

Desain Arsitektur Jaringan IoT Terintegrasi pada Smart Campus Universitas Bumigora Menggunakan VLAN untuk Ruang Kelas Cerdas

Farhan¹, Fhadilla, Tabroni, Husain

Universitas Bumigora,, Mataram, Indonesia

Correspondence: e-mail: Husain@universitasbumigora.ac.id

Abstract

The application of Internet of Things (IoT) technology in educational environments is expanding rapidly in response to the increasing need for energy efficiency, classroom security, and intelligent infrastructure management. This study designs a Virtual Local Area Network (VLAN)-based network architecture to integrate IoT devices such as smart lighting, automatic air conditioning, temperature sensors, access control, CCTV, and other networked equipment within smart classrooms at Universitas Bumigora, West Nusa Tenggara. The novelty of this research lies in its technical design approach, which includes per-classroom device inventory, functional VLAN segmentation, bandwidth estimation, and simulated topologies using Cisco Packet Tracer. The results demonstrate that VLAN segmentation enables structured and secure management of IoT networks, providing a practical foundation for building adaptive, modular, and scalable smart campus environments in higher education.

Keywords: Internet of Things, VLAN, Smart Campus, Computer Network, Smart Classroom

Abstrak

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) di lingkungan pendidikan berkembang pesat seiring dengan kebutuhan akan efisiensi energi, keamanan, dan manajemen ruang kelas yang cerdas. Penelitian ini merancang arsitektur jaringan berbasis Virtual Local Area Network (VLAN) yang mendukung integrasi perangkat IoT seperti smart lighting, AC otomatis, sensor suhu, access control, CCTV, dan perangkat jaringan lainnya dalam satu sistem ruang kelas cerdas di Universitas Bumigora, Nusa Tenggara Barat. Keunikan dari penelitian ini terletak pada pendekatan desain teknis yang mencakup inventarisasi perangkat per kelas, segmentasi VLAN berbasis fungsi, proyeksi kebutuhan bandwidth, serta simulasi topologi menggunakan Cisco Packet Tracer. Hasil perancangan menunjukkan bahwa segmentasi VLAN tidak hanya memungkinkan pengelolaan jaringan yang efisien dan aman, tetapi juga memberikan fondasi implementatif untuk membangun smart campus yang adaptif, modular, dan scalable di lingkungan pendidikan tinggi.

Kata Kunci: Internet of Things, VLAN, Smart Campus, Jaringan Komputer, Smart Classroom

1. Pendahuluan

Universitas Bumigora, sebagai salah satu perguruan tinggi swasta terkemuka di Nusa Tenggara Barat, mengalami pertumbuhan signifikan dalam jumlah peminat setiap tahunnya. Lonjakan tersebut berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan akan ruang kelas yang memadai untuk menunjang kegiatan perkuliahan. Dalam konteks ini, pengelolaan infrastruktur kampus menjadi tantangan tersendiri, baik dari aspek efisiensi, kenyamanan, maupun keamanan fasilitas pembelajaran [1]. Seiring dengan transformasi digital dalam dunia pendidikan, konsep Smart Campus muncul sebagai solusi strategis dalam merespons dinamika kebutuhan kampus modern. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam ruang kelas cerdas (smart classroom) memungkinkan dosen mengatur pencahayaan, suhu ruangan, serta perangkat pembelajaran secara otomatis dan terintegrasi, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi proses pembelajaran. Pendekatan ini telah terbukti meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan kualitas lingkungan belajar di berbagai institusi pendidikan tinggi [2].

Bagi mahasiswa, lingkungan belajar yang terkoneksi secara digital memungkinkan pembelajaran yang lebih adaptif, sesuai kebutuhan generasi saat ini yang terbiasa dengan konektivitas real-time dan pengalaman pengguna yang intuitif [3]. Namun, digitalisasi kampus menghadirkan tantangan baru dalam pengelolaan lalu lintas data dan keamanan jaringan. Untuk mengatasi hal tersebut, implementasi Virtual Local Area Network (VLAN) menjadi solusi penting dalam mengelompokkan jenis perangkat dalam satu jaringan fisik tetapi dengan segmentasi virtual yang aman dan efisien [4]. Dengan VLAN, perangkat dosen, mahasiswa, dan IoT dapat

dipisahkan secara logis, mengurangi risiko kebocoran data serta meningkatkan performa jaringan secara keseluruhan [5]

