

Evaluasi Perbandingan Efektivitas IPv4 dan IPv6 pada Jaringan Mikrotik Menggunakan Metode Pendekatan PPDIOO

Dimas Bagus Prasetyo¹, Ronald David Marcus²

^{1,2}Sistem Informasi, Universitas Merdeka Malang. 081334154262
e-mail: dimasbagusprasetyo742@gmail.com¹, ronald.mangero@unmer.ac.id²

ABSTRAK

Kata Kunci:

IPv4
IPv6
Router MikroTik
PPDIOO
Keamanan Jaringan

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja IPv4 dan IPv6 pada jaringan berbasis *router MikroTik* menggunakan metode PPDIOO. Dengan semakin meningkatnya penggunaan internet, kebutuhan akan protokol yang lebih efisien dan aman menjadi sangat penting. IPv4, meskipun telah mendukung internet selama beberapa dekade, mulai menghadapi keterbatasan dalam hal jumlah alamat yang tersedia. Sebagai solusinya, IPv6 diperkenalkan dengan kapasitas alamat yang jauh lebih besar dan fitur keamanan yang lebih baik. Penelitian ini melibatkan pengujian performa dengan parameter beban CPU, data terkirim, dan kecepatan rata-rata pada protokol TCP dan UDP di laboratorium Fakultas Teknologi Informasi Universitas Merdeka Malang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa IPv6 memiliki beban CPU yang lebih rendah pada protokol TCP (2% dibandingkan 6% pada IPv4) dan menunjukkan keamanan yang lebih baik dengan dukungan IPsec sebagai standar. Meskipun IPv4 memiliki sedikit keunggulan dalam kecepatan rata-rata pada protokol TCP dan data terkirim, kelebihan keamanan dan efisiensi CPU pada IPv6 menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk implementasi jaringan masa depan.

ABSTRACT

Keyword:

IPv4
IPv6
MikroTik Router
PPDIOO
Network Security

This study aims to compare the performance of IPv4 and IPv6 on a MikroTik router-based network using the PPDIOO method. With the increasing use of the internet, the need for more efficient and secure protocols has become crucial. Although IPv4 has supported the internet for decades, it is now facing limitations in the number of available addresses. As a solution, IPv6 was introduced with a much larger address capacity and better security features. This research involves performance testing with parameters such as CPU load, data sent, and average speed on TCP and UDP protocols in the Information Technology Faculty laboratory at Universitas Merdeka Malang. The results show that IPv6 has a lower CPU load on the TCP protocol (2% compared to 6% on IPv4) and demonstrates better security with IPsec support as a standard. Although IPv4 has a slight advantage in average speed on the TCP protocol and data sent, the security advantages and CPU efficiency of IPv6 make it a better choice for future network implementations.

I. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi dan aplikasi internet saat ini, penggunaan layanan internet terus meningkat setiap hari. Peningkatan penggunaan ini juga harus diimbangi dengan kebutuhan akan komunikasi yang stabil, lancar, dan aman [1]. Protokol Internet, juga dikenal sebagai *IP*, adalah kumpulan nomor yang diberikan kepada komputer, yang digunakan sebagai sistem pengalamatan untuk jaringan yang berkembang pesat yang menggunakan protokol *TCP/IP* [2]. Perangkat dapat menemukan satu sama lain dan berkomunikasi *end-to-end* dengan menggunakan alamat *IP*. Karena banyaknya keuntungan yang ditawarkan oleh internet, banyak bagian penting dari kehidupan manusia dan banyak aktivitas bergantung pada teknologi ini. Teknologi ini digunakan oleh pemerintahan, organisasi, bisnis, atau bahkan gabungan individu [3], [4].

Router mikrotik adalah perangkat jaringan yang paling populer dan banyak digunakan di tempat-tempat seperti perusahaan dan lembaga pendidikan. Untuk memastikan bahwa *router MikroTik* dapat mendukung implementasi *IPv6* dengan baik [5]. *Routing* adalah proses pencarian dan penentuan pengiriman kepada *router* untuk mengirim paket data dari sumber tujuan. Protokol *routing*, salah satu komponen terpenting dari *network TCP/IP*, berkomunikasi secara dinamis untuk menentukan rute terbaik untuk mencapai tujuan paket dikirim ke *router* lain [6].

