



PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL VPN PADA JARINGAN WIRED DAN WIRELESS

Aidil Sam^{1*}

¹Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

* aidil.sam@students.amikom.ac.id¹

Nila Feby Puspitasari²

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

* nilafeby@amikom.ac.id²

Muhammad Agung Nugroho³

³Program Studi Teknik Informatika, Universitas Telkom, Kampus Purwokerto

* magungnugroho@telkomuniversity.ac.id³

ABSTRAK

VPN merupakan perpanjangan dari intranet yang dapat membantu pengguna jarak jauh, cabang perusahaan, mitra bisnis, dan administrator untuk membangun koneksi keamanan yang kredibel dengan intranet perusahaan dan memastikan transmisi data yang aman. VPN memiliki kelebihan dari sisi keamanan sehingga membutuhkan jaringan private diatas jaringan publik untuk dapat melakukan komunikasi antar perangkat jaringan. Teknologi ini dapat diterapkan dalam melakukan pengolahan sistem informasi pada suatu instansi. Penelitian ini dilakukan perbandingan kinerja teknologi protokol VPN, yang dapat diimplementasikan pada protocol yang berbeda, namun penelitian ini berfokus pada protokol PPTP, L2TP dan SSTP yang akan di uji kinerjanya dalam implementasi sistem informasi pada jaringan yang terkoneksi jaringan secara wired dan wireless dengan membandingkan variable dari parameter QoS (Quality of Service). Dari hasil pengujian perbandingan menunjukkan kinerja protokol PPTP dan L2TP pada jaringan wired bekerja optimal dibandingkan jaringan wireless sedangkan SSTP memiliki kinerja yang stabil dengan implementasi pada jaringan wired ataupun jaringan wireless.

Kata-kunci: Analisis Kinerja; Jaringan Wired; Jaringan Wireless; Quality of Services; Virtual Private Network.

COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF VPN PROTOCOLS IN WIRED AND WIRELESS NETWORKS

Virtual Private Network (VPN) is an intranet network implementation that can assist companies, business institutions, and administrators in establishing secure and reliable communication channels by utilizing public networks. VPN offers advantages in terms of cost efficiency because users connected to a private network over a public network can communicate as if they were directly connected within the same network. This technology can be implemented through various VPN protocols, each providing different levels of security and performance. Therefore, evaluating VPN protocols is essential to determine their effectiveness and suitability. This study focuses on the PPTP, L2TP, and SSTP protocols and examines their performance in an information system environment using performance parameters such as throughput, delay, packet loss, and jitter. The research was conducted on both wired and wireless network scenarios to compare the performance of each protocol. The results indicate that PPTP and L2TP perform optimally

in wired network environments, whereas SSTP demonstrates more stable performance in both wired and wireless network implementations.

Keywords: *Performance Analysis; Quality of Services; Virtual Private Network; Wired Network; Wireless Network.*

PENDAHULUAN

Jaringan Virtual Private Network (VPN) merupakan teknologi yang memungkinkan terbentuknya koneksi privat dan aman melalui jaringan publik, khususnya Internet. VPN memanfaatkan mekanisme tunneling, autentikasi, dan enkripsi untuk menjaga kerahasiaan serta integritas data yang ditransmisikan antar perangkat. Teknologi ini banyak digunakan untuk menghubungkan pengguna jarak jauh, kantor cabang, maupun administrator jaringan ke dalam jaringan internal organisasi secara aman tanpa harus membangun infrastruktur jaringan khusus yang mahal (W. B. Prasetyo, 2024). Peningkatan penggunaan VPN juga semakin signifikan sejak meningkatnya kebutuhan akses jarak jauh dan sistem kerja berbasis internet dalam beberapa tahun terakhir (Maghsoudlou, 2023).