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem jaringan berbasis deskriptif kualitatif dan melibatkan langkah-langkah berikut:

2.1 Studi Literatur

Literatur yang digunakan mengacu pada jurnal nasional dan internasional mengenai VLAN, IoT, dan jaringan komputer di lingkungan pendidikan. Beberapa referensi yang dijadikan dasar antara lain:

Rahman dan Pamungkas menunjukkan bahwa penerapan teknologi VLAN di SMK Travina Prima secara signifikan meningkatkan efisiensi dan keamanan jaringan komputer. Dengan mengimplementasikan inter-VLAN routing, VLSM (Variable Length Subnet Mask), serta HSRP (Hot Standby Router Protocol), institusi tersebut mampu membangun sistem jaringan yang stabil, tersegmentasi dengan baik, dan siap mendukung perangkat-perangkat modern seperti IoT [6].

Wardijono, Hartono, dan Yunan meneliti implementasi VLAN Cisco dalam jaringan komputer sekolah. Penelitian ini berfokus pada pengaturan hak akses berdasarkan segmentasi logis, yang tidak hanya menjaga keamanan jaringan namun juga memberikan fleksibilitas pengelolaan jaringan berbasis perangkat atau fungsi. Dalam simulasi jaringan sekolah tersebut, VLAN terbukti mampu mengefektifkan distribusi bandwidth dan menjaga isolasi antar jaringan [7].

Hasan dan Purnama melakukan simulasi pengembangan jaringan pada pusat pendidikan dengan menggunakan pendekatan NDLC (Network Development Life Cycle). Dalam perancangannya, VLAN berperan penting dalam mendukung ketersediaan layanan jaringan yang dapat diskalakan, dengan segmentasi berdasarkan fungsi layanan. Studi ini menegaskan bahwa pendekatan sistematis melalui NDLC memberikan hasil yang optimal dalam implementasi VLAN untuk kebutuhan pendidikan [8].

Effendi dan Bura membahas kualitas layanan (QoS) dalam penerapan VLAN di lingkungan SMK Negeri 2. Mereka menyoroti peran VLAN Layer 2 dan Layer 3 dalam pengaturan trafik, membuktikan bahwa pembagian jaringan berdasarkan fungsi mampu meningkatkan performa jaringan dan meminimalkan konflik antar perangkat. Penerapan VLAN dalam studi ini tidak hanya untuk segmentasi logis, tetapi juga sebagai strategi peningkatan efisiensi layanan jaringan pendidikan [9].

Saputra, Rufa'i, dan Najmuddin meneliti penggunaan VLAN di lingkungan laboratorium pendidikan, khususnya di SMK Asy-Syafi'iyah. Studi ini membuktikan bahwa VLAN mampu mencegah komunikasi antar departemen yang tidak perlu, sehingga meningkatkan keamanan internal jaringan dan mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan dari luar. Penelitian ini juga menekankan pentingnya konfigurasi VLAN yang tepat sebagai dasar infrastruktur jaringan pendidikan yang aman dan responsif [10].

2.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Dilakukan inventarisasi perangkat keras dan lunak yang dibutuhkan per ruang kelas, meliputi: smart light, AC otomatis, smart socket, access control, CCTV, access point, proyektor, dan switch manageable. Widarti et al. (2025) menyatakan bahwa pengembangan ruang cerdas dalam pendidikan harus dimulai dengan investasi pada perangkat keras dan lunak berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengumpulkan data dari lingkungan fisik dan secara otomatis melakukan tindakan berdasarkan parameter tertentu. Dalam konteks pembelajaran, perangkat seperti smart lighting, smart socket, AC otomatis, access control, CCTV, dan access point memainkan peran penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang adaptif dan efisien. Sistem ini bekerja melalui integrasi antarmuka perangkat keras dan sistem pengendali yang terhubung secara nirkabel, sehingga memungkinkan ruang kelas untuk merespons kebutuhan pengguna secara real-time dan terpusat [11]. Analisis kebutuhan sistem smart classroom:

1. Smart Lighting
Diperlukan lampu otomatis yang dapat dikendalikan melalui sensor cahaya atau aplikasi mobile, untuk menghemat energi dan menyesuaikan pencahayaan dengan aktivitas belajar.
2. AC Otomatis
Sistem pendingin udara berbasis sensor suhu dan kehadiran, yang menyala saat ruangan digunakan dan menyesuaikan suhu ideal untuk kenyamanan pengguna.
3. Smart Socket
Stop kontak pintar yang dapat dikendalikan dan dimonitor secara jarak jauh untuk memutus aliran listrik saat perangkat tidak digunakan, sebagai langkah efisiensi dan keamanan.
4. Access Control
Sistem kendali pintu berbasis RFID/kartu/tap-in dengan database terpusat untuk membatasi akses hanya pada civitas akademika dan terintegrasi dengan data kehadiran.

