

Analisis Perbandingan Multi-Protocol Label Switching (MPLS) dan Software-Defined WAN (SD-WAN) sebagai Solusi Jaringan dalam Meningkatkan Optimasi Kinerja Jaringan untuk Digitalisasi Bisnis

Moh. Alfaujianto¹, Fajar Muttaqi², Nurul Badriah³

^{1*2,3} universitas Utpadaka Swastika, Kota Tangerang, Indonesia

*moh.alfaujianto@utpas.ac.id, fajar.muttaqi@utpas.ac.id, nurul.badriah@utpas.ac.id

ABSTRACT

The rapid advancement of network technology compels organizations to adopt efficient and scalable networking solutions to support business digitalization processes. This study aims to analyze and compare two major network technologies—Multi-Protocol Label Switching (MPLS) and Software-Defined WAN (SD-WAN)—as network solutions to optimize network performance. The research methodology involves literature review, network simulation, and performance analysis based on parameters such as latency, throughput, reliability, and implementation cost. The results indicate that MPLS offers high reliability and consistent performance, while SD-WAN provides greater flexibility, scalability, and cost efficiency. A combination of both technologies may serve as an optimal solution to support digital business transformation, particularly in addressing complex and dynamic networking challenges. This study is expected to serve as a reference for organizations in selecting the most suitable networking solution for their business needs.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi jaringan yang pesat menuntut organisasi untuk mengadopsi solusi jaringan yang efisien dan scalable guna mendukung proses digitalisasi bisnis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan dua teknologi jaringan utama, yaitu Multi-Protocol Label Switching (MPLS) dan Software-Defined WAN (SD-WAN), sebagai solusi jaringan dalam meningkatkan optimasi kinerja jaringan. Metode penelitian dilakukan melalui studi literatur, simulasi jaringan, dan analisis kinerja berdasarkan parameter seperti latency, throughput, keandalan, dan biaya implementasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MPLS menawarkan keandalan tinggi dan performa yang konsisten, sementara SD-WAN memberikan fleksibilitas, skalabilitas, dan efisiensi biaya yang lebih baik. Kombinasi kedua teknologi ini dapat menjadi solusi optimal untuk mendukung transformasi digitalisasi bisnis, terutama dalam menghadapi tantangan jaringan yang kompleks dan dinamis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi organisasi dalam memilih solusi jaringan yang sesuai dengan kebutuhan bisnis mereka.

Kata Kunci : Multi-Protocol Label Switching (MPLS), Software-Defined WAN (SD-WAN), Solusi Jaringan, Optimasi Kinerja Jaringan, Digitalisasi Bisnis

INDORMASI ARTIKEL

Submit	Diterima	Publish Online
28 April 2025	1 Mei 2025	30 Mei 2025

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Umum

Di era transformasi digital, jaringan yang andal dan efisien menjadi komponen kritis dalam mendukung **operasional** bisnis, kolaborasi, dan inovasi. Organisasi modern menghadapi tantangan yang kompleks, seperti peningkatan volume data, kebutuhan bandwidth yang tinggi, dan tuntutan untuk menyediakan konektivitas yang aman dan stabil di seluruh lokasi yang tersebar. Dalam konteks ini, teknologi jaringan seperti **Multi-Protocol Label Switching (MPLS)** dan **Software-Defined WAN (SD-WAN)** muncul sebagai solusi utama. MPLS, yang telah lama menjadi standar industri, dikenal karena kemampuannya menyediakan koneksi yang andal dengan latency rendah, cocok untuk aplikasi yang membutuhkan performa konsisten seperti VoIP dan video conferencing. Di sisi lain, SD-WAN, yang relatif lebih baru, menawarkan fleksibilitas, skalabilitas, dan efisiensi biaya melalui sentralisasi manajemen dan penggunaan koneksi internet berbasis cloud. Namun, pemilihan antara MPLS dan SD-WAN sering kali menjadi dilema bagi organisasi, terutama dalam konteks mendukung **digitalisasi bisnis** yang membutuhkan jaringan yang tidak hanya andal tetapi juga hemat biaya dan mudah dikelola.