IPv4 adalah jenis pengalamatan jaringan komputer yang digunakan dalam protokol jaringan *TCP/IP* versi 4. Ini memiliki panjang 32-bit dan secara teoritis memiliki kemampuan untuk mencakup hingga empat miliar host komputer di seluruh dunia, lebih tepatnya 4.294.967.296, yang dibagi 2564 kali 4, yang merupakan jumlah 8-bit, dan dipangkat 4, sehingga nilai maksimal dari alamat *IP* versi 4 adalah 255.255.255.255. Pada awalnya, *IPv4* terdiri dari set angka biner 32-bit yang digunakan sebagai menentukan *host*. Cara kerjanya adalah paket data mengisi alamat *IP* komputer pengiriman, mengirim data ke alamat *IP* komputer berikutnya, dan kemudian mengirim data ke jaringan. Setelah pengguna internet menggunakannya dengan baik, muncul masalah baru: karena kehabisan alamat *IPv4*, *IPv4* tidak dapat menampung pengguna internet di masa depan. Akibatnya, *IPv6* dirancang untuk memberinya prioritas yang lebih tinggi daripada *IPv4* [7], [8].

Untuk menggantikan protokol internet saat pada ini, *IETF* membuat protokol generasi baru bernama *IPv6*. Alamat *IPv6* adalah jenis alamat jaringan yang digunakan dalam protokol jaringan *TCP/IP* yang menggunakan protokol internet versi 6, dan panjang totalnya adalah 128-bit menurut standar RFC 2460 [9]. Secara teoritis, jumlah alamat *host* yang dapat dihasilkan dengan *IPv6* adalah $2^{128} = 3,4 \times 10^{38}$. Seiring dengan kemajuan teknologi, penggunaan *IPv6* adalah pilihan yang tepat untuk menopang internet saat ini [10]. Meskipun banyak keuntungan yang diperoleh dari penggunaan *IPv6*, seperti alokasi alamat yang lebih besar, alamat konfigurasi otomatis, adanya kelas *traffic* dan label aliran untuk mendukung aplikasi dalam waktu nyata, dan dukungan *IP mobile* dan *IPsec*, masih sedikit penggunaan *IPv6*, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang penerapan *IPv6* [11].

Jika perbedaan lebar bit yang signifikan antara *IPv4* dan *IPv6* mempengaruhi kinerja *CPU load* dan kinerja pengiriman data, serta kecepatan rata-rata jaringan, maka masalah ini dapat diselesaikan. Salah satu uji yang akan dilakukan pada jaringan di Laboratorium Teknologi Informasi Fakultas adalah untuk membandingkan *IPv4* dengan *IPv6* dengan menggunakan protokol *TCP* dan *UDP* berdasarkan penundaan *parahmeter*, *throughput*, dan kehilangan paket [12]. Karena itu, penelitian tentang perbandingan *IPv4* dan *IPv6* akan dilakukan dengan melihat kinerja *CPU*, kinerja pengiriman data, dan kecepatan rata-rata jaringan komputer saat menerapkan *IPv4* dan *IPv6*. Pengujian ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran lebih lanjut tentang hasil perbedaan antara *IPv4* dan *IPv6*. Faktanya disebabkan oleh banyaknya pengguna yang menggunakan layanan internet untuk menganalisis *Qos IPv4* dan *IPv6* dengan parameter kinerja *CPU*, data yang dikirim, dan kecepatan rata-rata untuk mengetahui kualitas jaringan komputer [13].

