Digital Transformation Technology (Digitech) | e-ISSN : 2807-9000
Volume 6, **Number** 1, Maret 2026
https://doi.org/10.47709/digitech.v6i1.8385

Perancangan Infrastuktur Jaringan Terpusat Berbasis *Multi-VLAN* dan *Queue Tree*

Nandika Aditia[1*], Zaki Baharuna Ilmi Hdiana[2], Helmy Dzulfikar[3]
[1,2,3]Universitas Siliwangi, Indonesia
[1]nandikaaditia06@gmail.com, [2]zakibaharuna@gmail.com, [3]helmydz@unsil.ac.id

Histori Artikel:
Diajukan: 22 April 2026
Disetujui: 18 Juni 2026
Dipublikasi: 20 Juni 2026

Kata Kunci:
Multi-VLAN; Queue Tree; Infrastuktur Jaringan Terpusat; NDLC

Digital Transformation Technology (Digitech) *is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).*

Abstrak
Perkembangan teknologi informasi saat ini menuntut lembaga pendidikan untuk memiliki infrastruktur jaringan yang andal dan terpusat. Namun, SMAN 1 Cisayong masih mengandalkan arsitektur jaringan yang terdesentralisasi tanpa pengelolaan koneksi yang memadai. Hal ini menyebabkan ketidakmerataan dalam pembagian *bandwidth*, kerentanan terhadap *IP conflict*, serta inefisiensi karena seringnya dilakukan instalasi ulang secara fisik di laboratorium komputer. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan memvalidasi sebuah arsitektur jaringan komputer terpusat yang menggabungkan teknologi *Multi-VLAN*, *Queue Tree*, dan *Hotspot* guna mengatasi masalah tersebut. Metodologi yang dipakai adalah *Network Development Life Cycle* yang dimodifikasi menjadi tiga tahap utama, yaitu analisis infrastruktur eksisting, perancangan arsitektur logis, dan simulasi *prototype* menggunakan Cisco Packet Tracer. Hasil perancangan menunjukkan bahwa segmentasi jaringan ke dalam delapan area VLAN mampu mengisolasi domain siaran logis antar ruangan secara efektif, sementara penerapan *Queue Tree* dengan metode *Per Connection Queue* berhasil mendistribusikan total *bandwidth* sebesar 300 Mbps secara adil berdasarkan hierarki pengguna. Sistem *Hotspot* juga turut mengamankan pintu gerbang jaringan melalui autentikasi kredensial serta sistem voucher. Validasi fungsional di lingkungan simulasi mengonfirmasi bahwa layanan DHCP berjalan dengan tepat, dan aturan *Access Control List* yang menerapkan prinsip *default deny* berhasil memblokir lalu lintas data yang tidak diizinkan tanpa mengganggu akses internet. Kesimpulannya, *prototype* jaringan terpusat ini telah terbukti valid secara fungsional dan sangat direkomendasikan sebagai cetak biru untuk implementasi di lapangan, dengan saran agar ke depan dilakukan pengujian terhadap parameter *Quality of Service*.

PENDAHULUAN

Seiring dengan transformasi signifikan dalam ranah pendidikan yang didorong oleh evolusi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), internet telah memposisikan diri sebagai elemen prasyarat fundamental dalam mendukung proses pembelajaran (Ferioza et al., 2026). Idealnya, infrastruktur jaringan pada lingkungan pendidikan wajib diadministrasikan secara terpusat, mengimplementasikan manajemen alokasi *bandwidth* yang seimbang, serta mengaplikasikan arsitektur topologi yang tepat untuk memastikan pemerataan hak akses bagi seluruh pengguna (Gunawan et al., 2024). Selain itu, sebuah infrastruktur yang tangguh pun harus mampu untuk memfasilitasi isolasi jalur komunikasi secara logis serta melakukan validasi hak akses pengguna, guna menjamin keamanan aliran data operasional (Sipayung et al., 2024). Namun, hasil observasi kondisi terkini di SMAN 1 Cisayong mengindikasikan bahwa infrastruktur jaringan yang ada belum ditunjang oleh sistem server yang dikelola secara terpusat.

Konektivitas internet di institusi pendidikan tersebut saat ini masih bergantung pada koneksi langsung dari *Internet Service Provider* (ISP) melalui metode *Point-to-Point Protocol over Ethernet* (PPPoE), dengan cakupan distribusi yang terbatas pada area manajerial tertentu. Permasalahan teknis juga teridentifikasi pada prasarana laboratorium komputer, di mana instalasi jaringannya bersifat kondisional, sehingga mengharuskan konfigurasi ulang perangkat secara manual dan berulang. Selain itu, ketiadaan sistem manajemen *bandwidth* yang terpusat sering kali memicu ketidakseimbangan konektivitas ketika jaringan diakses secara bersamaan (Dzulfikar et al., 2023). Konsekuensi dari situasi tersebut adalah pengguna akhir mengalami ketidakmerataan kecepatan akses yang signifikan (Subektiningsih et al., 2022). Apabila desain topologi tidak disusun secara komprehensif, infrastruktur cenderung bersifat kaku, rentan terhadap gangguan, dan menyulitkan pengembangan yang berkelanjutan (Sipayung et al., 2024).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang infrastruktur jaringan terpusat yang menggabungkan tiga teknologi utama, yaitu *Multi-VLAN* untuk memisahkan jalur jaringan antar ruangan, *Queue Tree* untuk membagi kecepatan internet secara adil, dan *Hotspot* untuk mengontrol siapa saja yang boleh

