

Optimasi Infrastruktur Jaringan Pada Lingkungan Perusahaan Menggunakan Virtualisasi Berbasis Cisco Packet Tracer

M. Farhan Nayuna¹, Fauzi Abdul Rohim²

^{1,2}Politeknik IDN Bogor

E-mail: nayuna.farhan@gmail.com¹, fauzi@idn.ac.id²

Article History:

Received: 18 Juni 2026

Revised: 30 Juni 2026

Accepted: 08 Juli 2026

Keywords:

Infrastruktur Jaringan, Cisco Packet Tracer, VLAN, Topologi Star, Optimasi Jaringan.

Abstract: Infrastruktur jaringan komputer merupakan tulang punggung operasional bagi perusahaan di era digital. Namun, banyak instansi masih menggunakan topologi jaringan tradisional seperti pola koneksi berantai (daisy chain) yang rentan terhadap gangguan single point of failure dan memiliki manajemen trafik yang buruk. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan infrastruktur jaringan pada lingkungan korporasi melalui penerapan desain hierarkis dan teknologi virtualisasi. Metode yang digunakan adalah simulasi menggunakan Cisco Packet Tracer dengan fokus pada implementasi Virtual Local Area Network (VLAN) untuk segmentasi jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi ke topologi star yang terintegrasi dengan VLAN mampu meningkatkan stabilitas konektivitas dan keamanan data antar departemen secara signifikan. Pengujian konektivitas end-to-end memberikan hasil keberhasilan 100%, yang membuktikan bahwa rancangan ini lebih efisien dalam meminimalisir tabrakan data (congestion) dan mempermudah proses pemeliharaan sistem.

PENDAHULUAN

Dalam era transformasi digital yang masif, infrastruktur jaringan komputer telah bertransformasi dari sekadar fasilitas pendukung menjadi tulang punggung operasional utama bagi sektor korporasi. Efisiensi pertukaran data, komunikasi lintas divisi, hingga akses layanan internal perusahaan sangat bergantung pada stabilitas konektivitas yang tersedia. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembangunan jaringan sering kali dilakukan secara parsial dan reaktif demi memenuhi kebutuhan jangka pendek tanpa perencanaan arsitektur yang matang. Kondisi ini memicu munculnya topologi yang tidak terstruktur, yang pada akhirnya menyulitkan proses pemeliharaan serta pengembangan sistem di masa depan. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menekankan bahwa perancangan jaringan berbasis VLAN sangat krusial untuk meningkatkan keamanan serta mengoptimalkan distribusi data pada lingkungan yang kompleks (Pratama & Nugroho, 2022). Dengan integrasi teknologi virtualisasi yang tepat, hambatan teknis akibat penumpukan trafik dapat diminimalisir secara efektif.

Secara konseptual, jaringan komputer merupakan integrasi perangkat otonom yang saling terhubung melalui protokol komunikasi untuk mencapai tujuan berbagi sumber daya secara efisien. Referensi fundamental seperti model OSI dan TCP/IP menjadi acuan krusial dalam memetakan proses komunikasi data secara berlapis, mulai dari transmisi fisik hingga interaksi

aplikasi. Pemahaman mendalam terhadap hierarki ini memungkinkan administrator untuk melakukan analisis gangguan secara lebih sistematis dan terukur. Tanpa landasan teori yang kuat, implementasi jaringan cenderung rentan terhadap hambatan teknis yang kompleks (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Salah satu tantangan utama yang sering ditemukan pada infrastruktur jaringan perusahaan adalah pengelolaan lalu lintas data yang tidak terorganisir akibat pola koneksi berantai atau daisy chain. Struktur semacam ini menciptakan ketergantungan antar perangkat yang sangat tinggi, di mana kegagalan pada satu titik dapat melumpuhkan seluruh segmen jaringan di bawahnya. Oleh karena itu, penerapan perangkat switching yang cerdas menjadi solusi untuk mengatur distribusi data berdasarkan alamat MAC, sehingga transmisi informasi berlangsung lebih terarah dan meminimalisir tabrakan data.

