administrasi. Semua institusi juga menghadapi tantangan dalam hal adaptasi teknologi oleh dosen dan mahasiswa serta berharap adanya peningkatan dalam literasi digital dan integrasi sistem ke depan. Selain itu, semua institusi menyadari pentingnya dukungan infrastruktur yang memadai untuk mendukung penerapan teknologi *smart campus*. Dengan komitmen yang kuat dari pihak universitas dan kolaborasi dengan penyedia teknologi, diharapkan bahwa penerapan *smart campus* dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

Penerapan *smart campus* menunjukkan bahwa meskipun terdapat berbagai tingkat kemajuan dalam penerapan teknologi, tantangan utama tetap berada pada adaptasi dan literasi digital. Semua institusi perguruan tinggi sepakat bahwa kombinasi antara teknologi dan metode konvensional diperlukan untuk mencapai hasil pendidikan yang optimal. Harapan mereka untuk masa depan adalah adanya integrasi yang lebih baik dan pelatihan yang lebih mendalam bagi pengguna teknologi di lingkungan akademik. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan universitas dapat mengoptimalkan penerapan teknologi *smart campus* dan meningkatkan kualitas pendidikan serta efisiensi administrasi kampus.

Setiap tahap penerapan teknologi yang dihadapi oleh perguruan tinggi, khususnya di Indonesia menggabungkan semua sumber daya dari para pemangku kepentingan, termasuk mahasiswa, fakultas, administrator, dan staf, mengenai dampak teknologi dalam menciptakan kampus yang cerdas. Hal yang paling menantang adalah pada tahap integrasi dan tahap optimalisasi. Hal ini merupakan tantangan yang cukup besar bagaimana perguruan tinggi mengembangkan kerangka kerja atau pedoman teknologi yang menetapkan standar, kebijakan, dan praktik terbaik untuk implementasi teknologi (Hartati et al., 2022; Saripudin et al., 2019).

Dalam tahap optimalisasi inovasi dan kesiapan masa depan, sebagian besar perguruan tinggi di Indonesia perlu terus beradaptasi dengan teknologi baru dan menghindari investasi pada teknologi yang mungkin akan cepat ketinggalan zaman. Hal ini membutuhkan informasi terbaru tentang tren yang sedang berkembang dan membuat keputusan yang tepat tentang adopsi teknologi. Kegagalan untuk mengikuti perkembangan teknologi dapat mengakibatkan investasi pada solusi yang ketinggalan zaman atau tidak efektif sehingga berdampak negatif pada kemampuan institusi untuk beradaptasi dan berinovasi menuju kampus yang cerdas (Kucharska & Rebelo, 2022; Salamun et al., 2021). Dalam penerapan *smart campus*, setiap perguruan tinggi di Indonesia menunjukkan variasi dalam pendekatan dan implementasinya. Ditemukan bahwa perbedaan utama dalam penerapan *smart campus* terletak pada aspek teknologi yang digunakan, kesiapan infrastruktur, tingkat literasi digital, serta fokus utama dalam penerapan teknologi.

1. Teknologi yang digunakan universitas lebih banyak mengadopsi platform pembelajaran daring yang komprehensif, seperti *Learning Management System (LMS)* berbasis AI dan *Internet of Things (IoT)* untuk mendukung sistem informasi akademik. Sebaliknya, perguruan tinggi vokasi lebih berfokus pada penggunaan teknologi praktis yang langsung diterapkan dalam lingkungan industri, seperti sistem otomasi dan perangkat berbasis sensor untuk mendukung praktik laboratorium.
2. Kesiapan infrastruktur teknologi juga menunjukkan perbedaan yang signifikan. Universitas yang memiliki pendanaan dan dukungan pemerintah lebih besar telah memiliki jaringan Wi-Fi yang lebih stabil, ruang kelas pintar dengan perangkat interaktif, serta integrasi sistem informasi yang lebih canggih. Sebaliknya, kampus dengan keterbatasan infrastruktur masih mengalami kendala dalam pemerataan akses internet, kurangnya fasilitas *smart board*, serta keterbatasan server dalam mengelola data akademik secara optimal.
3. Universitas yang lebih aktif dalam penelitian dan pengembangan teknologi cenderung memiliki tingkat literasi digital yang lebih tinggi di kalangan dosen dan mahasiswa. Kampus yang memiliki fokus utama dalam teknologi komunikasi telah menerapkan berbagai pelatihan bagi dosen dan mahasiswa agar lebih terbiasa dengan penggunaan teknologi cerdas. Sebaliknya, perguruan tinggi yang belum secara aktif mengadopsi teknologi masih menghadapi tantangan dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan digital di antara sivitas akademika.