mengakses jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan kondisi jaringan yang ada saat ini, (2) merancang arsitektur jaringan baru yang lebih terstruktur dan fleksibel, serta (3) membuktikan bahwa rancangan tersebut bekerja dengan benar melalui pengujian simulasi sebelum diterapkan secara fisik.

STUDI LITERATUR

Studi literatur merupakan komponen esensial dalam suatu penelitian, sebab berfungsi untuk menyajikan landasan teoretis yang kokoh dan komprehensif mengenai permasalahan yang menjadi fokus penelitian. Cakupan tinjauan ini meliputi prinsip-prinsip fundamental terkait arsitektur jaringan komputer, *Virtual Local Area Network* (VLAN), pengelolaan kapasitas *bandwith* dengan memanfaatkan *Queue Tree*, aspek keamanan akses melalui teknologi *Hotspot*, serta metodologi *Network Development Life Cycle* (NDLC) dalam pengembangan jaringan. Di samping itu, kajian ini turut memuat analisis terhadap riset-riset sebelumnya yang relevan guna menjadi referensi sekaligus pembanding.

Virtual Local Area Network (VLAN)

VLAN adalah suatu teknologi yang berfungsi untuk melakukan segmentasi jaringan *Local Area Network* (LAN) secara logis. Mekanisme ini memungkinkan pemisahan secara virtual terhadap sebuah infrastruktur LAN yang secara fisik terintegrasi, dengan implementasi pada perangkat *switch* (Nurcahyo & Prihanto, 2021). Teknologi ini memberikan kemampuan untuk mengisolasi jalur komunikasi, sehingga aliran data operasional dapat berjalan aman, terstruktur, dan terhindar dari tabrakan informasi antar-ruangan (Sipayung et al., 2024).

Queue Tree

Metode *Queue Tree* merupakan salah satu pendekatan esensial dalam pengelolaan trafik data pada sistem jaringan komputer, yang diaplikasikan untuk memfasilitasi pengendalian serta pembatasan arus data (Damanuna et al., 2024). Pendekatan ini dinilai jauh lebih akurat dan presisi untuk membedakan prioritas hak akses secara spesifik antara berbagai kelompok pengguna, seperti guru, staf, dan siswa di lingkungan sekolah (Maulana & Hardiansyah, 2022).

Sistem *Hotspot*

Sistem *Hotspot* menyediakan fitur-fitur seperti autentikasi pengguna, manajemen *bandwidth*, pembatasan akses, dan pemantauan penggunaan internet (Wibowo & Triraharjo, 2023). Dengan adanya sistem ini, administrator dapat memvalidasi hak akses penggunanya secara efektif agar jaringan tidak digunakan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab (Sipayung et al., 2024).

Network Development Life Cycle (NDLC)

Metodologi NDLC merepresentasikan suatu pendekatan terintegrasi yang berfungsi sebagai panduan sistematis dalam setiap tahapan perancangan, pengembangan, implementasi, dan manajemen infrastruktur jaringan (Loe & Belalawe, 2025).

Simulasi Jaringan dan Validasi Fungsional

Dalam perancangan arsitektur jaringan berbasis NDLC, pelaksanaan pengujian fisik tidak selalu dilakukan pada tahap awal. Sebaliknya, tahap simulasi dan *prototype* mengemban peran fundamental dalam memverifikasi kapabilitas fungsional serta efektivitas rancangan di dalam suatu lingkungan virtual yang terjamin dan terkontrol (Loe & Belalawe, 2025). Melalui pendekatan simulatif ini, performa berbagai strategi distribusi jaringan dapat divalidasi secara cermat sebelum diimplementasikan secara aktual pada skala operasional.

Dalam lingkungan simulasi, penerapan VLAN dengan adopsi pendekatan NDLC telah secara efektif mendemonstrasikan kemampuannya untuk memisahkan domain siaran (*broadcast domain*) secara logis, sehingga berhasil mengeliminasi potensi tabrakan data antar-segmen jaringan (Sholeha et al., 2025). Selain itu, validasi kapabilitas pengintegrasian sistem manajemen *bandwidth* berbasis *Queue Tree* dengan metode NDLC juga telah dilakukan di dalam simulator. Hasilnya mengindikasikan bahwa integrasi tersebut secara efisien mengendalikan serta membatasi laju koneksi internet dengan presisi, sesuai dengan hierarki prioritas pengguna yang ditetapkan (Tania et al., 2024).

Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Sipayung et al., (2024) mendemonstrasikan bahwa implementasi segmentasi jaringan logis melalui VLAN yang disimulasikan dengan Cisco Packet Tracer, secara signifikan meningkatkan fleksibilitas infrastruktur jaringan di lingkungan sekolah serta berhasil meminimalkan risiko kolisi data. Meskipun demikian, fokus penelitian tersebut secara eksklusif terbatas pada aspek pemisahan jalur koneksi tanpa membahas dimensi kontrol atau manajemen alokasi *bandwidth*.

Ferioza et al., (2026) berhasil melakukan instalasi jaringan LAN yang mencakup seluruh kelas dengan stabilitas tinggi. Fokus utama dari pendekatan yang diterapkan terletak pada edukasi partisipatif dan instalasi infrastruktur perangkat keras dasar, tanpa mengintegrasikan perancangan manajemen lalu lintas data logis yang kompleks.

Penelitian oleh Dzulfikar et al., (2023) menunjukkan keberhasilan dalam mengamankan jaringan melalui implementasi *firewall filter rules* dan membatasi kapasitas *bandwith* secara dasar, guna mencegah ketidakseimbangan akses.

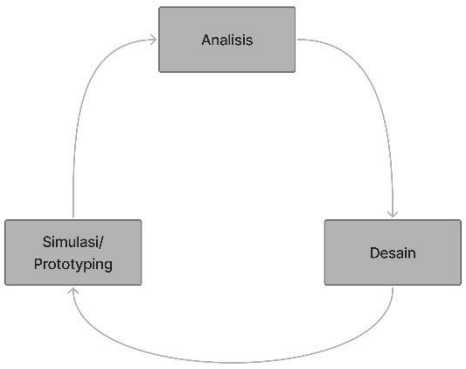
Upaya menstabilkan konektivitas internet di SMP Negeri 1 Jamanis telah dilakukan oleh Gunawan et al., (2024) melalui implementasi metode *Simple Queue*. Namun demikian, metode *Simple Queue* memiliki keterbatasan berupa sifatnya yang kurang fleksibel, sehingga dinilai tidak cocok untuk diterapkan pada pengelolaan prioritas pengguna yang kompleks di institusi pendidikan.

Maulana & Hardiansyah, (2022) di SMK Gita Kirtti 1 Jakarta menawarkan solusi yang lebih presisi dengan menggunakan metode *Queue Tree* dipadukan dengan *Hotspot* untuk membedakan level hak akses antara guru dan murid secara adil. Akan tetapi, penelitian tersebut tidak secara eksplisit mengimplementasikan VLAN untuk memisahkan domain jaringan secara fundamental.

Berdasarkan tinjauan tersebut, hingga kini belum tersedia rancangan arsitektur jaringan untuk institusi pendidikan tingkat menengah yang secara komprehensif mengintegrasikan segmentasi jalur logis *Multi-VLAN*, manajemen prioritas *bandwidth* hierarkis *Queue Tree*, serta otentikasi pengguna terpusat *Hotspot*.

METODE

Penelitian ini menerapkan metodologi NDLC sebagai kerangka kerja utama dalam perancangan infrastruktur jaringan terpusat di SMAN 1 Cisayong. Pemilihan NDLC didasarkan pada karakteristiknya yang terstruktur dan komprehensif, memungkinkan fasilitasi siklus perancangan, pengembangan, dan manajemen infrastruktur jaringan secara berkelanjutan (Loe & Belalawe, 2025). Implementasi pendekatan ini dianggap sangat prospektif untuk mengelola kompleksitas jaringan pada institusi yang menuntut alokasi sumber daya internet secara sistematis dan termonitor (Saputra & Geni, 2024). Selain itu, relevansi NDLC sangat tinggi untuk skenario perancangan yang mencakup pengelolaan *bandwidth* dan otentikasi jaringan nirkabel (Ariyadi et al., 2023). Sesuai dengan batasan penelitian yang berfokus pada pengembangan *prototype*, tahapan NDLC dalam studi ini dimodifikasi menjadi tiga fase utama: analisis, desain, dan simulasi atau *prototype*. Visualisasi alur metodologis ini direpresentasikan pada Fig 1.



Gambar. 1. Tahapan metodologi NDLC yang dimodifikasi

Tahapan yang pertama adalah analisis, yang berfungsi sebagai fondasi krusial untuk menetapkan tujuan dan persyaratan jaringan berdasarkan pada kebutuhan esensial organisasi serta pengguna akhir (Loe & Belalawe, 2025). Metodologi pada fase ini mencakup pengumpulan data primer melalui observasi langsung terhadap perangkat keras fisik, serta pelaksanaan wawancara terstruktur guna mengidentifikasi hambatan akses internet yang dialami oleh peserta didik, tenaga pengajar, dan staf administrasi (Saputra & Geni, 2024). Disamping itu, evaluasi dilakukan terhadap konfigurasi topologi jaringan saat ini yang mengadopsi model distribusi terdesentralisasi, dengan tujuan memetakan ketidakseimbanagn alokasi *bandwidth* yang ada saat ini. Pemetaan ini esensial sebagai titik acuan (*baseline*) dalam perancangan arsitektur jaringan yang baru (Ariyadi et al., 2023).