B. Kajian Literatur Terdahulu (State of the Art)

Penelitian sebelumnya telah banyak mengkaji keunggulan dan tantangan dari MPLS dan SD-WAN. Misalnya, studi oleh Rafamantanantsoa et al (2021) menyoroti keandalan MPLS dalam menyediakan koneksi yang stabil dan aman[1], terutama untuk aplikasi yang membutuhkan latency rendah seperti layanan keuangan dan telemedicine. Di sisi lain, penelitian oleh A. Darshane (2024) menunjukkan bahwa SD-WAN mampu mengurangi biaya operasional jaringan hingga 40% melalui sentralisasi manajemen dan penggunaan koneksi internet berbasis cloud[2]. Selain itu, studi oleh Z. Yang, Y. Cui, B.Li et al.(2019) mengidentifikasi bahwa SD-WAN menawarkan fleksibilitas yang lebih besar dalam mengelola lalu lintas jaringan secara dinamis, yang sangat berguna untuk organisasi dengan cabang yang tersebar secara geografis[3]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut hanya fokus pada evaluasi independen terhadap MPLS atau SD-WAN, tanpa melakukan analisis komparatif yang mendalam mengenai bagaimana kedua teknologi ini dapat saling melengkapi dalam konteks optimasi kinerja jaringan untuk mendukung digitalisasi bisnis.

C. Analisis Gap

Berdasarkan kajian literatur terdahulu, terdapat beberapa gap yang perlu diatasi. Pertama, belum ada penelitian yang secara komprehensif membandingkan MPLS dan SD-WAN dalam konteks optimasi kinerja jaringan, terutama dalam hal parameter seperti latency, throughput, keandalan, dan biaya implementasi. Kedua, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada satu aspek teknologi, seperti keamanan atau efisiensi biaya, tanpa mempertimbangkan integrasi kedua teknologi untuk menciptakan solusi jaringan yang lebih holistik. Ketiga, penelitian terdahulu kurang menyentuh aspek implementasi teknologi ini dalam mendukung transformasi digitalisasi bisnis, terutama di lingkungan yang dinamis dan kompleks seperti sektor pendidikan, pemerintahan, atau perusahaan multinasional. Keempat, belum ada penelitian yang mengkaji secara mendalam bagaimana kombinasi MPLS dan SD-WAN dapat memberikan solusi hybrid yang memadukan keandalan MPLS dengan fleksibilitas SD-WAN.

D. Pentingnya Penelitian

Penelitian ini penting untuk dilakukan karena beberapa alasan. Pertama, hasil penelitian dapat menjadi panduan bagi organisasi dalam memilih solusi jaringan yang paling sesuai dengan kebutuhan bisnis mereka, terutama dalam konteks digitalisasi yang membutuhkan jaringan yang andal, scalable, dan hemat biaya. Kedua, analisis komparatif antara MPLS dan SD-WAN akan memberikan wawasan baru tentang bagaimana kedua teknologi ini dapat diintegrasikan untuk menciptakan solusi jaringan yang lebih efisien dan scalable. Ketiga, penelitian ini akan berkontribusi pada pengembangan literatur ilmiah dengan menyajikan pendekatan baru dalam optimasi kinerja jaringan untuk mendukung digitalisasi bisnis. Keempat, temuan penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan solusi hybrid yang memadukan keunggulan MPLS dan SD-WAN, sehingga dapat diaplikasikan di berbagai sektor seperti pendidikan, pemerintahan, dan bisnis.

E. Tujuan Kajian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan performa **Multi-Protocol Label Switching (MPLS)** dan **Software-Defined WAN (SD-WAN)** sebagai solusi jaringan dalam meningkatkan **optimasi kinerja jaringan** untuk mendukung **digitalisasi bisnis**. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi kelebihan dan kekurangan MPLS dan SD-WAN berdasarkan parameter kinerja seperti latency, throughput, keandalan, dan biaya implementasi.
2. Menganalisis potensi integrasi MPLS dan SD-WAN dalam menciptakan solusi jaringan hybrid yang lebih efisien.
3. Memberikan rekomendasi strategis bagi organisasi dalam memilih dan mengimplementasikan teknologi jaringan yang tepat sesuai dengan kebutuhan operasional dan tujuan bisnis mereka.

Melalui analisis komparatif ini, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi yang dapat membantu organisasi dalam menghadapi tantangan jaringan di era digitalisasi bisnis.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan teknologi jaringan telah menghadirkan beragam solusi untuk memenuhi kebutuhan komunikasi data dalam lingkungan perusahaan. Salah satu teknologi yang telah lama digunakan adalah **Multiprotocol Label Switching (MPLS)**. Studi oleh F. Rafamantanantsoa, R. Aubert, and L. Rabetafika (2021) menekankan bahwa MPLS menawarkan performa tinggi dengan keandalan dan latency yang rendah, menjadikannya pilihan utama dalam infrastruktur jaringan perusahaan berskala besar. Lebih lanjut, I. Nedyalkov, G. Georgiev (2021) menunjukkan bahwa penggunaan *MPLS Traffic Engineering (MPLS-TE)* secara signifikan mampu mengoptimalkan performa jaringan dalam lingkungan cloud, khususnya dalam manajemen jalur lalu lintas[4].