Untuk mengoptimalkan kinerja dan keamanan, segmentasi jaringan melalui teknologi Virtual Local Area Network (VLAN) menjadi kebutuhan mendesak di lingkungan perusahaan. VLAN memungkinkan pembagian jaringan secara logis berdasarkan fungsi kerja atau divisi tanpa harus terikat pada batasan lokasi fisik perangkat. Dengan memperkecil cakupan broadcast domain, beban trafik dapat dikurangi secara signifikan sehingga performa jaringan tetap terjaga meski digunakan oleh banyak unit kerja sekaligus (Cisco Networking Academy, 2021).

Meskipun VLAN mampu mengisolasi lalu lintas data secara mandiri, komunikasi antar segmen tetap diperlukan melalui mekanisme Inter-VLAN routing. Integrasi antara routing dan VLAN ini memastikan bahwa koordinasi antar divisi tetap berjalan harmonis di bawah kendali kebijakan keamanan yang ketat. Penggunaan perangkat router atau Layer 3 switch memungkinkan administrator untuk mengatur jalur komunikasi yang paling efisien, sekaligus berfungsi sebagai gerbang pengendali arus informasi yang masuk maupun keluar dari jaringan internal.

Selain aspek keamanan, efisiensi penggunaan bandwidth juga menjadi parameter keberhasilan dalam sebuah infrastruktur jaringan modern. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan VLAN secara strategis mampu meminimalisir broadcast storm yang sering kali menurunkan performa jaringan secara drastis pada topologi konvensional (Utomo, 2023).

Permasalahan lain yang tak kalah krusial adalah pengelolaan skema pengalamatan IP yang sering kali tidak terstandarisasi, sehingga memicu konflik alamat dan menghambat proses troubleshooting. Implementasi subnetting yang presisi menjadi kunci dalam mendistribusikan alamat IP secara unik bagi setiap perangkat dalam jaringan. Dengan merancang skema IP Address yang terintegrasi dengan pembagian VLAN, setiap unit kerja dapat diidentifikasi dengan mudah, yang pada gilirannya mempercepat proses penanganan kendala teknis oleh tim IT.

Optimasi infrastruktur ini idealnya dilakukan melalui pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak seperti Cisco Packet Tracer untuk memvalidasi rancangan sebelum diterapkan pada lingkungan nyata. Simulasi memberikan gambaran komprehensif mengenai interaksi antar perangkat, mulai dari konfigurasi firewall sebagai sistem pertahanan, hingga pengaturan core switch sebagai pusat distribusi data. Melalui pengujian konektivitas yang ketat, stabilitas dan keandalan rancangan jaringan yang baru dapat dipastikan sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan.

Secara keseluruhan, penelitian ini diarahkan untuk mentransformasi infrastruktur jaringan yang bersifat reaktif menjadi sebuah sistem yang terstruktur dan mudah dikelola. Dengan menggabungkan pembaruan topologi fisik ke arah hierarki star serta penerapan segmentasi logis, diharapkan tercipta lingkungan kerja digital yang lebih aman dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Dokumentasi perancangan yang sistematis ini pada akhirnya tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis sesaat, tetapi juga sebagai panduan strategis dalam pengembangan

.....

infrastruktur IT perusahaan secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi deskriptif dengan pendekatan simulasi jaringan untuk memetakan solusi atas permasalahan infrastruktur yang ada. Prosedur penelitian diawali dengan tahap identifikasi masalah melalui observasi langsung terhadap kondisi jaringan eksisting perusahaan yang masih menggunakan pola koneksi berantai atau daisy chain. Setelah akar permasalahan ditemukan, dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan landasan teori mengenai arsitektur jaringan hierarkis, segmentasi VLAN, dan manajemen pengalamatan IP yang efektif sebagai referensi perancangan.