Tahap kedua adalah desain, yang menitikberatkan pada pengembangan arsitektur topologi yang logis dan seleksi komponen perangkat keras serta perangkat lunak yang sesuai, dengan tujuan mengoptimalkan pemenuhan seluruh kebutuhan pengguna (Loe & Belalawe, 2025). Dalam tahap ini, proses perancangan melibatkan empat

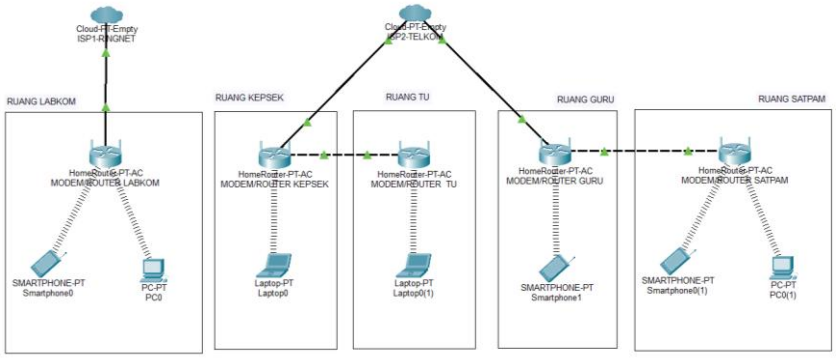
langkah krusial yang terintegrasi. Langkah awal melibatkan pembentukan arsitektur jaringan terpusat yang berporos pada satu *router* utama, bertujuan untuk menyederhanakan kontrol konektivitas secara menyeluruh. Selanjutnya, diimplementasikan segmentasi saluran komunikasi melalui VLAN untuk memisahkan domain antarlokasi. Dalam rangka menjamin distribusi kecepatan internet yang merata, manajemen *bandwidth* diimplementasikan menggunakan metode *Queue Tree*. Penyempurnaan tahap perancangan ini dilakukan melalui implementasi sistem *Hotspot*, yang berfungsi sebagai portal keamanan untuk meregulasi hak akses pengguna secara ketat (Ariyadi et al., 2023).

Tahap selanjutnya adalah tahap simulasi atau *prototype*, yang berfungsi untuk memvalidasi efektivitas dan keselarasan rancangan yang telah dibentuk. Validasi ini dijalankan dalam lingkungan virtual demi mereduksi secara signifikan potensi risiko kegagalan sistem. Dalam tahap ini, seluruh konfigurasi yang mencakup VLAN, *Queue Tree*, dan *Hotspot* diintegrasikan ke dalam model *prototype* jaringan. Proses integrasi ini difasilitasi oleh perangkat lunak simulasi yang relevan (Loe & Belalawe, 2025). Verifikasi kapabilitas fungsionalitas sistem dieksekusi melalui serangkaian pengujian komprehensif, mencakup uji konektivitas (*Ping Test*) untuk memastikan keberhasilan isolasi antar-jalur komunikasi. Selanjutnya, uji beban lalu lintas data (*Bandwidth Test*) dilaksanakan untuk mengonfirmasi presisi implementasi aturan pembatasan kecepatan akses internet dalam lingkungan simulasi.

HASIL

Analisis Jaringan Eksisting

Tahap analisis ini berhasil menyajikan gambaran komprehensif terkait kondisi infrastruktur jaringan yang telah terpasang di SMAN 1 Cisayong. Observasi lapangan menunjukkan bahwa arsitektur jaringan internet yang beroperasi saat ini masih menerapkan distribusi konektivitas secara langsung dari ISP dengan memanfaatkan protokol PPPoE. Selain itu, titik-titik distribusi konektivitas tersebut belum memanfaatkan server manajemen terpusat dan jangkauan aksesnya masih terbatas pada area manajerial tertentu, seperti ruang kepala sekolah, ruang wakil kepala sekolah, dan ruang guru. Visualisasi dari alur koneksi dan tata letak jaringan saat ini dipetakan ke dalam sebuah model topologi eksisting yang ditunjukkan pada Gambar. 2.