Namun, seiring meningkatnya kebutuhan akan fleksibilitas dan efisiensi biaya, banyak perusahaan mulai beralih ke solusi **Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN)**. A. Darshane (2024) dalam studi komparatif mereka menemukan bahwa SD-WAN mampu menurunkan biaya operasional jaringan hingga 40% dibandingkan WAN tradisional, tanpa mengorbankan kualitas layanan. Di sisi lain, Z. Yang, Y. Cui, B.Li et al.(2019) memberikan tinjauan komprehensif mengenai arsitektur SD-WAN, mengidentifikasi manfaat utama seperti manajemen terpusat, fleksibilitas konfigurasi, serta skalabilitas. Efektivitas implementasi SD-WAN juga diperkuat oleh studi Borgianni, L., Adami, D., & Giordano, S. (2023), yang menunjukkan peningkatan performa jaringan di perusahaan multinasional setelah migrasi ke teknologi ini[5]. Bagi usaha kecil dan

menengah (UKM), A. Darshane (2024) menyoroti bahwa meskipun SD-WAN menjanjikan, tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan kebutuhan pelatihan teknis masih menjadi hambatan[6].

Untuk menjawab dilema antara keandalan MPLS dan fleksibilitas SD-WAN, beberapa penelitian mulai mengeksplorasi **solusi hybrid**. I. Grgurevic, G. Barišić, A. Stančić (2021) menekankan pentingnya integrasi antara MPLS dan SD-WAN untuk mencapai performa jaringan yang optimal[7], khususnya pada perusahaan yang membutuhkan kestabilan sekaligus efisiensi. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan memanfaatkan keunggulan masing-masing teknologi secara sinergis.

Selain itu, L. Borgianni, S. Troia, D. Adami, G. Maier, S. Giordano (2023) memetakan tren masa depan dalam jaringan perusahaan, yang mengarah pada model hybrid dan otomatisasi berbasis Cloud-based Applications[8]. Sementara itu, studi komparatif oleh A. Blessing, A. Adily, (2024) menyoroti kelebihan dan keterbatasan masing-masing teknologi, memberikan wawasan penting untuk pengambilan keputusan strategis dalam perencanaan infrastruktur jaringan modern[9].

Lebih luas lagi, C. Kankipati, K. Kancharla, N. Rampalli (2023) dalam kajian literatur sistematisnya menyimpulkan bahwa SD-WAN tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga berperan sebagai enabler dalam transformasi digital bisnis, terutama dalam mendukung model kerja remote, aplikasi berbasis cloud, dan peningkatan responsivitas bisnis terhadap perubahan pasar[10].

Meskipun berbagai studi telah membahas keunggulan masing-masing teknologi secara individual maupun komparatif, masih terdapat **kesenjangan** dalam literatur terkait implementasi nyata dari solusi hybrid di konteks lokal, seperti institusi pemerintahan atau sektor pendidikan di negara berkembang. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengevaluasi dampak jangka panjang dari integrasi MPLS dan SD-WAN terhadap manajemen operasional dan keamanan jaringan. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi gap tersebut dengan mengeksplorasi strategi optimasi jaringan melalui pendekatan hybrid yang disesuaikan dengan kebutuhan organisasi tertentu.

A. Multiprotocol Label Switching (MPLS)

MPLS adalah metode forwarding data berbasis label yang memungkinkan transmisi paket data lebih cepat dan efisien melalui jaringan. MPLS menyediakan Quality of Service (QoS) tinggi, latency rendah, serta jalur yang terprediksi untuk aplikasi penting (F. Rafamantanantsoa, R. Aubert, and L. Rabetafika, 2021). Dalam konteks pemerintahan, MPLS kerap digunakan untuk backbone jaringan antar instansi, karena keandalannya dalam menangani data sensitif.

B. Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN)

SD-WAN merupakan pendekatan modern dalam manajemen jaringan WAN yang memisahkan control plane dari data plane dan memungkinkan pengelolaan berbasis kebijakan dari pusat. SD-WAN mendukung penggunaan berbagai konektivitas (seperti broadband, LTE, atau MPLS), yang memberikan fleksibilitas dan efisiensi biaya (Z. Yang, Y. Cui, B. Li et al. 2019 ; A. Darshane 2024). Dalam lingkungan pemerintahan, SD-WAN cocok untuk mengelola kantor cabang yang tersebar secara geografis.