Tahap berikutnya adalah analisis kebutuhan fungsional yang mencakup identifikasi perangkat keras dan kebutuhan operasional setiap divisi. Berdasarkan data tersebut, dirancang sebuah topologi jaringan baru berbasis hierarchical network design yang membagi infrastruktur ke dalam lapisan core, distribution, dan access. Penggunaan model hierarkis ini bertujuan untuk mengeliminasi ketergantungan antar perangkat yang tinggi pada topologi lama, sehingga meningkatkan redundansi dan mempermudah skalabilitas jaringan di masa mendatang.

Dalam aspek segmentasi, penelitian ini merancang unit logis menggunakan teknologi Virtual Local Area Network (VLAN) untuk memisahkan lalu lintas data antar departemen seperti HRD, IT, Finance, dan Marketing. Setiap segmen diberikan identitas VLAN ID yang unik untuk memperkecil broadcast domain serta meningkatkan kontrol keamanan internal. Perancangan ini memastikan bahwa komunikasi antar divisi tetap terisolasi secara logis meskipun menggunakan infrastruktur fisik yang sama, yang kemudian diintegrasikan dengan mekanisme inter-VLAN routing pada perangkat layer-3.

Optimasi juga dilakukan pada skema pengalamatan dengan menyusun strategi IP Address yang terstandarisasi menggunakan metode subnetting. Penentuan blok IP yang teratur bertujuan untuk menghindari konflik alamat serta mempermudah administrator dalam melakukan inventarisasi perangkat dan troubleshooting. Skema ini dirancang agar setiap VLAN memiliki rentang alamat IP yang spesifik, sehingga proses identifikasi sumber lalu lintas data dapat dilakukan secara presisi dan cepat.

Langkah terakhir dalam metodologi ini adalah tahap implementasi dan pengujian melalui simulasi menggunakan aplikasi Cisco Packet Tracer. Perangkat lunak ini dipilih karena mampu menyediakan lingkungan virtual yang akurat untuk memvalidasi konfigurasi switch dan router sebelum diterapkan secara fisik. Pengujian dilakukan dengan metode end-to-end connectivity test menggunakan perintah PING untuk memastikan seluruh skema VLAN dan routing telah berfungsi sesuai rencana. Dengan alur penelitian yang sistematis ini, hasil rancangan diharapkan mampu memberikan performa yang jauh lebih stabil dibandingkan sistem sebelumnya.

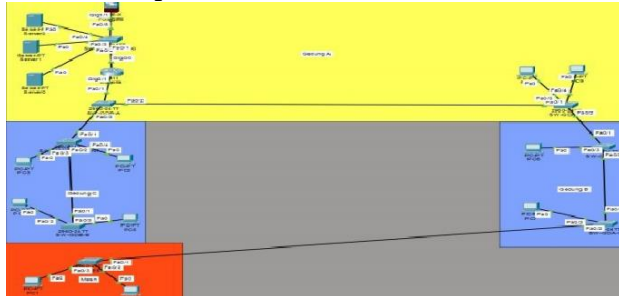
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Topologi Jaringan Awal

Analisis mendalam terhadap infrastruktur eksisting menunjukkan bahwa jaringan komputer pada perusahaan saat ini masih mengandalkan model koneksi yang sangat tradisional dan kurang terencana. Penggunaan pola koneksi berantai atau daisy chain menjadi karakteristik utama, di mana setiap switch saling terhubung satu sama lain secara sekuensial tanpa adanya jalur redundansi yang memadai. Struktur seperti ini sangat tidak efisien untuk lingkungan kerja yang dinamis karena menciptakan beban trafik yang bertumpuk pada satu jalur utama, yang jika terjadi gangguan pada satu titik, maka seluruh koneksi di belakangnya akan terputus total.