Dalam permasalahan tersebut, peneliti berencana untuk menggunakan parameter kinerja komputer, seperti beban *CPU* dan performa pengiriman data, kecepatan rata-rata, dan jaringan *client server* dalam. Studi ini dimulai dengan penurunan *IPv4* dan peluncuran *IPv6*. Selanjutnya, penelitian ini berkonsentrasi pada perbandingan *routing* statik pada *IPv4* dan *IPv6* dengan parameter beban *CPU*, kinerja pengiriman data, dan kecepatan rata-rata. Dalam metodologi penelitian menggunakan metode *PPDIOO*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa efektif protokol *IPv4* dan *IPv6* pada jaringan Mikrotik dengan menggunakan metode pendekatan *PPDIOO*, yang berarti persiapan, perencanaan, desain, penerapan, operasi, dan optimalisasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana kedua protokol tersebut bekerja dalam berbagai hal, seperti kecepatan, stabilitas, keamanan, dan kemudahan pengelolaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pengelola jaringan dalam memilih dan mengoptimalkan penggunaan protokol yang sesuai dengan kebutuhan mereka dengan memahami kelebihan dan kekurangan masing-masing protokol dalam implementasi jaringan Mikrotik.

II. METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif yang biasanya menggunakan analisis. Proses dan makna—atau perspektif subjek—lebih ditekankan dalam penelitian kualitatif. Selain memberikan gambaran tentang latar belakang penelitian, landasan teori berguna untuk menyesuaikan fokus penelitian dengan data lapangan. Tujuan dilakukan dalam penelitian ialah untuk menunjukkan perubahan *IPv4* dengan *IPv6* terjadi pada jaringan di Gedung Lab Fakultas Teknologi Informasi di Universitas Merdeka Malang, Sukun, Kota Malang.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *PPDIOO*. Metode ini terdiri dari beberapa tahapan yang masing-masing memiliki fungsi penting dalam implementasi jaringan [14]. Tahap pertama adalah persiapan, yang mencakup memenuhi kebutuhan organisasi, membuat rencana

jaringan, merancang arsitektur jaringan konseptual, dan menemukan teknologi terbaik untuk mendukung arsitektur tersebut. Selanjutnya, tahap perencanaan mencakup menentukan kebutuhan jaringan awal berdasarkan berbagai faktor seperti tujuan, fasilitas, kebutuhan pengguna, dan kebutuhan *hardware* serta *software*. Tahap ini juga melibatkan penilaian fitur situs, penilaian jaringan yang ada, dan melakukan analisis untuk menentukan apakah infrastruktur sistem yang ada dan lingkungan operasional dapat mendukung sistem yang diusulkan.

Tahap desain melibatkan spesialis desain jaringan untuk membuat spesifikasi komprehensif yang memenuhi kebutuhan bisnis dan teknis saat ini. Spesifikasi ini kemudian digabungkan untuk meningkatkan skalabilitas, kinerja, keandalan, keamanan, dan ketersediaan. Pada tahap implementasi, jaringan atau komponen lainnya dimasukkan sesuai dengan spesifikasi desain sehingga perangkat dapat diintegrasikan tanpa mengganggu jaringan yang ada atau menciptakan titik kerentanan.

Tahap operasi berfokus pada pelaksanaan dan evaluasi kesesuaian desain yang telah dirancang sebelumnya. Tahapan operasional mencakup menjalankan jaringan komputer yang digunakan setiap hari, menjaga jaringan tetap tersedia, dan mengurangi biaya operasional. Terakhir, tahap optimasi melibatkan manajemen jaringan secara proaktif, yang bertujuan untuk menemukan dan menyelesaikan masalah sebelum mereka muncul agar dapat mempertahankan standar organisasi. Jika manajemen proaktif tidak dapat memprediksi dan mengurangi kegagalan, maka kesalahan yang muncul harus dideteksi dan diperbaiki secepat mungkin.

Dalam penelitian ini berbagai pengumpulan data dilakukan melalui metode yang meliputi observasi, wawancara, angket, dan penentuan objek penelitian. Observasi dilakukan dengan mengumpulkan data dan informasi mengenai jaringan yang sedang berlangsung di lokasi penelitian di Gedung Fakultas Teknologi Informasi UNMER Malang. Proses observasi mencakup pencatatan sistematis mengenai implementasi perbandingan *IPv4* dan *IPv6* pada jaringan.