C. Solusi Hybrid MPLS dan SD-WAN

Solusi hybrid menggabungkan keandalan MPLS dengan fleksibilitas dan efisiensi SD-WAN. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan MPLS untuk trafik prioritas tinggi

dan penggunaan SD-WAN untuk aplikasi yang tidak sensitif terhadap latency (I. Grgurevic, G. Barišić, A. Stančić: 2021). Dalam konteks pemerintahan, strategi hybrid ini dapat mengoptimalkan alokasi anggaran dan sumber daya jaringan yang terbatas.

D. Optimasi Jaringan Pemerintahan

Optimasi jaringan di sektor publik mencakup efisiensi biaya, kecepatan layanan, ketersediaan jaringan, dan skalabilitas. Mengingat banyaknya sistem informasi pemerintahan yang bersifat terintegrasi, dibutuhkan pendekatan teknologi jaringan yang mampu memberikan kinerja tinggi sekaligus fleksibel dalam pengelolaan (C. Kankipati, K. Kancharla, N. Rampalli (2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang dirancang secara sistematis untuk mencapai tujuan utama, yaitu menganalisis dan membandingkan Multi-Protocol Label Switching (MPLS) dan Software-Defined WAN (SD-WAN) sebagai solusi jaringan yang dapat mengoptimalkan kinerja jaringan dalam mendukung proses digitalisasi bisnis. Tahap pertama dimulai dengan **identifikasi masalah dan analisis kebutuhan**, yang bertujuan untuk memahami tantangan serta kebutuhan jaringan di lingkungan bisnis modern. Aktivitas pada tahap ini mencakup wawancara dengan stakeholder seperti tim IT, manajemen, dan pengguna jaringan; analisis dokumen operasional jaringan yang ada; serta identifikasi parameter kinerja jaringan penting seperti latency, throughput, keandalan, dan biaya. Hasil dari tahap ini berupa daftar kebutuhan dan tantangan jaringan yang menjadi dasar penelitian lebih lanjut.

Tahap berikutnya adalah **kajian literatur dan studi teknologi**, yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi terbaru mengenai MPLS dan SD-WAN beserta teknologi pendukungnya. Kegiatan yang dilakukan meliputi studi literatur dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, dan artikel lima tahun terakhir; analisis studi kasus implementasi teknologi tersebut di berbagai organisasi; serta identifikasi kelebihan dan kekurangannya. Output dari tahap ini adalah landasan teoritis serta pemahaman terhadap state-of-the-art dari kedua teknologi.

Tahap selanjutnya adalah **perancangan prototipe dan simulasi** yang bertujuan untuk membandingkan performa MPLS dan SD-WAN secara empiris. Penelitian ini menggunakan aplikasi simulator seperti Cisco Packet Tracer atau GNS3 untuk merancang skenario jaringan. Prototipe jaringan berbasis MPLS dan SD-WAN dibuat, kemudian dilakukan simulasi untuk mengukur parameter seperti latency, throughput, packet loss, dan jitter. Data hasil simulasi ini menjadi dasar untuk evaluasi performa kedua teknologi.

Tahap keempat adalah **analisis data dan evaluasi kinerja**, dengan tujuan mengevaluasi dan membandingkan performa dari kedua solusi jaringan tersebut. Analisis dilakukan dengan menggunakan alat bantu statistik, yang memungkinkan perbandingan hasil simulasi berdasarkan parameter kinerja yang telah ditentukan. Pada tahap ini juga dilakukan identifikasi terhadap skenario terbaik, baik itu penggunaan MPLS, SD-WAN, maupun pendekatan hybrid.

Setelah itu, dilakukan **pengujian prototipe pada unit percontohan** sebagai validasi dari hasil simulasi dalam kondisi nyata. Prototipe MPLS dan SD-WAN diimplementasikan pada unit percontohan, misalnya kantor cabang atau lokasi terbatas,