4. Setiap perguruan tinggi memiliki fokus yang berbeda dalam penerapan *smart campus*. Beberapa universitas lebih menekankan pada efisiensi administrasi dan digitalisasi layanan akademik, sementara lainnya lebih berorientasi pada pengembangan teknologi pendidikan. UGM, misalnya, telah berhasil mengembangkan sistem informasi akademik berbasis *big data* untuk menganalisis pola belajar mahasiswa. Sementara itu, PNP lebih menekankan pada pengembangan laboratorium pintar yang memungkinkan mahasiswa mendapatkan pengalaman langsung dalam menggunakan teknologi industri terkini.
5. Perguruan tinggi dengan tingkat adopsi teknologi yang lebih baik telah mengembangkan strategi adaptasi yang mencakup pelatihan intensif bagi dosen dan mahasiswa, investasi dalam infrastruktur teknologi, serta kolaborasi dengan industri dalam pengembangan sistem *smart campus*. Perguruan tinggi yang masih dalam tahap awal implementasi cenderung menghadapi tantangan lebih besar dalam membangun kesadaran akan pentingnya adopsi teknologi dan menghadapi resistensi terhadap perubahan.

Praktik terbaik yang dapat direplikasi oleh perguruan tinggi lain dalam implementasi *smart campus* di Indonesia mencakup pengembangan sistem akademik berbasis *big data* seperti yang diterapkan oleh UGM untuk memantau dan menganalisis pola belajar mahasiswa, integrasi *Learning Management System* (LMS) dengan sistem administrasi kampus di IPB untuk meningkatkan efisiensi layanan, serta pelaksanaan program literasi digital yang menyeluruh bagi dosen, mahasiswa, dan tenaga kependidikan guna memastikan adopsi teknologi yang optimal. Selain itu, kolaborasi strategis antara perguruan tinggi dan penyedia teknologi telah terbukti efektif dalam memperkuat infrastruktur digital dan mendukung keberlanjutan layanan *smart campus*.

Temuan ini memperkuat perspektif dalam teori sistem informasi yang menyatakan bahwa efektivitas sistem informasi ditentukan oleh sejauh mana sistem tersebut mampu menyatukan berbagai komponen, seperti teknologi, manusia, dan proses bisnis secara terintegrasi untuk mendukung tujuan organisasi (Laudon & Laudon, 2020). Dalam konteks *smart campus*, keberhasilan implementasi sangat dipengaruhi oleh kemampuan institusi dalam membangun sistem informasi yang terkoordinasi, mulai dari pengelolaan data akademik, administrasi, hingga layanan mahasiswa berbasis aplikasi.

Oleh karena itu, integrasi teknologi dengan kebijakan kelembagaan dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia menjadi fondasi penting dalam membangun ekosistem *smart campus* yang inklusif dan berkelanjutan di seluruh perguruan tinggi di Indonesia. Valks et al., (2020) menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam *smart campus* dapat mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis data secara *real-time*, khususnya dalam manajemen ruang kampus dan efisiensi energi. Studi Zhang et al., (2022) juga mengungkapkan bahwa pendekatan berbasis manusia dalam implementasi *smart campus* semakin berkembang, dengan fokus pada peningkatan pengalaman pengguna, efisiensi sumber daya, dan adaptasi teknologi yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa dan staf akademik.

Polin et al., (2023) mengategorikan implementasi *smart campus* ke dalam empat domain utama, yaitu ekonomi, sosial, lingkungan, dan tata kelola. Namun, penelitian ini menunjukkan bahwa belum ada model yang benar-benar mencakup keempat aspek ini secara komprehensif sehingga menimbulkan variasi besar dalam penerapan *smart campus* di berbagai perguruan tinggi. Temuan ini menegaskan perlunya pengembangan kerangka kerja standar yang dapat digunakan oleh berbagai institusi untuk meningkatkan efektivitas implementasi teknologi di kampus.