VPN memiliki berbagai jenis protokol tunneling yang dapat digunakan untuk membangun koneksi aman, di antaranya Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP), Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP), dan Secure Socket Tunneling Protocol (SSTP) (Prameswari & Marcus, 2024). Ketiga protokol tersebut berfungsi membangun terowongan (tunnel) pada jaringan publik sehingga paket data dapat ditransmisikan secara privat. Meskipun memiliki tujuan yang sama, masing-masing protokol menerapkan mekanisme autentikasi dan enkripsi yang berbeda sehingga menghasilkan karakteristik keamanan dan performa jaringan yang berbeda pula (Dinbirru & Trianto, 2024). Sebagai contoh, SSTP menggunakan mekanisme SSL/TLS melalui port TCP 443 sehingga mampu

melewati sebagian besar firewall, sedangkan L2TP umumnya dikombinasikan dengan IPSec untuk meningkatkan keamanan komunikasi data.

Pada implementasinya, PPTP, L2TP, dan SSTP memiliki prinsip kerja yang serupa dalam membangun tunnel di atas jaringan publik. Namun demikian, perbedaan metode autentikasi, proses enkripsi, serta overhead protokol yang digunakan menyebabkan setiap protokol memiliki performa yang berbeda ketika digunakan dalam proses pertukaran data (Mirzaeinnia, 2020). Perbedaan tersebut berpengaruh terhadap kualitas layanan jaringan yang diterima pengguna, terutama pada parameter throughput, delay, packet loss, dan jitter yang menjadi indikator utama dalam pengukuran Quality of Service (QoS).

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan analisis terhadap performa protokol VPN. Penelitian yang membandingkan performa PPTP, L2TP, SSTP, dan IPSec pada jaringan VPN berbasis MikroTik menggunakan parameter QoS berupa throughput, delay, dan packet loss (Pratama & Puspitasari, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap protokol memiliki karakteristik performa yang berbeda, dengan IPSec menghasilkan performa terbaik pada beberapa skenario pengujian transfer data (Kartiko, 2022).

Penelitian lain membandingkan penggunaan protokol L2TP dan SSTP selama masa pandemi COVID-19 menggunakan parameter QoS berupa delay, jitter, throughput, dan packet loss (Haeruddin, 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua protokol mampu memberikan kualitas layanan yang baik, namun SSTP cenderung lebih

stabil pada kondisi jaringan yang memiliki pembatasan akses firewall karena memanfaatkan SSL/TLS sebagai media tunneling.

Selanjutnya, penelitian lain melakukan analisis perbandingan QoS pada implementasi VPN menggunakan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss (Oktavia, 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa VPN sangat dipengaruhi oleh mekanisme tunneling dan metode keamanan yang digunakan oleh masing-masing protokol sehingga pemilihan protokol VPN perlu disesuaikan dengan kebutuhan jaringan dan karakteristik lalu lintas data yang digunakan.

Secara umum, kualitas layanan jaringan atau Quality of Service (QoS) merupakan aspek penting dalam evaluasi performa jaringan komputer. Parameter QoS yang umum digunakan meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss karena mampu menggambarkan kualitas transmisi data secara komprehensif (Haris et al., 2022). Pengukuran parameter tersebut banyak digunakan dalam penelitian VPN berbasis MikroTik maupun implementasi jaringan modern untuk menentukan tingkat kualitas layanan yang diberikan oleh suatu protokol komunikasi.

Berdasarkan latar belakang dan hasil penelitian sebelumnya, penelitian ini difokuskan pada: (1) menganalisis perbedaan kinerja jaringan pada masing-masing protokol VPN ketika diterapkan pada lingkungan jaringan wired dan wireless; (2) mengimplementasikan protokol VPN PPTP, L2TP, dan SSTP pada perangkat MikroTik; (3) melakukan pengujian kinerja menggunakan parameter QoS berupa throughput, packet loss, delay, dan jitter; serta (4) melakukan analisis komparatif terhadap hasil pengukuran QoS untuk menentukan protokol VPN yang

memberikan performa terbaik pada lingkungan jaringan wired dan wireless. Fokus penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi pemilihan protokol VPN yang optimal untuk mendukung keamanan dan kinerja sistem informasi berbasis jaringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC) sebagai kerangka kerja dalam perancangan, implementasi, dan evaluasi jaringan VPN. NDLC merupakan metode pengembangan jaringan yang banyak digunakan dalam penelitian dan implementasi infrastruktur jaringan karena menyediakan tahapan yang sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi performa jaringan (F. H. P. Prasetyo et al., 2025). Hasil dari penggunaan metode ini telah dilakukan secara terukur dan valid sehingga hasil temuan dapat digunakan sebagai bagian pembahasan lebih lanjut untuk menjawab permasalahan penelitian yang sama. Dalam penelitian ini, NDLC terdiri atas lima tahapan sebagai berikut.