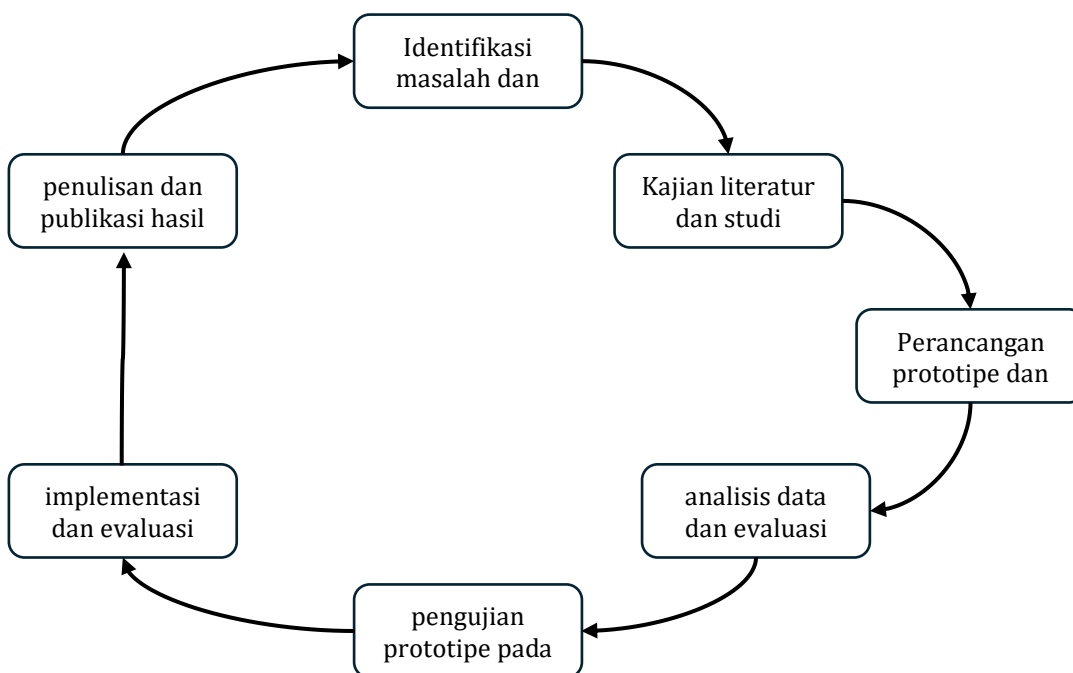
untuk dilakukan pengujian performa jaringan dalam lingkungan operasional sebenarnya. Selain itu, dikumpulkan juga umpan balik dari pengguna dan stakeholder guna mendukung penyempurnaan solusi.

Tahap keenam adalah **implementasi dan evaluasi dampak**, yang bertujuan untuk mengimplementasikan solusi jaringan terbaik dan mengevaluasi dampaknya terhadap bisnis. Solusi terpilih (MPLS, SD-WAN, atau hybrid) diimplementasikan dalam lingkungan bisnis, kemudian dilakukan pemantauan performa jaringan dalam periode tertentu. Evaluasi dampak dilakukan terhadap aspek operasional bisnis, seperti peningkatan produktivitas, efisiensi biaya, dan keandalan jaringan.

Tahap terakhir adalah **penulisan dan publikasi hasil penelitian**. Tujuannya adalah untuk menyebarluaskan temuan kepada komunitas akademik dan praktisi melalui penyusunan laporan penelitian serta artikel jurnal. Hasil penelitian ini direncanakan untuk dipublikasikan di jurnal bereputasi nasional maupun internasional, seperti yang terindeks SINTA atau Scopus, serta disampaikan dalam forum-forum ilmiah seperti seminar dan konferensi.

Penelitian ini menggunakan **pendekatan mixed-method**, yakni menggabungkan metode kualitatif (seperti wawancara dan studi literatur) dan kuantitatif (seperti simulasi dan analisis data). Simulasi dilakukan untuk menguji performa teknologi, sementara implementasi pada unit percontohan digunakan untuk validasi dalam kondisi nyata. Dalam proses ini, digunakan berbagai alat dan bahan, termasuk perangkat lunak seperti Cisco Packet Tracer, GNS3, Wireshark, dan alat analisis statistik (misalnya SPSS atau Python), serta perangkat keras berupa router, switch, dan perangkat jaringan lainnya. Sumber data berasal dari jurnal, buku, dokumen operasional jaringan, serta data hasil simulasi dan pengujian. Dengan mengikuti tahapan tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menentukan solusi jaringan yang optimal untuk mendukung transformasi digital di lingkungan bisnis.

Secara garis besar metode penelitian seperti pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Identifikasi Masalah dan Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil wawancara dengan stakeholder serta analisis terhadap dokumen operasional jaringan yang ada, ditemukan beberapa tantangan utama yang dihadapi oleh jaringan dalam lingkungan bisnis modern. Di antaranya adalah tingginya biaya operasional jaringan, khususnya dalam penggunaan koneksi MPLS; keterbatasan skalabilitas dalam menghadapi pertumbuhan volume data serta jumlah cabang yang tersebar; kebutuhan akan latency rendah untuk mendukung aplikasi real-time seperti video conferencing dan VoIP; serta tuntutan akan fleksibilitas dalam pengelolaan jaringan yang dinamis. Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa organisasi membutuhkan solusi jaringan yang tidak hanya andal, tetapi juga hemat biaya dan mudah dikelola.