5. CCTV
Kamera pengawas berbasis IP untuk pemantauan keamanan ruang kelas dan pencatatan aktivitas, dengan dukungan penyimpanan berbasis cloud atau server lokal.
6. Access Point (Wi-Fi)
Perangkat jaringan nirkabel untuk menyediakan konektivitas internet cepat dan stabil di dalam ruang kelas, dengan dukungan segmentasi jaringan (misalnya, VLAN untuk dosen dan mahasiswa).
7. Proyektor Pintar
Proyektor yang dapat dikendalikan melalui jaringan (LAN/Wi-Fi), mendukung koneksi nirkabel dari berbagai perangkat (laptop, smartphone), dan kompatibel dengan sistem pembelajaran digital.
8. Switch Manageable
Perangkat jaringan layer 2 atau 3 yang dapat dikonfigurasi untuk memisahkan trafik (VLAN), memprioritaskan QoS, dan mengamankan jaringan dari broadcast storm.

2.3 Perancangan Topologi Jaringan

Menggunakan tools seperti Cisco Packet Tracer untuk merancang topologi logis jaringan dan simulasi segmentasi VLAN berdasarkan fungsi dan kebutuhan bandwidth. Hasan dan Purnama (2024) menjelaskan bahwa penggunaan Cisco Packet Tracer sangat efektif dalam merancang dan mensimulasikan topologi jaringan pendidikan. Dalam penelitian mereka, simulasi dilakukan untuk membangun jaringan pendidikan berbasis VLAN yang dibagi menurut fungsi seperti laboratorium, administrasi, dan ruang kelas. Dengan Cisco Packet Tracer, mereka mampu memvisualisasikan bagaimana trafik data berjalan dalam setiap segmen VLAN dan mengukur efisiensi serta kestabilan bandwidth antar segmen jaringan tersebut [12]. Analisis teknis simulasi segmentasi VLAN dengan Cisco Packet Tracer:

1. Perancangan Topologi Logis
Merancang struktur jaringan secara virtual dengan menentukan lokasi switch, router, access point, dan konektivitas perangkat seperti proyektor dan CCTV.
2. Konfigurasi VLAN Berdasarkan Fungsi
Membagi jaringan menjadi beberapa VLAN seperti:
 - a. VLAN 10: Smart Lighting
 - b. VLAN 20: AC & Temp Sensor
 - c. VLAN 30: CCTV
 - d. VLAN 40: Access Control
 - e. VLAN 50: Proyektor dan dosen
 - f. VLAN 60: Akses internet mahasiswa
3. Simulasi Routing Antar VLAN (Inter-VLAN)
Menggunakan router-on-a-stick atau multilayer switch untuk menghubungkan antar VLAN dengan tetap menjaga segmentasi logis.
4. Pengaturan Bandwidth
Mengimplementasikan Quality of Service (QoS) untuk memprioritaskan lalu lintas data penting, seperti streaming video pembelajaran atau sistem kehadiran digital.
5. Monitoring dan Validasi Kinerja
Melakukan uji ping, traceroute, dan bandwidth test antar perangkat dan segmen untuk memastikan distribusi beban data berjalan optimal tanpa interferensi.