1) Analysis

Tahap analisis merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan penelitian, meliputi kebutuhan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang digunakan dalam implementasi jaringan VPN. Selain itu, dilakukan identifikasi permasalahan serta analisis kebutuhan jaringan untuk penerapan protokol VPN PPTP, L2TP, dan SSTP pada lingkungan jaringan wired dan wireless (Heryanto et al., 2025). Tahap ini bertujuan untuk menentukan spesifikasi sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengujian performa jaringan.

2) Design

Tahap desain dilakukan untuk merancang topologi jaringan yang akan digunakan pada proses penelitian. Perancangan meliputi desain arsitektur jaringan VPN, penentuan konfigurasi perangkat MikroTik, perencanaan jalur komunikasi data, serta pengaturan konektivitas pada jaringan kabel (wired) dan nirkabel (wireless). Hasil dari tahap ini berupa rancangan topologi yang akan menjadi dasar implementasi dan pengujian sistem.

3) Implementation

Tahap implementasi merupakan proses penerapan desain jaringan yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan konfigurasi protokol VPN PPTP, L2TP, dan SSTP pada perangkat MikroTik serta pengintegrasian jaringan wired dan wireless sesuai dengan rancangan topologi yang telah ditentukan. Implementasi dilakukan untuk menghasilkan lingkungan pengujian (Wahanani et al., 2021) yang dapat digunakan dalam pengukuran parameter Quality of Service (QoS).

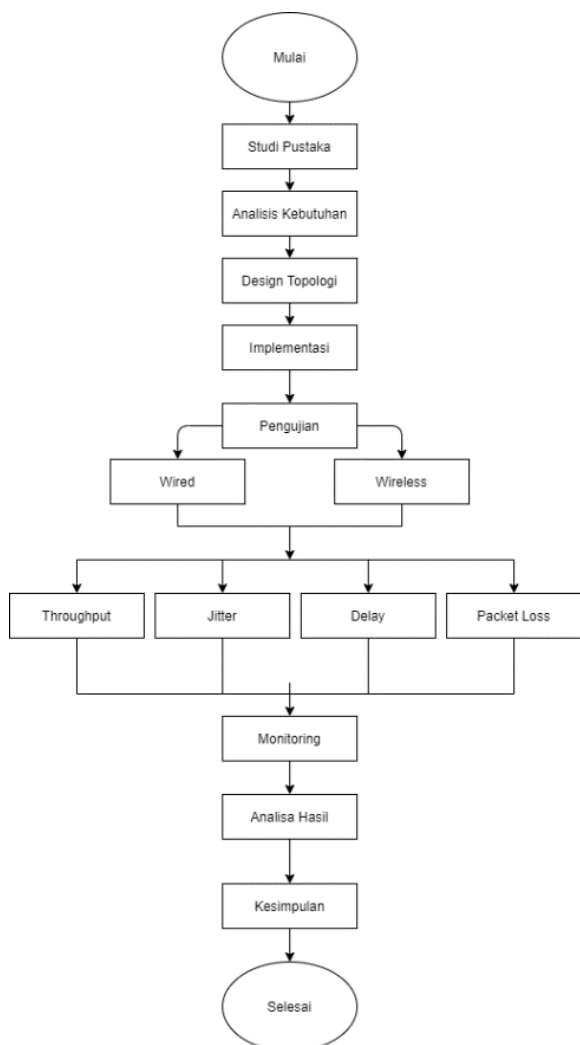
4) Monitoring

Tahap monitoring dilakukan untuk mengamati dan mengukur performa jaringan VPN yang telah diimplementasikan. Pengukuran dilakukan terhadap parameter QoS yang meliputi throughput, packet loss, delay, dan jitter (Nugroho et al., 2024). Data hasil monitoring diperoleh melalui proses pengiriman data pada jaringan wired maupun wireless sehingga dapat diketahui karakteristik performa masing-masing protokol VPN.