Secara visual, kondisi ini menciptakan kerumitan kabel yang tidak teratur dan menyulitkan

identifikasi perangkat secara fisik maupun logis. Infrastruktur yang ada saat ini juga belum memiliki manajemen pusat yang baik, sehingga aliran data antar divisi tercampur dalam satu jalur yang sama tanpa adanya prioritas trafik. Dokumentasi mengenai kerumitan dan arsitektur fisik awal ini dapat dilihat secara mendetail pada



Gambar 1 Topologi Jaringan Awal

Permasalahan Jaringan

Berdasarkan pengamatan pada kondisi awal, ditemukan serangkaian permasalahan teknis yang menjadi penghambat utama operasional perusahaan. Masalah paling krusial adalah tingginya risiko single point of failure, di mana ketergantungan antar perangkat sangat tinggi sehingga stabilitas jaringan sangat rentan terhadap gangguan pada perangkat perantara. Selain itu, ketiadaan segmentasi jaringan menyebabkan seluruh departemen berada dalam satu broadcast domain yang sama, yang memicu terjadinya kemacetan data (congestion) saat aktivitas penggunaan internet dan transfer data internal sedang tinggi.

Dari sisi keamanan, model jaringan lama ini memiliki celah yang cukup besar karena setiap pengguna di departemen berbeda dapat saling mengakses sumber daya tanpa adanya batasan yang jelas. Pengelolaan jaringan pun menjadi sangat tidak efektif karena tim IT membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan isolasi masalah atau troubleshooting saat terjadi kendala teknis. Masalah-masalah ini menegaskan bahwa perusahaan membutuhkan transformasi infrastruktur yang lebih modern dan aman untuk mendukung pertumbuhan bisnis ke depan.

Topologi Jaringan Usulan

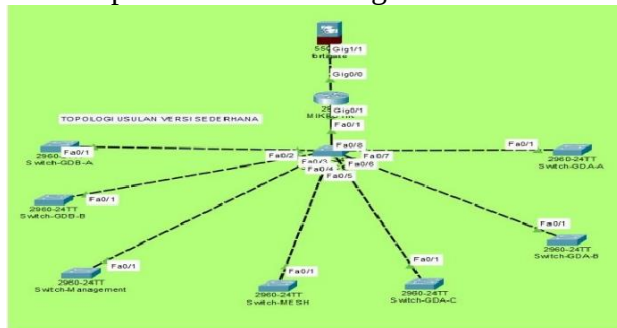
Untuk mengatasi berbagai kelemahan sistem lama, diajukan sebuah perancangan ulang melalui model topologi Star yang mengadopsi prinsip desain jaringan hierarkis. Dalam arsitektur usulan ini, peran core switch menjadi pusat distribusi utama yang mengelola lalu lintas data secara terpusat, di mana setiap access switch dari masing-masing departemen terhubung langsung ke pusat kendali tersebut. Pendekatan ini tidak hanya meminimalisir ketergantungan antar perangkat, tetapi juga meningkatkan redundansi sistem sehingga jika satu jalur mengalami kendala, departemen lain tetap dapat beroperasi secara normal.

Perancangan ini juga difokuskan pada skalabilitas jangka panjang, yang memungkinkan perusahaan untuk menambah unit kerja baru tanpa harus merombak struktur jaringan yang sudah ada. Dengan beralih ke model hierarkis, administrator jaringan memiliki kendali penuh terhadap setiap segmen yang ada, sehingga performa jaringan dapat dipantau secara lebih presisi. Detail mengenai perancangan arsitektur modern ini dipaparkan pada:



Gambar 2 Topologi Jaringan Usulan

dan diperjelas melalui skema pada Gambar 3 sebagai berikut:

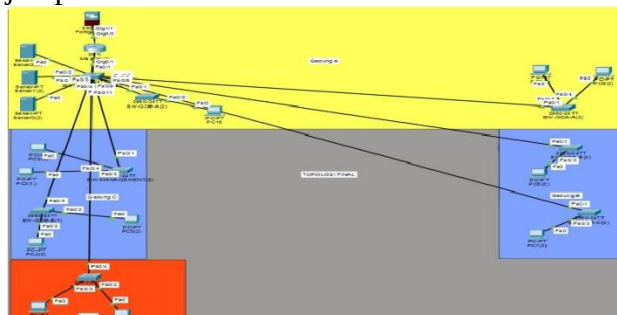


Gambar 3 Topologi Jaringan Usulan Versi Sederhana

Implementasi Topologi Jaringan

Proses transformasi dari konsep menuju realisasi teknis dilakukan dengan memetakan seluruh rancangan ke dalam lingkungan simulasi yang memiliki tingkat akurasi tinggi. Pada tahap implementasi ini, integrasi antar perangkat keras virtual seperti router dan switch dilakukan dengan sangat teliti, memperhatikan aspek penempatan dan pengabelan logis sesuai dengan kebutuhan fisik kantor. Pemetaan ini bertujuan untuk menjamin bahwa setiap jalur koneksi yang direncanakan dapat mendukung transmisi data berkecepatan tinggi secara konsisten.