Selanjutnya, wawancara dilakukan untuk mendapatkan pendapat atau keterangan dari pihak-pihak terkait tentang masalah tertentu. Dalam penelitian ini, wawancara akan dilakukan dengan *administrator* yang berada di laboratorium jaringan untuk mendapatkan data dan informasi mengenai jaringan di laboratorium Fakultas Teknologi Informasi Universitas Merdeka Malang.

Angket atau kuesioner, yang dikenal sebagai alat pengumpul data dalam bentuk pertanyaan sistematis, juga digunakan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan tentang topik atau masalah yang sedang diteliti. Alat ini umumnya digunakan untuk menilai barang atau jasa yang sering digunakan.

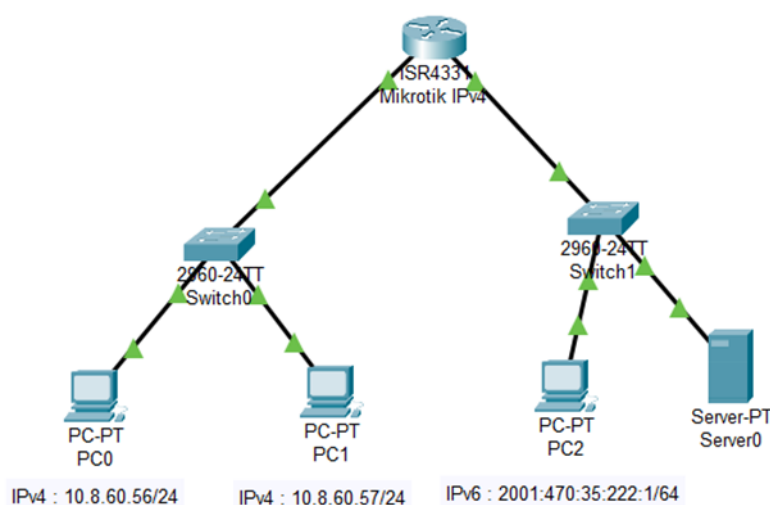
Objek penelitian ini fokus pada perbandingan kualitas layanan (*QoS*) antara *IPv4* dan *IPv6* dengan membandingkan beban *CPU* komputer, kinerja data yang dikirim, serta kecepatan jaringan rata-rata selama implementasi kedua protokol. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak *Passmark Advanced Network Test* dengan protokol *TCP* dan *UDP* untuk membandingkan kinerja

komputer dalam hal beban *CPU*, performa data yang dikirim, serta kecepatan rata-rata jaringan komputer [15].

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan perbandingan kualitas layanan (*QoS*) untuk mengevaluasi performa jaringan yang diimplementasikan dengan protokol IPv4 dan IPv6.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan perangkat lunak *Passmark Advance Network Test* dengan protokol *TCP* dan *UDP* untuk membandingkan kinerja komputer dalam hal beban *CPU* dan performa data yang dikirim, serta kecepatan rata-rata jaringan komputer pada implementasi IPv4 dan IPv6 dalam jaringan berbasis *router MikroTik* adalah seperti Gambar 1 dibawah ini.

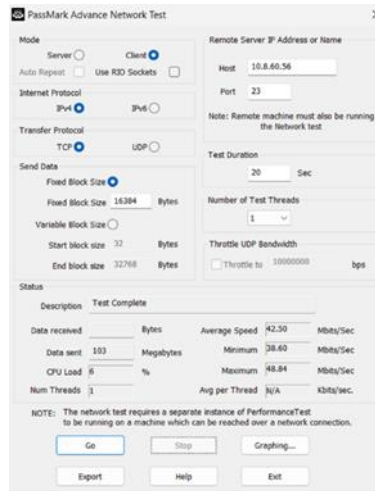


Gambar 1. Desain Topologi Jaringan IPv4 dan IPv6 di Laboratorium Fakultas Teknologi Informasi Universitas Merdeka Malang.

Desain topologi jaringan IPv4 dan IPv6, dengan pengujian dilakukan secara berurutan. Pengujian IPv4 dilakukan terlebih dahulu, dan pengujian IPv6 dilakukan pada masing-masing protokol *TCP* dan *UDP*.