5) Analysis of Results

Tahap analisis hasil dilakukan dengan mengevaluasi data pengukuran yang diperoleh pada tahap monitoring. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai throughput, packet loss, delay, dan jitter dari masing-masing protokol VPN yang diuji. Hasil analisis digunakan untuk menentukan protokol yang memiliki performa terbaik pada jaringan wired maupun wireless berdasarkan standar Quality of Service (QoS) yang digunakan dalam penelitian.

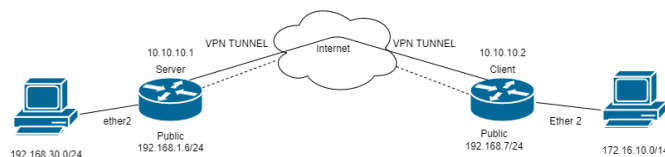
Alur penelitian ini berupa tahapan perancangan penelitian dalam membangun jaringan VPN yang diimplementasikan secara prototype untuk digunakan dalam analisis perbandingan kinerja PPTP, L2TP dan SSTP berdasarkan parameter Quality of Service (QoS). Alur dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Alur Penelitian

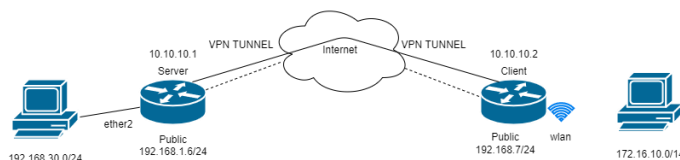
Untuk rancangan topologi secara wired akan diterapkan protokol PPTP,L2TP dan SSTP pada masing-masing sisi, dimana sisi server menggunakan 1 buah mikrotik sebagai VPN server dengan didukung dengan 1 buah pc sebagai FTP server untuk penyimpanan file yang terkoneksi kabel LAN pada port ether 2 mikrotik, sedangkan untuk akses internet akan melalui port ether 1. Pada sisi client menggunakan 1 buah mikrotik sebagai VPN client dengan 1 buah pc sebagai client yang akan mendownload file pada sisi server yang dimana pc client terkoneksi pada port ether 2 mikrotik menggunakan kabel LAN dan untuk akses internet menggunakan port ether

1.Rancangan topologi secara wired ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Topologi Jaringan Secara Wired

Untuk rancangan topologi secara wireless akan diterapkan protokol PPTP,L2TP dan SSTP pada masing-masing sisi sama seperti rancangan sebelumnya, dimana sisi server menggunakan 1 buah mikrotik sebagai VPN server dengan didukung dengan 1 buah pc sebagai FTP server untuk penyimpanan file yang terkoneksi kabel LAN pada port ether 2 mikrotik, sedangkan untuk akses internet akan melalui port ether 1. Pada sisi client menggunakan 1 buah mikrotik sebagai VPN client dengan 1 buah pc sebagai client yang akan mendapat untuk mendownload file pada sisi server, yang membedakan dari rancangan sebelumnya adalah client akan terkoneksi jaringan secara wireless menggunakan hotspot yang terkoneksi wlan pada ether 2 dan internet menggunakan port ether 1. Rancangan topologi secara wired ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Topologi Jaringan Secara Wireless

Penggunaan rancangan IP Address jaringan VPN secara wired dan wireless disini mempunyai IP address yang sama. Untuk VPN server pada port ether 1 yaitu jalur internet memiliki IP public

(DHCP) 192.168.1.6/24 sedangkan gatewaynya 192.168.1.1/24 dan untuk IP tunneling sisi server menggunakan IP 10.10.10.1/24, untuk port ether 2 sisi server terhubung pc server dengan IP 192.168.30.10/24 sekaligus IP untuk FTP server. Pada sisi VPN client port ether 1 yaitu jalur internet memiliki IP public(DHCP) 192.168.1.7/24 dengan gateway 192.168.1.1 dan untuk IP tunneling sisi client menggunakan IP 10.10.10.2/24, bagian port ether 2 sisi client yang terhubung ke pc client memiliki IP 172.16.10.10/24.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di tahapan ini dilakukan proses eksperimen untuk menguji kinerja pada masing-masing protokol VPN PPTP, L2TP dan SSTP secara wired dan wireless dengan 2 (dua) kali percobaan pengujian mendownload file dari FTP server yang mana file berupa Video berukuran 100Mb dengan bandwidth sebesar 20mbps. Proses pengujian menggunakan parameter quality of service (QoS) dengan bantuan wireshark.