Selain aspek konektivitas, tahap ini juga memastikan bahwa seluruh komponen pendukung jaringan sudah teridentifikasi dengan benar dalam sistem. Simulasi ini menjadi langkah krusial untuk meminimalisir kesalahan konfigurasi sebelum nantinya diterapkan pada perangkat fisik yang sebenarnya di lapangan. Gambaran menyeluruh mengenai implementasi teknis ini dalam aplikasi simulasi dapat dirujuk pada:



Gambar 4 Implementasi Topologi Jaringan Pada Cisco Packet Tracer

Konfigurasi Jaringan

Langkah inti dalam optimasi ini adalah penerapan konfigurasi Virtual Local Area Network (VLAN) untuk menciptakan isolasi trafik secara logis antar unit kerja. Setiap departemen, seperti HRD, IT, hingga Finance, diberikan segmen jaringan tersendiri yang dipisahkan oleh identitas VLAN ID yang unik, sehingga lalu lintas data antar divisi tidak akan saling mengintervensi. Hal

ini secara otomatis meningkatkan keamanan data sensitif perusahaan karena akses antar VLAN diatur secara ketat melalui kebijakan routing yang telah ditentukan.

Konfigurasi ini juga dibarengi dengan penerapan skema pengalamatan IP statis yang terstandarisasi menggunakan metode subnetting. Dengan pengalamatan yang rapi, setiap perangkat dalam jaringan dapat diidentifikasi dengan cepat, yang pada akhirnya mempermudah proses pemeliharaan harian. Rincian mengenai parameter identitas VLAN dan pembagian blok IP Address dapat dilihat pada

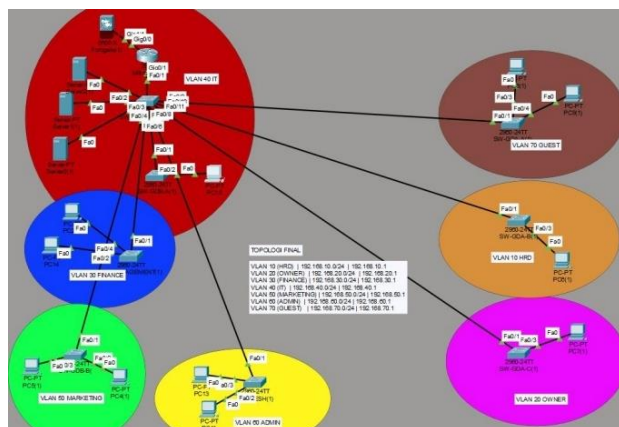
Tabel 1 Pembagian VLAN

VLAN ID	Nama VLAN	Divisi
10	HRD	HRD
20	OWNER	Owner
30	FINANCE	Finance
40	IT	IT
50	MARKETING	Marketing
60	ADMIN	Admin
70	GUEST	Tamu

Tabel 2 Skema IP Address VLAN

VLAN ID	Nama VLAN	Network Address	Gateway
10	HRD	192.168.10.0/24	192.168.10.1
20	OWNER	192.168.20.0/24	192.168.20.1
30	FINANCE	192.168.30.0/24	192.168.30.1
40	IT	192.168.40.0/24	192.168.40.1
50	MARKETING	192.168.50.0/24	192.168.50.1
60	ADMIN	192.168.60.0/24	192.168.60.1
70	GUEST	192.168.70.0/24	192.168.70.1

sementara dokumentasi teknis langkah konfigurasinya tersedia pada Gambar 5 sebagai berikut:



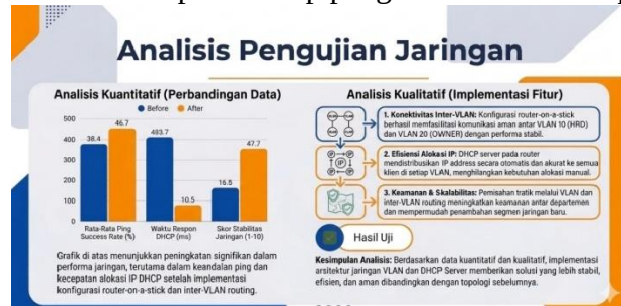
Gambar 5 Implementasi Konfigurasi VLAN

Pengujian Jaringan

Setelah seluruh tahap konfigurasi selesai diimplementasikan, dilakukan serangkaian pengujian konektivitas yang sangat ketat untuk menjamin fungsionalitas sistem berjalan sesuai target. Pengujian dilakukan melalui metode transmisi paket data (ICMP) antar perangkat, baik dalam satu VLAN yang sama maupun antar segmen VLAN yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk memvalidasi bahwa mekanisme Inter-VLAN routing telah bekerja dengan sempurna dalam

menghubungkan departemen yang memiliki hak akses.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem baru ini memiliki tingkat keberhasilan pengiriman paket data sebesar 100% dengan latensi yang sangat rendah. Selain pengujian konektivitas dasar, dilakukan juga pengecekan terhadap keamanan jalur distribusi data untuk memastikan tidak ada kebocoran trafik antar segmen yang tidak diizinkan. Bukti keberhasilan teknis dan status konektivitas "Success" pada setiap pengiriman data dilampirkan pada:



Gambar 6 Analisis Pengujian Jaringan

Analisis Hasil

Melalui perbandingan mendalam antara data sebelum dan sesudah dilakukan optimasi, terlihat adanya peningkatan performa dan stabilitas jaringan yang sangat signifikan. Topologi usulan terbukti mampu menghilangkan fenomena bottleneck yang sering terjadi pada sistem lama serta memberikan tingkat keamanan yang jauh lebih tinggi melalui segmentasi logis VLAN. Hal ini sejalan dengan temuan Ramadhan (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan model hierarkis dalam arsitektur jaringan terbukti mampu meningkatkan skalabilitas, di mana penambahan node baru dapat dilakukan tanpa mengganggu stabilitas sistem yang sedang berjalan. Dengan membagi fungsi perangkat ke dalam lapisan-lapisan tertentu, administrator jaringan dapat lebih fokus pada optimasi performa di tiap segmen secara lebih spesifik.

Pengelolaan sumber daya jaringan kini menjadi lebih efisien karena trafik data telah terdistribusi secara merata sesuai dengan jalurnya masing-masing tanpa adanya gangguan broadcast storm. Secara manajerial, administrator jaringan kini memiliki visibilitas yang lebih baik terhadap seluruh infrastruktur, sehingga proses deteksi dan penanganan gangguan dapat dilakukan secara proaktif. Selain keunggulan teknis, aspek efisiensi biaya operasional juga menjadi pertimbangan penting. Menurut Sari & Wijaya (2024), implementasi virtualisasi berbasis perangkat lunak memungkinkan perusahaan untuk merancang simulasi yang akurat sebelum melakukan investasi perangkat keras secara masif, sehingga risiko kesalahan konfigurasi pada sistem nyata dapat diminimalisir. Keberhasilan optimasi ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi virtualisasi berbasis Cisco merupakan solusi yang sangat tepat untuk meningkatkan keandalan sistem IT perusahaan Ringkasan perbandingan efektivitas antara sistem lama dan sistem usulan tercantum secara sistematis pada