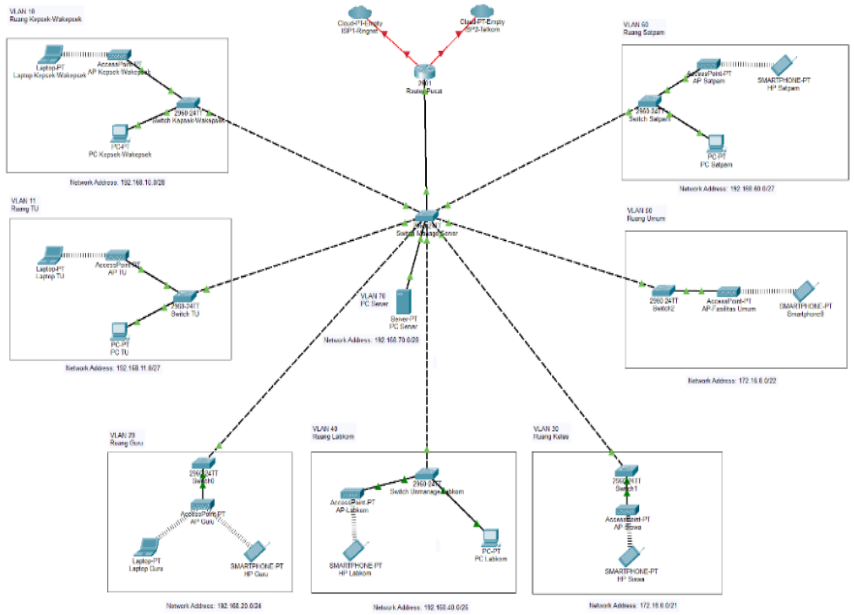


Gambar. 2. Topologi Jaringan Eksisting SMAN 1 Cisayong

Keterbatasan infrastruktur fisik juga teridentifikasi pada fasilitas laboratorium komputer. Instalasi jaringan pada ruangan tersebut masih bersifat kondisional karena sering digunakan sebagai ruang kelas reguler. Kondisi ini memaksa administrator jaringan untuk melakukan rutinitas bongkar pasang instalasi kabel dan server lokal secara manual setiap kali laboratorium akan digunakan. Cara ini dinilai sangat tidak efisien dari segi waktu dan tenaga kerja, serta secara signifikan memperbesar risiko kerusakan pada perangkat keras jaringan. Selain itu, absennya sistem manajemen *bandwidth* yang terpusat memicu ketidakseimbangan alokasi konektivitas, di mana pengguna aktif tidak mendapatkan pembagian kecepatan akses yang adil ketika jaringan diakses secara bersamaan. Kondisi inilah yang menjadi landasan utama perlunya perancangan arsitektur logis yang baru.

Desain Arsitektur Jaringan Usulan

Arsitektur jaringan yang diusulkan mengadopsi model terpusat dengan satu *router* utama sebagai pengendali seluruh lalu lintas data dari dua jalur ISP. Desain ini menggunakan teknologi *Multi-VLAN* untuk mengisolasi jalur komunikasi antar-area secara logis guna mencegah *IP conflict* dan meningkatkan keamanan internal. Representasi visual dari rancangan topologi jaringan terpusat ini ditunjukkan pada Gambar. 3.



Gambar. 3. Topologi Jaringan Usulan SMAN 1 Cisayong

Implementasi desain logis ini diawali dengan pembagian segmen VLAN dan skema pengalamatan IP yang efisien. Guna menghemat ruang, detail identitas VLAN dan alokasi *gateway* untuk setiap area kelompok pengguna disajikan secara ringkas pada Tabel 1.

Tabel 1 Segmentasi VLAN dan Skema Pengalamatan IP

VLAN ID	Nama	Network Address/ Prefix	Gateway
10	Kepsek	192.168.10.0/28	192.168.10.1
20	Guru	192.168.20.0/24	192.168.20.1
30	Siswa	172.16.0.0/21	172.16.0.1
40	Lab	192.168.40.0/26	192.168.40.1
50	Fasum	172.16.8.0/22	172.16.8.1
60	Satpam	192.168.60.0/27	192.168.60.1
70	Server	192.168.70.0	192.168.60.1

Selanjutnya, demi memastikan keadilan dalam pembagian akses, pengelolaan *bandwidth* dilakukan dengan metode *Queue Tree* yang menggunakan pendekatan *Per Connection Queue* (PCQ). Total bandwidth yang tersedia adalah 300 Mbps, lalu didistribusikan berdasarkan jaminan kecepatan minimum (Limit-At) dan batas kecepatan maksimum (Max-Limit), sesuai dengan rincian pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Manajemen *Bandwidth Queue Tree*

Nama VLAN	Limit-At (CIR)	Max-Limit (MIR)
Siswa	10 Mbps	150 Mbps
Guru / Server	5 Mbps	100 Mbps
Lab	10 Mbps	100 Mbps
Kepsek	2 Mbps	40 Mbps
TU	4 Mbps	80 Mbps
Fasum	2 Mbps	50 Mbps
Satpam	1 Mbps	30 Mbps

Sebagai pelengkap dari sistem yang ada, mekanisme keamanan akses diterapkan menggunakan sistem Hotspot. Untuk staf, proses autentikasi dilakukan dengan kredensial tetap, sementara untuk siswa digunakan sistem voucher. Pengaturan akses internet berjalan secara otomatis berkat fitur *scheduler* yang menyesuaikan dengan jam operasional sekolah. Dengan sistem ini, area manajerial masih dapat mengakses hingga pukul 21.00

WIB, sedangkan area siswa hanya diberikan akses sampai pukul 18.00 WIB.