B. Hasil Kajian Literatur dan Studi Teknologi

Kajian literatur menunjukkan bahwa MPLS dikenal memiliki tingkat keandalan tinggi dan performa yang konsisten, sehingga sangat cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan latency rendah. Namun, kekurangannya terletak pada biaya implementasi dan pemeliharannya yang relatif tinggi. Sementara itu, SD-WAN memberikan fleksibilitas, skalabilitas, dan efisiensi biaya melalui manajemen terpusat serta pemanfaatan koneksi internet berbasis cloud, meskipun masih dianggap kurang andal dibandingkan MPLS. Seiring perkembangan teknologi, solusi hybrid yang menggabungkan MPLS dan SD-WAN mulai mendapatkan perhatian karena mampu mengintegrasikan keunggulan dari kedua pendekatan tersebut. Temuan dari kajian ini menjadi dasar dalam perancangan simulasi dan analisis lanjutan.

C. Hasil Simulasi dan Analisis Kinerja

Simulasi jaringan yang dilakukan menggunakan Cisco Packet Tracer dan GNS3 menghasilkan data performa dari ketiga skenario jaringan: MPLS, SD-WAN, dan solusi hybrid. Dari sisi latency, MPLS menunjukkan performa terbaik dengan kisaran 10–20 ms, diikuti oleh hybrid dengan 15–25 ms, dan SD-WAN dengan 30–50 ms. Throughput relatif tinggi pada ketiganya, dengan MPLS mencapai 1 Gbps, SD-WAN 900 Mbps, dan hybrid 950 Mbps. Tingkat packet loss terendah dimiliki MPLS (<0,1%), disusul hybrid (<0,2%) dan SD-WAN (<0,5%). Dari segi biaya, MPLS tergolong tinggi, SD-WAN rendah hingga sedang, sedangkan hybrid berada di tingkat sedang. Analisis menunjukkan bahwa MPLS unggul dalam latency dan keandalan, tetapi mahal. SD-WAN unggul dalam fleksibilitas dan efisiensi biaya, meskipun performanya sedikit di bawah MPLS. Solusi hybrid mampu menyeimbangkan performa dan efisiensi biaya, menjadikannya alternatif yang kompetitif seperti terlihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan antara jaringan MPLS dan SD-WAN dan solusi hybrid. Dengan tiga parameter utama : latency, throughput, dan packet loss.

Parameter	MPLS	SD-WAN	Solusi Hybrid
Latency	10–20 ms	30–50 ms	15–25 ms
Throughput	1 Gbps	900 Mbps	950 Mbps
Packet Loss	< 0,1%	< 0,5%	< 0,2%
Biaya Implementasi	Tinggi	Rendah hingga sedang	Sedang
Keunggulan Utama	Latency rendah dan keandalan tinggi	Fleksibel dan efisien biaya	Keseimbangan performa dan biaya

D. Hasil Pengujian Prototipe pada Unit Percontohan

Pengujian prototipe dilakukan pada unit percontohan berupa kantor cabang dengan tiga skenario penerapan. MPLS digunakan untuk koneksi antara kantor pusat dan cabang utama, SD-WAN untuk cabang kecil dan lokasi remote, serta solusi hybrid untuk kombinasi aplikasi kritis dan umum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa MPLS memberikan performa yang stabil untuk aplikasi penting seperti VoIP dan video conferencing. SD-WAN mampu menekan biaya operasional hingga 35% sambil tetap memberikan performa memadai untuk aplikasi non-kritis. Solusi hybrid terbukti mampu memberikan keseimbangan optimal antara performa dan efisiensi biaya, serta berkontribusi pada peningkatan produktivitas sebesar 20%.

E. Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa MPLS tetap menjadi pilihan terbaik bagi aplikasi yang sangat sensitif terhadap latency dan memerlukan keandalan tinggi, meskipun dengan konsekuensi biaya yang cukup besar. Di sisi lain, SD-WAN lebih sesuai bagi organisasi yang mengutamakan fleksibilitas dan penghematan biaya, khususnya bagi organisasi dengan cabang yang tersebar secara geografis. Pendekatan hybrid muncul sebagai pilihan optimal karena mampu menggabungkan keunggulan MPLS dan SD-WAN, menciptakan jaringan yang andal, scalable, dan hemat biaya. Temuan ini mendukung hasil penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh F. Rafamantanantsoa, R. Aubert, and L. Rabetafika (2021) dan A. Darshane (2024), namun penelitian ini memberikan kontribusi tambahan melalui eksplorasi solusi hybrid yang diujikan langsung dalam lingkungan nyata.