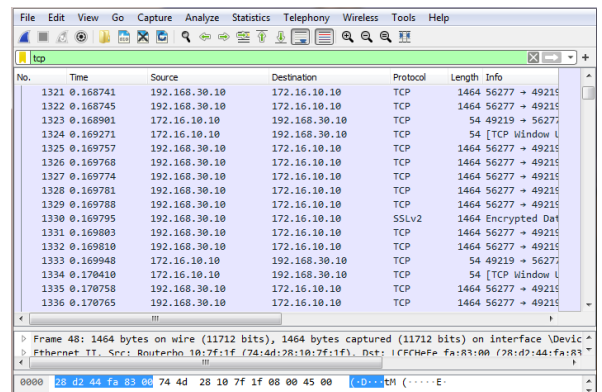
Dalam tahapan ini juga dilakukan test antar router server dan router client untuk melihat berapa bandwidth yang dihasilkan saat menerapkan protokol PPTP, L2TP dan SSTP, test ini menggunakan tools bandwidthtest pada menu tools. Berikut merupakan hasil dari bandwidth antar router server dan router client ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bandwith antar router

Metode	Router	Upload	Download
PPTP	Server	85,5 Mbps	79,1 Mbps
	Client	87,3 Mbps	87,3 Mbps

L2TP	Server	60,7 Mbps	49,8 Mbps
	Client	86,5 Mbps	80,7 Mbps
SSTP	Server	76,7 Mbps	76,9 Mbps
	Client	62,7 Mbps	78,6 Mbps

Pada tahap monitoring ini dimana dilakukan proses pemantauan hasil mendownload file dari FTP server menggunakan parameter quality of service (QoS) pada masing-masing protokol secara wired dan wireless dengan hasil pengujian didokumentasikan oleh wireshark dengan memfilter paket TCP ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Topologi Jaringan Secara Wireless

Analisis Hasil

Pada tahapan ini menampilkan hasil pengujian data-data dari VPN yang sudah melalui 2(dua) tahap pengujian secara wired dan wireless, kemudian data-data akan dibandingkan dengan masing-masing VPN untuk menganalisis hasil dari pengujian. Berikut ini adalah hasil dari uji performa pada jaringan wired seperti pada data tabel 2.

Tabel 2. Performa Jaringan Wired Percobaan 1.

Metode	Parameter QoS	Percobaan 1	Kategori
PPTP	Throughput	0.055 Mbps	Bagus
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.168 ms	Sangat Bagus
	Jitter	0.266 ms	Sangat Bagus
L2TP	Throughput	0.020 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.415 ms	Sangat Bagus
	Jitter	0.696 ms	Sangat Bagus
SSTP	Throughput	0.018 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0%	Sangat Bagus
	Delay	0.45 ms	Sangat Bagus
	Jitter	0.722 ms	Sangat Bagus

Untuk percobaan kedua, diperoleh data seperti yang tersaji pada tabel 3.

Tabel 3. Performa Jaringan Wired Percobaan 2.

Metode	Parameter QoS	Percobaan 2	Kategori
PPTP	Throughput	0.053 Mbps	Bagus
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.172 ms	Sangat Bagus

L2TP	Jitter	0.272 ms	Sangat Bagus
	Throughput	0.020 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.415 ms	Sangat Bagus
SSTP	Jitter	0.7 ms	Sangat Bagus
	Throughput	0.018 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0%	Sangat Bagus
	Delay	0.456 ms	Sangat Bagus
	Jitter	0.735 ms	Sangat Bagus

Sementara untuk jaringan nirkabel (wireless) dilakukan sebanyak 2 percobaan. Untuk percobaan 1 tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Performa Jaringan Wirelss Percobaan 1.