Simulasi dan *Prototyping*

Pada tahap ini, rancangan desain diimplementasikan ke dalam lingkungan virtual menggunakan perangkat lunak Cisco Packet Tracer. Perangkat utama yang disimulasikan antara lain satu *router* Cisco 2901 yang difungsikan sebagai *router-on-a-stick*, satu *core switch* Cisco 2960-24TT, serta dua unit *router* tambahan yang berperan sebagai representasi dari penyedia layanan internet. Proses konfigurasi dimulai dengan mendefinisikan delapan VLAN pada core switch. Jalur yang menghubungkan *router* ke *switch* diatur sebagai *trunk port* dengan menggunakan protokol 802.1Q, sementara *port* yang mengarah ke ruangan pengguna dikonfigurasi dalam mode *access* atau *trunk*, tergantung pada kebutuhan segmentasi yang diinginkan.

Pada *router* utama, satu buah *interface* fisik dibagi menjadi delapan *sub-interface* logis yang menggunakan enkapsulasi 802.1Q. Masing-masing *sub-interface* ini berfungsi sebagai *default gateway* untuk setiap VLAN. Layanan DHCP juga dikonfigurasi langsung pada *router* tersebut, tujuannya agar alamat IP bisa didistribusikan secara otomatis ke setiap segmen jaringan. Untuk menjaga keamanan jaringan, diterapkan kebijakan isolasi melalui *Access Control List* (ACL) pada setiap *sub-interface*. Kebijakan ini menerapkan prinsip *default deny*, artinya semua lalu lintas antar-VLAN otomatis diblokir. Yang diperbolehkan hanyalah akses menuju jaringan internet dan server internal.

Validasi dan Pengujian Fungsional

Pada tahap simulasi, pengujian fungsionalitas sistem difokuskan pada tiga hal utama, yaitu distribusi alamat IP otomatis melalui DHCP, isolasi jalur data antarfisik antar-VLAN, serta kemampuan *inter-VLAN routing*. Metode yang dipakai dalam pengujian ini adalah *ping test*, yang dilakukan dari perangkat akhir di sebuah VLAN menuju gateway-nya, atau menuju perangkat yang berada di VLAN lain. Pengujian dilakukan secara sampling, dengan asumsi bahwa satu perangkat yang diuji bisa mewakili seluruh perangkat lain yang berada di segmen yang sama.

Dari hasil pengujian DHCP, terlihat bahwa setelah setiap perangkat diatur ke mode DHCP *client*, semuanya berhasil mendapatkan alamat IP dan *gateway* secara otomatis dari *pool* yang sudah dikonfigurasi. Tidak ada satupun permintaan alamat IP yang gagal di semua segmen jaringan. Rincian alokasi IP yang diterima oleh perangkat sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Distribusi IP (DHCP)

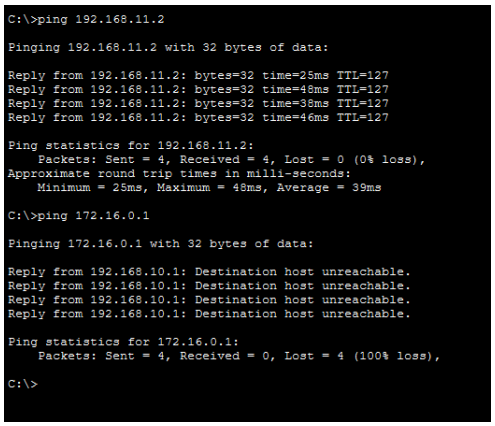
Segmen VLAN	Perangkat Sampel	IP yang Diperoleh	Gateway
10 (Kepsek)	Laptop Kepsek	192.168.10.2 - 192.168.10.14	192.168.10.1
20 (Guru)	Smartphone Guru	192.168.20.5 - 192.168.20.254	192.168.20.1
30 (Siswa)	Laptop Siswa	172.16.0.10 - 172.16.7.254	172.16.0.1
70 (Server)	Server	192.168.70.2 - 192.168.70.14	192.168.70.1

Setelah itu, pengujian untuk isolasi antar-VLAN dan *inter-VLAN routing* dilakukan dengan mengirimkan paket ICMP dari satu segmen ke segmen lainnya. Berdasarkan hasil pengujian yang sebenarnya, tidak ditemukan lalu lintas yang seharusnya diblokir justru bisa menembus, begitu pula sebaliknya. Untuk lalu lintas yang diizinkan, respon yang diterima adalah *Reply* dengan tingkat 0% *loss*, sementara lalu lintas yang dilarang menunjukkan status *Unreachable*. Ringkasan dari hasil *ping test* pada beberapa pasangan sumber dan tujuan dapat dilihat pada Tabel 4.