2.4 Proyeksi Kecepatan dan Beban Bandwidth

Dilakukan kalkulasi estimasi kebutuhan bandwidth per jenis VLAN berdasarkan jumlah perangkat dan trafik data yang dihasilkan secara simultan dalam satu ruang kelas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proyeksi Kecepatan VLAN per Kelas

Tabel 1 Total kebutuhan bandwidth

VLAN	Jenis Trafik	Estimasi Bandwidth	Jumlah Perangkat	Kecepatan Minimal Disarankan
VLAN 10	Smart Lighting	± 1 Mbps	3 Bohlam	5 Mbps
VLAN 20	AC & Temp Sensor	± 2 Mbps	1 AC + 1 Sensor	10 Mbps
VLAN 30	CCTV	± 3-5 Mbps/kamera	2 kamera indoor	15 Mbps
VLAN 40	Access Control	± 1 Mbps	1 Doorlock	5 Mbps
VLAN 50	Proyektor dan dosen	± 5 Mbps	1 Proyektor	10 Mbps

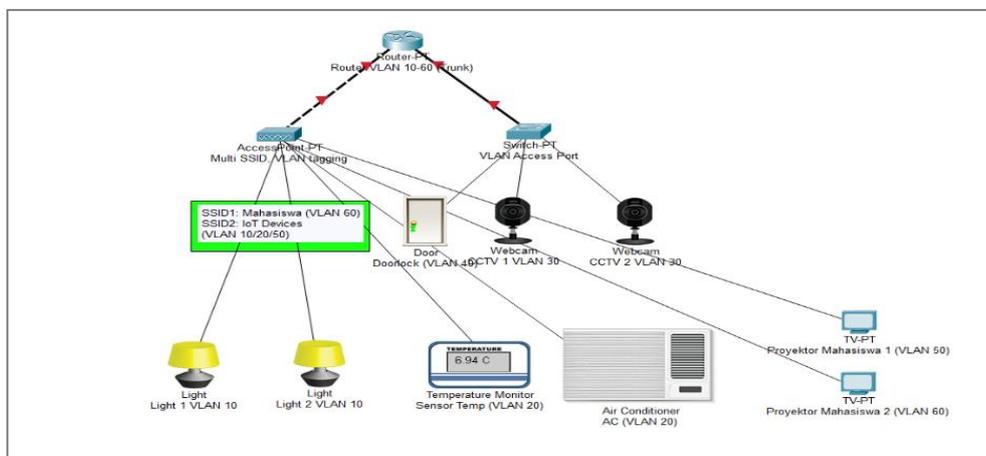
VLAN 60	Akses mahasiswa	internet	± 15–25 Mbps	15-20 user	50 Mbps
---------	-----------------	----------	--------------	------------	---------

Perancangan VLAN dalam sistem jaringan ruang kelas cerdas bertujuan untuk memisahkan trafik berdasarkan fungsi perangkat dan memaksimalkan efisiensi jaringan. Data dari tabel di atas mendemonstrasikan pendekatan berbasis trafik, jumlah perangkat, dan bandwidth minimal sebagai dasar konfigurasi logis.

1. VLAN 10 – Smart Lighting
Digunakan untuk mengelola 3 bohlam pintar dengan estimasi bandwidth ±1 Mbps. Kecepatan minimal yang disarankan sebesar 5 Mbps agar proses switch on/off, pengaturan kecerahan otomatis, dan integrasi dengan sensor cahaya berjalan lancar.
2. VLAN 20 – AC dan Sensor Suhu
Berisi perangkat HVAC (1 unit AC dan 1 sensor suhu), membutuhkan bandwidth ±2 Mbps. Dengan rekomendasi kecepatan minimum 10 Mbps, VLAN ini harus mendukung koneksi real-time untuk penyesuaian suhu otomatis dan efisiensi energi.
3. VLAN 30 – CCTV
Mengelola dua kamera indoor dengan kebutuhan bandwidth ±3–5 Mbps per kamera. Total kebutuhan mencapai 10 Mbps, dengan saran minimal 15 Mbps guna menghindari lag pada live streaming serta penyimpanan video ke server/cloud.
4. VLAN 40 – Access Control
Sistem penguncian pintu otomatis (1 doorlock) memerlukan bandwidth rendah (±1 Mbps), namun tetap disarankan bandwidth minimal 5 Mbps untuk menjaga responsivitas dan koneksi dengan sistem autentikasi pusat.
5. VLAN 50 – Proyektor dan Dosen
Digunakan untuk proyektor pintar dan konektivitas dosen. Dibutuhkan ±5 Mbps untuk streaming konten presentasi. Bandwidth minimum 10 Mbps penting agar koneksi dengan perangkat input (laptop/tablet dosen) tetap lancar.
6. VLAN 60 – Akses Internet Mahasiswa
Mencakup 15–20 user mahasiswa aktif secara bersamaan, dengan total estimasi kebutuhan ±15–25 Mbps. Agar kualitas layanan tetap optimal saat peak time, bandwidth minimal 50 Mbps sangat dianjurkan dengan pendekatan segmentasi seperti pada tabel:
 - a. Keamanan meningkat, karena trafik antar VLAN dapat dibatasi dengan ACL (Access Control List).
 - b. QoS (Quality of Service) dapat diterapkan untuk memprioritaskan VLAN penting seperti CCTV dan Access Control.
 - c. Pemantauan bandwidth per VLAN memudahkan admin jaringan mengidentifikasi potensi overload.