Tabel 3 Perbandingan Jaringan Lama dan Jaringan Usulan

Aspek	Jaringan Lama	Jaringan Usulan
Struktur topologi jaringan	Daisy chain (line)	Hierarchical / Star
Ketertanggung perangkat	Tinggi	Rendah
Single point of failure	Tinggi	Lebih rendah
Stabilitas jaringan	Kurang stabil	Lebih stabil
Pengelolaan jaringan	Sulit	Lebih mudah
Segmentasi jaringan	Belum diterapkan	Menggunakan VLAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan

bahwa optimasi infrastruktur jaringan melalui transformasi dari topologi daisy chain ke topologi star memberikan peningkatan stabilitas yang signifikan bagi sistem komunikasi perusahaan. Implementasi virtualisasi menggunakan teknologi VLAN terbukti efektif dalam melakukan segmentasi trafik antar departemen, sehingga masalah kemacetan data (congestion) dan risiko single point of failure yang ada pada sistem lama dapat dieliminasi sepenuhnya. Selain itu, penggunaan skema pengalamatan IP yang terstruktur melalui metode subnetting memberikan kemudahan bagi administrator jaringan dalam melakukan monitoring dan proses troubleshooting secara lebih cepat dan akurat.

Secara keseluruhan, integrasi antara pembaruan arsitektur fisik dan konfigurasi logis berbasis Cisco ini telah berhasil menciptakan lingkungan jaringan yang lebih aman, efisien, dan skalabel. Pengujian konektivitas end-to-end menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, yang memvalidasi bahwa seluruh segmen jaringan kini dapat berkomunikasi secara optimal sesuai dengan kebijakan hak akses yang telah ditetapkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan strategis bagi perusahaan dalam mengelola infrastruktur IT yang handal dan adaptif terhadap perkembangan teknologi di masa depan.

DAFTAR REFERENSI

- Cisco Networking Academy. (2020). Introduction to Networks. Cisco Systems, Inc. <https://www.netacad.com/courses/networking/introduction-to-networks>
- Cisco Networking Academy. (2021). Switching, Routing, and Wireless Essentials. Cisco Systems, Inc. <https://www.netacad.com/courses/networking/switching-routing-wireless-essentials>
- Cisco Networking Academy. (2021). Enterprise Networking, Security, and Automation. Cisco Systems, Inc. <https://www.netacad.com/courses/networking/enterprise-networking-security-automation>
- Forouzan, B. A. (2013). Data Communications and Networking (5th ed.). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/data-communications-networking-forouzan/M9780073376226.html>
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2017). Computer Networking: A Top-Down Approach (7th ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/computer-networking-a-top-down-approach/P200000003294>
- Odom, W. (2020). CCNA 200-301 Official Cert Guide. Cisco Press. <https://www.ciscopress.com/store/ccna-200-301-official-cert-guide-library-978158714714>
- Utomo, S. (2023). Analisis Performansi dan Efisiensi Jaringan Berbasis Virtual Local Area Network (VLAN). Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Jaringan, 4(1), 12–20.
- Politeknik IDN Bogor. (2024). Pedoman Penulisan Tugas Akhir. Politeknik IDN Bogor. <https://idn.ac.id/pedoman-ta>
- Pratama, R. A., & Nugroho, S. (2022). Perancangan Jaringan Komputer Berbasis VLAN untuk Meningkatkan Keamanan Jaringan. Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 9(2), 45–52. <https://ejournal.example.ac.id/jtik/article/view/1234>
- Ramadhan, A. (2022). Implementasi Arsitektur Hierarkis untuk Meningkatkan Skalabilitas Jaringan Lokal. Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak, 3(2), 115–122.
- Sari, D. P., & Wijaya, K. (2024). Analisis Efisiensi Biaya dan Performa Virtualisasi Jaringan

- pada Skala Menengah. Jurnal Teknologi Sistem Informasi, 5(1), 45–53.
- Sofana, I. (2019). Cisco CCNA & Jaringan Komputer. Bandung: Informatika.
<https://informatika.org/buku/cisco-ccna-jaringan-komputer>
- Stallings, W. (2014). Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. Addison-Wesley. <https://www.pearson.com/store/p/foundations-of-modern-networking/P100000444064>
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). Computer Networks (5th ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/computer-networks/P200000006847>
-