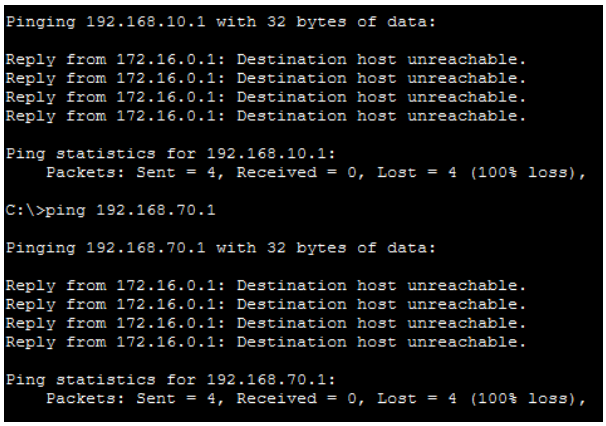
Tabel 4 Hasil Pengujian Isolasi dan *Inter-VLAN Routing*

Sumber (VLAN)	Tujuan (VLAN)	Hasil Diharapkan	Hasil Aktual
Kepsek (10)	TU (11)	Reply (V)	Reply, 0% loss
Kepsek (10)	Server (70)	Reply (V)	Reply, 0% loss
Kepsek (10)	Guru (20)	Unreachable (X)	Unreachable
Kepsek (10)	Siswa (30)	Unreachable (X)	Unreachable
Guru (20)	Server (70)	Reply (V)	Reply, 0% loss
Siswa (30)	Guru (20)	Unreachable (X)	Unreachable
Satpam (60)	Server (70)	Reply (V)	Reply, 0% loss

Bukti visual dari keberhasilan pengujian *ping* pada terminal simulator, baik untuk skenario yang diizinkan maupun yang diblokir, dapat dilihat pada Gambar. 4. dan Gambar. 5.



Gambar. 4. Pengujian isolasi VLAN Kepala Sekolah



Gambar. 5. Pengujian isolasi VLAN Siswa

PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian simulasi menunjukkan bahwa rancangan infrastruktur terpusat ini berhasil mengatasi kelemahan fatal yang ada pada arsitektur eksisting di SMAN 1 Cisayong. Distribusi IP otomatis melalui DHCP mampu menghilangkan inefisiensi dari konfigurasi manual yang selama ini menjadi kendala administrator jaringan. Selain itu, munculnya status *Request Timed Out* (RTO) pada skenario *ping* antar segmen yang dilarang (misalnya dari VLAN Siswa ke VLAN Guru) membuktikan bahwa aturan ACL dengan prinsip *default deny* berjalan dengan sempurna. Keberhasilan ini memperkuat temuan dari Sipayung et al., (2024) yang menyatakan bahwa segmentasi dengan *Multi-VLAN* sangat efektif dalam mencegah tabrakan data serta mengamankan domain siaran antar ruangan. Akan tetapi, penelitian ini memberikan keunggulan lebih lanjut karena tidak hanya sekadar memisahkan jalur, tetapi juga secara ketat mengamankan lalu lintas antar-VLAN melalui parameter penyaringan akses yang diterapkan pada *router* utama.

Di sisi lain, keberhasilan *ping* pada jalur yang secara tegas diizinkan (misalnya koneksi dari Kepala Sekolah menuju Server) menegaskan bahwa metode *router-on-a-stick* dengan *sub-interface* 802.1Q mampu menjalankan inter-VLAN routing tanpa adanya *packet loss*. Secara arsitektural, penggabungan *Multi-VLAN* dengan sistem antrean hierarkis *Queue Tree* serta autentikasi *Hotspot* memberikan solusi yang mampu menutupi kekurangan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Jika penelitian Gunawan et al., (2024) hanya mengandalkan pembatasan linier dari *Simple Queue* yang kaku, sementara penelitian Maulana & Hardiansyah, (2022) menerapkan *Queue Tree* murni tanpa adanya pemisahan jalur logis, maka arsitektur yang diusulkan dalam penelitian ini menyinergikan keduanya. Penggabungan ketiga entitas teknologi ini memastikan bahwa kontrol keamanan terjaga secara logis, sementara keadilan dalam distribusi *bandwidth* tetap berjalan dinamis berdasarkan prioritas penggunanya.

Secara keseluruhan, terpenuhinya semua kriteria validasi fungsional di dalam Cisco Packet Tracer ini menjadi *proof of concept* yang dapat diandalkan. Walaupun pengujian dilakukan di lingkungan virtual, logika *routing*, *VLAN trunking*, serta parameter ACL yang diterapkan sepenuhnya setara dengan lingkungan perangkat keras fisik. Pendekatan fungsional seperti ini sejalan dengan temuan Tania et al., (2024) dan Sholeha et al., (2025), yang menegaskan bahwa tahap simulasi jaringan merupakan instrumen penting dalam kerangka NDLC untuk memverifikasi keandalan konfigurasi logis secara mutlak sebelum masuk ke tahap instalasi sesungguhnya. Tujuannya adalah untuk meminimalkan risiko kegagalan sistem operasional ketika diterapkan di lapangan.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa infrastruktur jaringan terpusat berbasis Multi-VLAN, Queue Tree, dan Hotspot merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan jaringan yang belum terpusat di lingkungan sekolah. Segmentasi jaringan ke dalam delapan VLAN terbukti efektif mencegah IP conflict dan mengisolasi lalu lintas data antar area, sementara manajemen bandwidth dengan metode Queue Tree PCQ mampu mendistribusikan koneksi secara adil sesuai prioritas pengguna. Hasil validasi fungsional melalui simulasi menunjukkan bahwa layanan DHCP berjalan dengan benar di semua segmen, dan kebijakan ACL berhasil memblokir lalu lintas yang tidak diizinkan sekaligus mengizinkan koneksi yang memang diperbolehkan. Dengan demikian, prototype ini dinyatakan valid secara fungsional dan dapat dijadikan acuan implementasi fisik. Penelitian selanjutnya