3.3 Gambaran Topologi Per Kelas:

- a. Setiap kelas memiliki switch manageable (Layer 2).
- b. Access Point mendukung multiple SSID dengan VLAN tagging.
- c. Router gateway (mikrotik/cisco) melakukan trunk antar VLAN.
- d. Server terpusat mengelola akses, IP camera, dan kontrol perangkat via aplikasi BARDI.

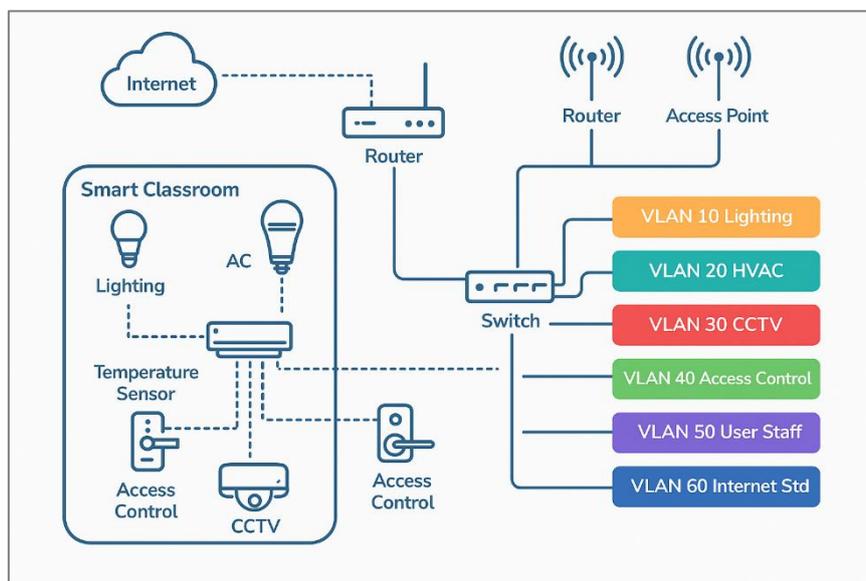


Gambar 1 Topologi Jaringan

Gambar tersebut menunjukkan rancangan topologi logis jaringan Smart Classroom berbasis VLAN menggunakan simulasi Cisco Packet Tracer. Jaringan ini dibagi ke dalam beberapa VLAN tersegmentasi berdasarkan fungsi perangkat, dengan konfigurasi multi-SSID dan VLAN tagging pada Access Point.

1. Router utama menjalankan fungsi Inter-VLAN Routing melalui koneksi trunk (VLAN 10–60), menghubungkan ke switch dan access point.
2. Access Point memiliki dua SSID:
 - a. SSID1 untuk akses mahasiswa (VLAN 60)
 - b. SSID2 untuk perangkat IoT (VLAN 10, 20, 50)
3. Switch VLAN Access Port mendistribusikan koneksi ke berbagai perangkat:
 - a. VLAN 10: Smart lighting (Light 1, Light 2)
 - b. VLAN 20: Sensor suhu dan Air Conditioner otomatis
 - c. VLAN 30: Dua unit CCTV
 - d. VLAN 40: Access control pintu digital
 - e. VLAN 50: Proyektor dosen
 - f. VLAN 60: Proyektor mahasiswa dan akses internet umum
4. Setiap perangkat ditempatkan dalam VLAN berbeda sesuai fungsi dan kebutuhan bandwidth, mendukung konsep isolasi trafik, QoS, dan manajemen jaringan yang aman dan efisien.

3.4 Gambar Diagram



Gambar 2 Diagram Penggunaan IoT di Dalam Ruang Belajar

Gambar ini merupakan ilustrasi konseptual arsitektur jaringan Smart Classroom berbasis VLAN, yang menggambarkan bagaimana berbagai perangkat di ruang kelas pintar (smart classroom) diklasifikasikan dan disegmentasi menggunakan VLAN berdasarkan fungsi.