Kesimpulan

Penggunaan teknologi dalam mewujudkan *smart campus* di perguruan tinggi Indonesia fokus pada penerapan *learning management system* (LMS), digitalisasi administrasi, serta adopsi teknologi canggih, seperti *internet of things* (IoT) dan kecerdasan buatan (AI). Penggunaan teknologi untuk mewujudkan konsep *smart campus* telah membawa dampak signifikan terhadap kualitas pendidikan, pengajaran, serta efisiensi administrasi di beberapa perguruan tinggi, meskipun masih dihadapkan pada berbagai tantangan. Salah satu masalah utama adalah literasi digital yang terlihat dari kesulitan dosen dan mahasiswa, terutama yang lebih senior dalam mengadaptasi teknologi baru. Keterbatasan infrastruktur teknologi, seperti Wi-Fi yang tidak merata dan fasilitas fisik lainnya, juga menghambat implementasi *smart campus* secara optimal. Selain itu, perbedaan penerapan teknologi antara pendidikan vokasi dan universitas umum juga ditemukan karena perguruan tinggi vokasi lebih mengutamakan teknologi praktis yang langsung diterapkan dalam dunia kerja, sementara universitas umum lebih fokus pada teori dan administrasi berbasis teknologi. Meskipun perbedaan ini ada, semua institusi sepakat bahwa integrasi teknologi *smart campus* penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan efisiensi administrasi. Dalam menghadapi tantangan tersebut, solusi yang diusulkan melibatkan pelatihan intensif bagi dosen dan mahasiswa untuk meningkatkan literasi digital, serta pengembangan infrastruktur teknologi yang lebih merata. Harapan ke depan adalah terciptanya integrasi sistem teknologi yang lebih baik, yang mendukung semua aspek pendidikan dan administrasi di kampus. Penerapan teknologi juga diharapkan dapat mengurangi kesenjangan antara teknologi praktis di pendidikan vokasi dan teori di pendidikan akademik, serta mempersiapkan lulusan yang siap menghadapi tuntutan dunia kerja.

Daftar Pustaka

- Alghamdi, A., & Shetty, S. (2016). Survey Toward A Smart Campus Using The Internet Of Things. *2016 IEEE 4th International Conference On Future Internet Of Things And Cloud (FiCloud)*, 235-239.
- Apriyani, R., Bandonu, A., Purnomo, J., & Sunarta, S. (2019). Development Strategy of Education Curriculum in STTAL. *Journal ASRO: Analysis System and Research of Operations*, 10(3), 99-104.
- Atif, Y., Mathew, S. S., & Lakas, A. (2015). Building A Smart Campus To Support Ubiquitous Learning. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 6(2), 223-238.
- Bangsawan, G. (2023). Kebijakan Akselerasi Transformasi Digital di Indonesia: Peluang dan Tantangan untuk Pengembangan Ekonomi Kreatif. *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, 2(1), 27-40.
- Celdran, A. H., Clemente, F. J. G., Saenz, J., Torre, L. D. L., Salzmann, C., & Gillet, D. (2020). Self-Organized Laboratories for Smart Campus. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(2), 404-416.
- Cordiaz, M. (2017). Penerapan Smart Campus Sebagai Pendukung Kegiatan Pendidikan dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 2(2), 77-80.
- Darma, Putra. I. (2017). Smart Campus. <https://konsultasi.unud.ac.id/articles/smartcampus>.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Elhedhli, S., Omar, M., & Bouabid, A. (2021). Data analytics - Is It Industrial Engineering Reborn?. *Global Journal of Engineering Education*, 23(1), 13-19.

- Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2019). Towards Next Generation Teaching, Learning, and Context-Aware Applications for Higher Education: A Review on Blockchain, IoT, Fog and Edge Computing Enabled Smart Campuses and Universities. *Applied Sciences*, 9(21), 4479.
- Gao, M. (2022). Smart Campus Teaching System Based On Zigbee Wireless Sensor Network. *Alexandria Engineering Journal*, 61(4), 2625-2635.
- Geng, S., Law, K. M. Y., & Niu, B. (2019). Investigating Self-Directed Learning and Technology Readiness in Blending Learning Environment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-22.
- Hartati, S., Nurdin, D., & Herawan, E. (2022). Digital Leadership in Higher Education Facing the Challenges Towards Society 5.0. *Proceeding of International Conference on Research of Educational Administration and Management (ICREAM)*, 6(1), 85-87.
- Holland, C., Westwood, C., & Hanif, N. (2020). Underestimating The Relationship Between Academic Advising and Attainment: A Case Study in Practice. *Frontiers in Education*, 5(September), 1-11.
- Imbar, R. V., Supangkat, S. H., Langi, A. Z. R., & Arman, A. A. (2022). Development Of An Instrument To Measure Smart Campus Levels In Indonesian Institutions Of Higher Education. *Global Journal of Engineering Education*, 24(2), 95-104.
- Kucharska, W., & Rebelo, T. (2022). Transformational Leadership For Researcher's Innovativeness In The Context Of Tacit Knowledge And Change Adaptability. *International Journal of Leadership in Education*, 1-22.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems Managing the Digital Firm*. Loondon: Pearson Education Limited.
- Muhamad, W., Kurniawan, N. B., & Yazid, S. (2017). Smart Campus Features, Technologies, And Applications: A Systematic Literature Review. *2017 International Conference On Information Technology Systems And Innovation (ICITSI)*, 384-391.
- Polin, K., Yigitcanlar, T., Limb, M., & Washington, T. (2023). The Making of Smart Campus: A Review and Conceptual Framework. *Buildings*, 13(4), 891.
- Qurtubi, A. (2022). Digital-Based Smart Campus at Telkom University, Indonesia. *Education Quarterly Reviews*, 5(3), 259-269.
- Rawajbeh, M. A. (2018). A New Framework Simulation for Developing and Designing a Smart Campus Application. *International Journal of Future Computer and Communication*, 7(3), 58-62.
- Salamun, Arisandi, D., Sukri, Jusman, Y., Sari, I. P., & Elvitaria, L. (2021). Analysis of Beta Testing Performance for Lecturer Monitoring System: (Case Study: Abdurrah University). *2021 1st International Conference on Electronic and Electrical Engineeri. 2021 1st International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)*, 160-164.
- Santos, H., Batista, J., & Marques, R. P. (2019). Digital Transformation In Higher Education: The Use Of Communication Technologies By Students. *Procedia Computer Science*, 164, 123-130.
- Saripudin, S., Sumarto, S., Juanda, E. A., Abdullah, A. G., Ana, A., & Ariyanti, T. (2019). Digital Literacy Qualitative Analysis in Vocational Teachers. *1st Vocational Education International Conference (VEIC 2019)*, 262-270.
- Sulistiyohati, A. (2018). *Relevansi Kompetensi TI Terhadap Kesiapan Penerapan Green IT Pada Perguruan Tinggi Menuju Green Smart Campus*. Universitas Gadjah Mada.

- Syidada, S., Wahyuningtyas, E., & Pratama, F. H. S. (2019). IT Environment Analysis to Design Smart Campus System for Private University in Surabaya Based on Green Computing. *International Conference on Science, Technology & Environment (ICoSTE)*.
- Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2021). Transitioning to E-Learning During The COVID-19 Pandemic: How Have Higher Education Institutions Responded To The Challenge?. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6401-6419.
- Valks, B., Arkesteijn, M. H., Koutamanis, A., & Heijer, A. C. D. (2021). Towards a Smart Campus: Supporting Campus Decisions With Internet Of Things Applications. *Building Research & Information*, 49(1), 1-20.
- Wibawa, S. (2017). Tridharma Perguruan Tinggi (Pendidikan Dan Pengabdian Kepada Masyarakat). Disampaikan dalam Rapat Perencanaan Pengawasan Proses Bisnis Perguruan Tinggi Negeri. *Yogyakarta*, 29, 1-15
- Zakir, S., Defit, S., & Vitriani, V. (2019). Indeks Kesiapan Perguruan Tinggi dalam Mengimplementasikan Smart Campus. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(3), 267-275.
- Zhang, Y., Yip, C., Lu, E., & Dong, Z. Y. (2022). A Systematic Review on Technologies and Applications in Smart Campus: A Human-Centered Case Study. *IEEE Access*, 10, 16134-16149.