Metode	Parameter QoS	Percobaan 1	Kategori
PPTP	Throughput	0.023 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.415 ms	Sangat Bagus
L2TP	Jitter	0.784 ms	Sangat Bagus
	Throughput	0.013 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus

SSTP	Delay	0.662 ms	Sangat Bagus
	Jitter	1.23 ms	Bagus
	Throughput	0.014 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0%	Sangat Bagus
	Delay	0.583 ms	Sangat Bagus
	Jitter	0.989 ms	Sangat Bagus

Selanjutnya percobaan kedua dilakukan dan memiliki hasil data seperti yang tersaji pada tabel 5. hasil dari analisis data pada percobaan kedua tergambar pada tabel 4.5 dibawah ini

Tabel 5. Performa Jaringan Wirelss Percobaan 2.

Metode	Paramater QoS	Percobaan 2	Kategori
PPTP	Throughput	0.026 Mbps	Sedang
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.356 ms	Sangat Bagus
	Jitter	0.677 ms	Sangat Bagus
L2TP	Throughput	0.010 Mbps	Buruk
	PacketLoss	0 %	Sangat Bagus
	Delay	0.83 ms	Sangat Bagus
	Jitter	1.581 ms	Bagus
SSTP	Throughput	0.015 Mbps	Buruk

PacketLoss	0%	Sangat Bagus
Delay	0.591 ms	Sangat Bagus
Jitter	1.003 ms	Bagus

Kemudian Hasil nilai percobaan satu dan 2 dua pada jaringan wired dan wireless digabung untuk mencari rata-rata nilai dari masing-masing protokol sehingga untuk mendapat selisih perbandingan yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Jaringan Wired dan Wireless

Metode	Paramater QoS	Wired	Wireless	Selisih
PPTP	Throughput	0.054 Mbps	0.024 Mbps	0.030 Mbps
	PacketLoss	0 %	0 %	0%
	Delay	0.17 ms	0.385 ms	0.215 ms
	Jitter	0.269 ms	0.730 ms	0.461 ms
L2TP	Throughput	0.017 Mbps	0.012 Mbps	0.005 Mbps
	PacketLoss	0 %	0 %	0%
	Delay	0.415 ms	0.746 ms	0.331 ms
	Jitter	0.698 ms	1.405 ms	0.707 ms
SSTP	Throughput	0.018 Mbps	0.014 Mbps	0.004 Mbps
	PacketLoss	0%	0%	0%
	Delay	0.453 ms	0.587 ms	0.134 ms

Jitter	0.728	0.996	0.268
	ms	ms	ms

Pada Tabel 7 merupakan hasil dari nilai keseluruhan untuk indeks parameter QoS (Quality of Service).

Tabel 7. Hasil indeks parameter QoS

Metode	Jaringan	Nilai	Kategori
PPTP	Wired	3.75	Bagus
	Wireless	3.25	Bagus
L2TP	Wired	3.25	Bagus
	Wireless	3	Bagus
SSTP	Wired	3.25	Bagus
	Wireless	3.25	Bagus

SIMPULAN

Penerapan VPN dengan metode PPTP, L2TP dan SSTP yang memiliki sistem keamanan yang berbeda dapat mempengaruhi kinerja pengolahan sistem informasi. Dari hasil perbandingan kinerja protokol VPN secara wired yang telah uji dengan menggunakan parameter Quality of Service (QoS) menunjukkan hasil bahwa pada jaringan wired metode PPTP memiliki nilai akhir indeks parameter tertinggi dengan hasil nilai 3.75 masuk dalam kategori bagus, diikuti dengan L2TP dan SSTP yang memiliki hasil nilai yang sama yaitu 3.25 masih masuk dalam kategori bagus. Sementara itu, perbandingan kinerja protokol VPN secara wireless yang telah diuji menunjukkan hasil bahwa PPTP dan SSTP memiliki nilai akhir indeks tertinggi dengan sama-sama memiliki nilai 3.25 yang masih masuk dalam kategori bagus, sedangkan metode L2TP