1. Smart Classroom terdiri dari berbagai perangkat IoT:
 - a. Lighting (lampu pintar)
 - b. AC (HVAC)
 - c. Temperature Sensor
 - d. CCTV
 - e. Access Control
2. Semua perangkat ini dihubungkan melalui switch manageable yang mendukung VLAN, kemudian diarahkan ke router dan akses internet.
3. Setiap jenis perangkat diklasifikasikan ke dalam VLAN khusus:
 - a. VLAN 10 untuk Lighting
 - b. VLAN 20 untuk HVAC dan Temperature Sensor
 - c. VLAN 30 untuk CCTV
 - d. VLAN 40 untuk Access Control
 - e. VLAN 50 untuk pengguna (staff/dosen)
 - f. VLAN 60 untuk akses internet mahasiswa

4. Gambar ini juga menampilkan akses internet dan Access Point yang digunakan untuk distribusi jaringan nirkabel, serta jalur koneksi menuju router utama.

Gambar ini memiliki keterkaitan erat dengan topologi jaringan sebelumnya yang divisualisasikan melalui Cisco Packet Tracer, karena keduanya merepresentasikan sistem jaringan Smart Classroom berbasis VLAN dengan struktur segmentasi yang sama. Jika gambar sebelumnya menampilkan detail implementasi teknis berupa konfigurasi VLAN pada router, switch manageable, dan access point dengan pembagian perangkat ke dalam VLAN berdasarkan fungsi spesifik seperti lighting, HVAC, CCTV, access control, proyektor, dan internet mahasiswa, maka gambar ini menyajikannya dalam bentuk konseptual yang lebih sederhana dan komunikatif. Setiap VLAN dalam gambar ini tetap menggambarkan isolasi trafik dan klasifikasi perangkat sesuai fungsinya, tetapi ditampilkan dalam bentuk blok arsitektur agar lebih mudah dipahami oleh pemangku kepentingan non-teknis. Dengan demikian, gambar konseptual ini merupakan representasi visual makro dari struktur yang telah dirancang dan disimulasikan pada topologi sebelumnya, memperjelas fungsi dan keterhubungan antar komponen tanpa kehilangan esensi segmentasi jaringan. Kedua gambar saling melengkapi dalam menggambarkan satu sistem jaringan Smart Classroom yang aman, efisien, dan responsif terhadap kebutuhan pembelajaran digital modern.

4. Novelty

Artikel ini menawarkan kebaruan dalam perancangan jaringan IoT berbasis VLAN yang terstruktur dan realistis untuk ruang kelas cerdas di lingkungan pendidikan tinggi. Tidak hanya mengusung konsep smart campus, penelitian ini melakukan inventarisasi rinci perangkat IoT (seperti smart light, AC otomatis, CCTV, access control, dll.) yang diklasifikasikan ke dalam VLAN fungsional berdasarkan kebutuhan trafik. Keunggulan lainnya terletak pada penggunaan Cisco Packet Tracer untuk menyimulasikan topologi jaringan dan inter-VLAN routing, serta perhitungan bandwidth aktual per VLAN yang jarang ditemukan dalam studi sejenis. Pendekatan visual ganda—teknis dan konseptual—memperkuat kontribusi praktis desain ini sebagai model implementatif smart classroom di institusi pendidikan lokal.

5. Kesimpulan dan Saran

Desain arsitektur jaringan berbasis VLAN untuk ruang kelas cerdas di Universitas Bumigora menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi energi dan operasional ruang kelas, tetapi juga menyediakan solusi yang terstruktur dan aman untuk pengelolaan perangkat IoT melalui segmentasi jaringan berbasis fungsi. Dengan pendekatan teknis yang mendalam melalui inventarisasi perangkat IoT, simulasi topologi jaringan menggunakan Cisco Packet Tracer, serta perhitungan kebutuhan bandwidth per VLAN desain ini menghadirkan model implementasi Smart Campus yang realistis dan aplikatif di lingkungan pendidikan. Perangkat seperti AC otomatis, lampu pintar, kamera CCTV, dan access control dapat dikendalikan secara efisien dalam sistem yang modular dan scalable. Selain meningkatkan kualitas layanan akademik, penerapan smart classroom ini juga menjadi nilai tambah strategis dalam membangun citra institusi digital modern, yang dapat mendorong daya tarik calon mahasiswa baru. Meskipun membutuhkan investasi awal yang signifikan, desain ini sangat layak diterapkan secara bertahap dimulai dari ruang prioritas, kemudian dievaluasi dan direplikasi secara menyeluruh di seluruh kampus.