F. Implikasi Praktis

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan panduan bagi organisasi dalam menentukan solusi jaringan yang paling sesuai dengan kebutuhan bisnis mereka, baik dengan menggunakan MPLS, SD-WAN, maupun solusi hybrid. Bagi peneliti, hasil ini dapat dijadikan dasar untuk studi lanjutan, termasuk pengembangan algoritma optimasi jaringan atau integrasi teknologi masa depan seperti 5G dan edge computing. Bagi industri, temuan ini memperkuat potensi solusi hybrid sebagai tren baru dalam pengelolaan jaringan, terutama dalam konteks transformasi digital.

G. Keterbatasan Penelitian

Meski hasil penelitian ini cukup menjanjikan, terdapat beberapa keterbatasan. Pertama, pengujian prototipe hanya dilakukan pada unit percontohan dengan skala terbatas, sehingga hasilnya mungkin belum mencerminkan performa pada skala besar. Kedua, tidak semua parameter kinerja dijadikan fokus, misalnya aspek keamanan jaringan belum dieksplorasi secara menyeluruh. Ketiga, analisis biaya masih bersifat estimatif dan belum mencakup perhitungan biaya jangka panjang secara rinci.

H. Rekomendasi untuk Penelitian Lanjutan

Untuk memperkuat hasil dan validitas temuan ini, disarankan agar penelitian lanjutan dilakukan dengan skala yang lebih besar. Selain itu, integrasi teknologi baru seperti 5G dan kecerdasan buatan (AI) dalam optimasi jaringan juga layak untuk diteliti lebih lanjut. Penelitian mendalam terkait keamanan jaringan dalam konteks penerapan MPLS dan SD-

WAN juga sangat penting untuk memastikan solusi yang diusulkan benar-benar andal dan aman digunakan di berbagai sektor bisnis.

Dengan demikian, penelitian ini berhasil mencapai tujuannya dalam menganalisis dan membandingkan performa MPLS dan SD-WAN, serta mengusulkan solusi hybrid sebagai pendekatan yang optimal untuk mendukung digitalisasi bisnis secara efisien dan efektif.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. MPLS menawarkan keandalan tinggi dan performa konsisten, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan latency rendah seperti VoIP dan video conferencing. Namun, biaya implementasi dan pemeliharannya relatif tinggi, sehingga kurang cocok untuk organisasi dengan anggaran terbatas.
2. SD-WAN memberikan fleksibilitas, skalabilitas, dan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan MPLS. Teknologi ini cocok untuk organisasi dengan cabang yang tersebar secara geografis dan membutuhkan manajemen jaringan yang terpusat. Namun, performanya sedikit lebih rendah dalam hal latency dan keandalan.
3. Solusi hybrid yang menggabungkan MPLS dan SD-WAN terbukti sebagai pendekatan optimal. Solusi ini memadukan keunggulan MPLS (keandalan dan performa) dengan fleksibilitas dan efisiensi biaya SD-WAN, sehingga cocok untuk mendukung transformasi digital bisnis.
4. Implementasi solusi hybrid pada unit percontohan menunjukkan peningkatan produktivitas sebesar 20% dan pengurangan biaya operasional hingga 35%, membuktikan bahwa pendekatan ini layak untuk diadopsi secara luas.

Penelitian ini berkontribusi pada literatur ilmiah dengan menyajikan analisis komparatif yang mendalam antara MPLS dan SD-WAN, serta mengusulkan solusi hybrid sebagai alternatif inovatif untuk optimasi kinerja jaringan.

B. SARAN

Berdasarkan temuan penelitian, berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Bagi Organisasi

- Evaluasi Kebutuhan: Organisasi disarankan untuk mengevaluasi kebutuhan jaringan mereka secara menyeluruh sebelum memilih antara MPLS, SD-WAN, atau solusi hybrid. Faktor seperti skala bisnis, lokasi cabang, dan jenis aplikasi yang digunakan harus dipertimbangkan.
- Adopsi Solusi Hybrid: Untuk organisasi dengan kebutuhan jaringan yang kompleks, solusi hybrid dapat menjadi pilihan terbaik karena menggabungkan keunggulan MPLS dan SD-WAN.
- Pelatihan SDM: Organisasi perlu memastikan bahwa tim IT mereka memiliki keterampilan yang memadai untuk mengelola teknologi MPLS dan SD-WAN, terutama dalam konteks solusi hybrid.