memiliki nilai indeks paling rendah dengan nilai 3 namun masih masuk dalam kategori bagus. Perbandingan hasil akhir menunjukkan nilai indeks protokol VPN pada jaringan wired lebih unggul dari jaringan wireless dengan hasil selalu memiliki nilai indeks diatas jaringan wireless kecuali pada protokol SSTP yang memiliki nilai indeks yang sama dikeduanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinbirru, S. I., & Trianto, N. (2024). Analisis Quality of Service Protokol VPN Berbasis Mikrotik RouterOS pada Lingkungan GNS3 dengan Standar TIPHON dan Model ITU-T G-107 pada IPv6 Menggunakan Tunneling 6to4. *Info Kripto*, 18(3). <https://infokripto.poltekssn.ac.id/index.php/infokripto/article/view/111>
- Haeruddin, H. (2022). Analisa Penggunaan VPN L2TP dan SSTP di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Bisnis*, 13(1). <https://ojs.stmikdharmapalariau.ac.id/index.php/jikb/article/view/279>
- Haris, A. I., Ferianda, Rd. A., & Basuki, A. I. (2022). QoS Analysis of Site-to-Site VPN and Its Integration Potential for Securing Communication on Electric Vehicles. *Proceedings of the 2022 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications*, 25–28. <https://doi.org/10.1145/3575882.3575887>
- Heryanto, A., Setiawan, D., Audrey, B. F., Hermansyah, A., Afifah, N., Azhar, I. S. B., Idris, M. Y. B., & Budiarto, R. (2025). Security and Performance Evaluation of PPTP-Based VPN with AES Encryption in Enterprise Network Environments. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 6(4), 2171–2186.

- <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2025.6.4.4818>
- Kartiko, A. (2022). *Analisis Perbandingan Kinerja Qos Dengan Metode PPTP,L2TP, SSTP Dan IPSEC Pada Jaringan VPN Dengan Menggunakan Mikrotik Pada Kantor Badan Perwakilan Dan Kependudukan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) Pekanbaru* [Other, Universitas Islam Riau]. <https://repository.uir.ac.id/10556/>
- Maghsoudlou, A. (2023, March 10). Characterizing the VPN Ecosystem in the Wild. *Passive and Active Measurement. International Conference on Passive and Active Network Measurement*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-28486-1_2
- Mirzaeinnia, A. (2020). *Latency and Throughput Optimization in Modern Networks: A Comprehensive Survey*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.03715>
- Nugroho, M. A., Kusnanto, Y., Aji, R. M., & Kartadie, R. (2024). Analisis QoS dalam implementasi dokumenso pada kubernetes. *INFOTECH: Jurnal Informatika & Teknologi*, 5(2), 267–279.
- Oktavia, S. T. (2024). Comparative Quality of Service Analysis of VPN Protocols on IPv6. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 12(3). <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/janapati/article/view/69264>
- Prameswari, A. D., & Marcus, R. D. (2024). Peningkatan Keamanan Jaringan Virtual Private Network Menggunakan Protokol IKE/IPSEC Berbasis Mikrotik. *J-INTECH*, 12(02), 371–382. <https://doi.org/10.32664/j-intech.v12i02.1493>
- Prasetyo, F. H. P., Infitharina, E., & Febriyansyah, M. (2025). Penerapan Metode Network Development Life Cycle (NDLC) dalam Pengembangan Jaringan Komputer. *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*, 7(1), 80–87.
- Prasetyo, W. B. (2024). *Analisis Perbandingan Quality of Service (QOS) PPTP dan L2TP Menggunakan Jaringan Virtual Point Network (VPN) Mikrotik* [Thesis, Universitas Mercu Buana Jakarta]. <https://repository.mercubuana.ac.id/86444/>
- Pratama, H., & Puspitasari, N. F. (2021). Penerapan Protokol L2TP/IPSec dan Port Forwarding untuk Remote Mikrotik pada Jaringan Dynamic IP. *Creative Information Technology Journal*, 7(1), 51–62.
- Wahanani, H. E., Idhom, M., & Mandyartha, E. P. (2021). Analysis of Streaming Video on VPN Networks Between OpenVPN and L2TP/IPSec. *2021 IEEE 7th Information Technology International Seminar (ITIS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITIS53497.2021.9791504>