Daftar Pustaka

- [1] A. H. Ahmed and M. N. A. Al-Hamadani, "Designing a secure campus network and simulating it using Cisco Packet Tracer," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 24, no. 1, pp. 103–111, 2021. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/77040713/15233.pdf>
- [2] C. Koukaras, P. Koukaras, D. Ioannidis, and S. G. Stavrinides, "AI-driven telecommunications for smart classrooms: Transforming education through personalized learning and secure networks," *Telecom*, vol. 6, no. 2, 2025. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2673-4001/6/2/21>
- [3] D. D. Aruna, "Design and Implementation of 5G IoT Based Smart Campus Network," *International Journal of Innovative Research in Education*, 2023. [Online]. Available: https://www.theijire.com/archiver/archives/design_and_implementation_of_5g_iot_based_smart_campus_network.pdf
- [4] F. A. Almalki, "Implementation of 5G IoT Based Smart Buildings Using VLAN Configuration via Cisco Packet Tracer," *Int. J. Electron. Commun. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 27–31, 2020. [Online]. Available: https://ijecece.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJECCE_4379_FINAL.pdf
- [5] T. Sutjarittham, H. H. Gharakheili, and V. Sivaraman, "Experiences with IoT and AI in a Smart Campus for Optimizing Classroom Usage," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 4, pp. 7595–7605, 2019. [Online]. Available: <https://www2.ee.unsw.edu.au/~vijay/pubs/jrnl/19IoTJ.pdf>

- [6] T. Rahman dan E. T. Pamungkas, "Optimalisasi Jaringan Komputer Di SMK Travina Prima Dengan Implementasi Intervlan, VLSM, Dan HSRP," *JIKA: Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 2, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.umt.ac.id/index.php/jika/article/download/12379/5715>
- [7] B. A. Wardijono, S. Hartono, dan K. Yunan, "Implementasi VLAN Cisco Untuk Pengaturan Hak Akses Pada Jaringan Komputer Sekolah," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komputer*, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.jak-stik.ac.id/index.php/sentik/article/view/3458/719>
- [8] A. N. Hasan dan G. Purnama, "Perancangan dan Simulasi Jaringan Internet dengan Metode Pengembangan NDLC pada Akses Education Centre," *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 12, no. 1, 2024. [Online]. Available: <https://mail.ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/download/9488/5408>
- [9] R. Effendi dan E. K. Bura, "Quality of Service pada Virtual Local Area Network," *Jurnal Edutech Undiksha*, vol. 9, no. 3, 2021. [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JEU/article/download/39825/20961>
- [10] M. Saputra, A. Rufa'i, dan N. Najmuddin, "Teknologi Jaringan Komputer Menggunakan Metode Virtual Local Area Network (VLAN)," *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, 2023. [Online]. Available: <https://www.lppm-unbaja.ac.id/ejournal/index.php/saintek/article/view/2630/1428>
- [11] E. Widarti, E. Efitra, A. Juansa, D. R. Adhy, dan N. Anwar, *Smart Life With Internet of Things (IoT): Optimalisasi & Pemanfaatan IoT untuk Kehidupan Modern*, Google Books, 2025. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?id=zDZcEQAAQBAJ&pg=PA51>
- [12] A. N. Hasan dan G. Purnama, "Perancangan dan Simulasi Jaringan Internet dengan Metode Pengembangan NDLC pada Akses Education Centre," *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 12, no. 1, 2024. [Online]. Available: <https://mail.ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/download/9488/5408>
- [13] F. A. Almalki, "Implementation of 5G IoT Based Smart Buildings Using VLAN Configuration via Cisco Packet Tracer," *Int. J. Electron. Commun. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 27–31, 2020. [Online]. Available: https://ijecce.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJECCE_4379_FINAL.pdf
- [14] T. Rahman dan E. T. Pamungkas, "Optimalisasi Jaringan Komputer di SMK Travina Prima Dengan Implementasi Intervlan, VLSM, dan HSRP," *JIKA*, vol. 8, no. 2, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.umt.ac.id/index.php/jika/article/download/12379/5715>