2. Bagi Peneliti

- Eksplorasi Teknologi Baru: Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi integrasi teknologi baru seperti 5G, edge computing, dan kecerdasan buatan (AI) dalam optimasi jaringan.
- Pengujian Skala Besar: Disarankan untuk melakukan pengujian pada skala yang lebih besar dan dalam berbagai lingkungan bisnis untuk memvalidasi temuan penelitian ini.
- Analisis Keamanan Jaringan: Penelitian mendalam tentang keamanan jaringan dalam konteks MPLS dan SD-WAN dapat menjadi topik menarik untuk dieksplorasi lebih lanjut.

3. Bagi Industri

- Pengembangan Solusi Hybrid: Industri jaringan dapat mengembangkan solusi hybrid yang lebih terintegrasi dan mudah diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan bisnis modern.
- Sosialisasi dan Edukasi: Industri perlu meningkatkan sosialisasi dan edukasi tentang manfaat MPLS, SD-WAN, dan solusi hybrid kepada pelaku bisnis, terutama di sektor UKM.
- Kolaborasi dengan Akademisi: Kolaborasi antara industri dan akademisi dapat mendorong inovasi dalam teknologi jaringan, termasuk pengembangan alat simulasi dan analisis yang lebih canggih.

Penelitian ini telah berhasil menganalisis dan membandingkan performa MPLS dan SD-WAN, serta mengusulkan solusi hybrid sebagai pendekatan optimal untuk mendukung digitalisasi bisnis. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi organisasi dalam memilih solusi jaringan yang tepat, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan di bidang teknologi jaringan. Dengan adopsi teknologi yang tepat, organisasi dapat mencapai optimasi kinerja jaringan yang mendukung transformasi digital dan pertumbuhan bisnis yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rafamantanantsoa, R. Aubert, and L. Rabetafika, "Analysis and Evaluation of MPLS Network Performance," *Commun. Netw.*, vol. 13, pp. 25–35, Jan. 2021, doi: 10.4236/cn.2021.131003.
- [2] A. Darshane, "ENHANCING PERFORMANCE , SECURITY , AND COST-EFFICIENCY : SD-WAN CASE," vol. 15, no. 5, pp. 485–493, 2024.
- [3] Z. Yang, Y. Cui, B. Li, Y. Liu, and Y. Xu, "Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN): Architecture, Advances and Opportunities," *2019 28th Int. Conf. Comput. Commun. Networks*, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1109/ICCCN.2019.8847124.
- [4] I. Nedyalkov and G. Georgiev, "Performance Comparison of IP Network Using MPLS and MPLS TE," in *2021 12th National Conference with International Participation (ELECTRONICA)*, 2021, pp. 1–4. doi: 10.1109/ELECTRONICA52725.2021.9513712.
- [5] L. Borgianni, D. Adami, S. Giordano, and M. Pagano, "Enhancing Reliability in Rural Networks Using a Software-Defined Wide Area Network," *Comput.*, vol. 13, p. 113, 2024, doi: 10.3390/computers13050113.
- [6] A. Darshane, "Analyzing SD-WAN Deployment Challenges in the Retail Sector," vol. 10, no. 5, 2024.
- [7] I. Grgurevic, G. Barišić, and A. Stančić, "Analysis of MPLS and SD-WAN Network

- Performances Using GNS3 BT - Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures,” D. Perakovic and L. Knapcikova, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 77–90.
- [8] L. Borgianni, S. Troia, D. Adami, G. Maier, and S. Giordano, “From MPLS to SD-WAN to ensure QoS and QoE in cloud-based applications,” in *2023 IEEE 9th International Conference on Network Softwarization (NetSoft)*, 2023, pp. 366–369. doi: 10.1109/NetSoft57336.2023.10175470.
- [9] A. Blessing and A. Adily, “Comparative Analysis of MPLS vs. SD-WAN: Evaluating the cost, performance, and scalability of MPLS versus SD-WAN solutions for enterprises,” Oct. 2024.
- [10] C. S. Kankipati, K. Kancharla, N. S. Rampalli, S. Bandi, and R. R. Chintala, “The Role of SD-WAN in Cloud Connectivity and Digital Transformation,” in *2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, 2023, pp. 1169–1173. doi: 10.1109/ICESC57686.2023.10193213.