disarankan untuk mengukur parameter QoS seperti throughput, delay, dan packet loss pada kondisi jaringan yang sesungguhnya.

REFERENSI

Ariyadi, T., Purwanto, T. D., & Fajar, M. M. (2023). Implementasi Desain Jaringan Hotspot Berbasis Mikrotik Dengan Metode Ndlc (Network Development Life Cycle) Pada Pt Kirana Permata. *Jurnal Ilmiah Informatika*, *11*(02), 189–195. https://doi.org/10.33884/jif.v11i02.8032

Damanuna, A. M., Hariadi, F., & Malo, R. M. I. (2024). Analisis Dan Perancangan Managament Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree Di Sdn Waingapu 4. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(4), 7478–7485. https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10344

Dzulfikar, M., Anton, & Nugraha, F. S. (2023). Implementation of Shared Internet Service Computer Network (RT/RW Net) Home.Net. *JISICOM: Journal of Information System, Informatics and Computing*, *7*(1), 36–47. https://doi.org/10.52362/jisicom.v7i1.1050

Ferioza, Maulana, R. A., Firasanto, G., Ardianto, D. A., & Supriadi, O. (2026). Instalasi Jaringan Internet Di SMK Khazanah Kebajikan. *JPkMN*, *7*(1), 268–273.

Gunawan, A., Sundari, S. S., & Anwar, D. S. (2024). Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Simple Queue Pada Sistem Jaringan Internet SMP Negeri 1 Jamanis. *e-Jurnal JUSITI*, *13*(1), 144–154. https://ejurnal.undipa.ac.id/index.php/jusiti/article/view/1634

Loe, M. J. P., & Belalawe, B. J. (2025). Analisis Bandwidth dengan Menggunakan Metode Network Development Life Cycle (NDLC). *Jurnal Manajemen Informatika & Teknologi*, *5*(2), 298–308.

Maulana, I., & Hardiansyah. (2022). Implementasi Jaringan Hotspot Menggunakan Metode Queve Tree Pada Router Mikrotik (Studi Kasus : SMK Gita Kirtti 1 Jakarta). *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, *32*(Vol. 32 No. 4 (Desember 2022)), 36–41. https://doi.org/10.37277/stch.v32i4.1467

Nurcahyo, K. B. A., & Prihanto, A. (2021). Analisis Quality of Service (QoS) pada Jaringan VLAN (Virtual Local Area Network). *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, *3*(01), 62–70. https://doi.org/10.26740/jinacs.v3n01.p62-70

Saputra, D., & Geni, B. Y. (2024). Analisa Dan Perancangan Jaringan Wireless Local Area Network (Wlan) Dengan Menggunakan Metode Ndlc. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(2), 2382–2389. https://doi.org/10.36040/jati.v8i2.9395

Sholeha, E. W., Jaya, D. Y., Supriyanto, A., & Utomo, H. S. (2025). Komparasi Fungsionalitas EVE-NG dan GNS3: Simulasi Protokol Jaringan. *ALGORITMA : Jurnal Ilmu Komputer Informatika*, *9*(1), 1–8. https://doi.org/10.30829/algoritma.v9i1.23864

Sipayung, P. I. O. B., Purba, V., & Agussalim. (2024). Analisis, Perancangan, dan Simulasi Jaringan VLAN Menggunakan Metode PPDIOO (Studi Kasus: SMAS Santo Yusup Surabaya). *TeknoIS: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains*, *14*(1), 110–118. https://doi.org/10.36350/jbs.v14i1.237

Subektiningsih, Renaldi, & Ferdiansyah, P. (2022). Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ. *EXPLORE*, *12*(2), 57–63.

Tania, S., Khotiera, O. C., Ferdinand, Agusia, P., & Setiawan, J. (2024). Simulasi Jaringan OwnCloud dengan VPN Menggunakan GNS3. *Teknik Informatika, Universitas Tarumanagara*, 1–5.

Wibowo, A., & Triraharjo, B. (2023). *Implementasi Manajemen Dan Autentikasi Pengguna Hotspot Menggunakan Mikrotik Hotspot Management Mikhmon Di Kedai Kopi Legalita*. *4*(1), 28–39.