Hasil Pengujian Ipv4 Dengan Protokol TCP

Pengujian dilakukan pada protokol *TCP IPv4* dengan *host* 10.8.60.56 dan port 23. Dengan durasi tes selama 20 detik, pengujian menghasilkan data terkirim sebesar 103 *megabytes*, beban *CPU* 6%, dan kecepatan rata-rata 42,50 *megabytes* per detik.



Gambar 2. Hasil Pengujian *Ipv4* Dengan Protokol *TCP* Menggunakan *PassMark Advance Network Test*

Hasil Pengujian *Ipv4* Dengan Protokol *UDP*

Pengujian dilakukan pada protokol *UDP IPv4* dengan *host* 10.8.60.56 dan *port* 23. Dengan durasi tes selama 20 detik, pengujian menghasilkan data terkirim sebesar 1102 *megabytes*, beban CPU 2%, dan kecepatan rata-rata 461,7 *megabytes* per detik.



Gambar 3. Hasil Pengujian *IPv4* Dengan Protokol *UDP* Menggunakan *PassMark Advance Network Test*

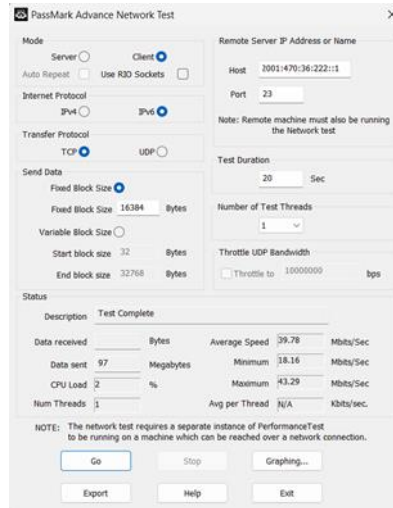
Perbandingan *Ipv4* Pada Protokol *TCP* dan *UDP*

Tabel 1. Perbandingan *IPv4* Pada Protokol *TCP* dan *UDP*

	<i>TCP</i>	<i>UDP</i>
<i>Data Sent</i>	103 MB	1102 MB
<i>Komputer CPU Load</i>	6%	2%
<i>Average Speed</i>	42.50 <i>Mbits/Sec</i>	461.7

Hasil Pengujian *Ipv6* Dengan Protokol *TCP*

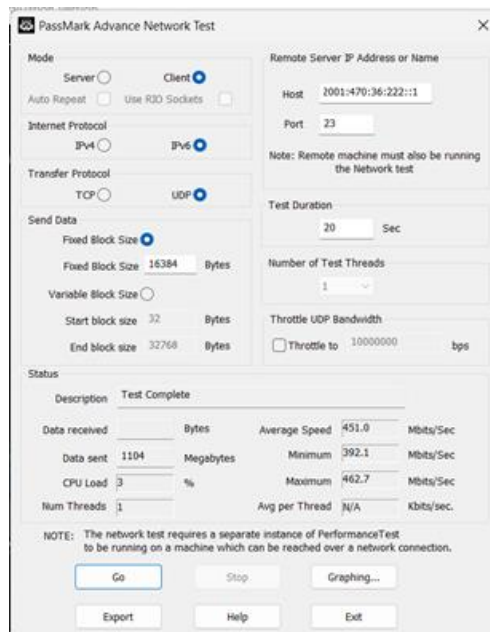
Pengujian dilakukan pada protokol *TCP Ipv6* dengan *host* 2001:470:36:222::1 dan *port* 23. Dengan durasi tes selama 20 detik, pengujian menghasilkan data terkirim sebesar 97 megabytes, beban *CPU* 2%, dan kecepatan rata-rata 39,78 megabytes per detik.



Gambar 4. Hasil Pengujian *IPv6* Dengan Protokol *TCP* Menggunakan *PassMark Advance Network Test*

3.6 Hasil Pengujian *Ipv6* Dengan Protokol *UDP*

Pengujian dilakukan pada protokol *UDP Ipv6* dengan *host* 2001:470:36:222::1 dan *port* 23. Dengan durasi tes selama 20 detik, pengujian menghasilkan data terkirim sebesar 1104 megabytes, beban *CPU* 3%, dan kecepatan rata-rata 451,0 megabytes per detik.



Gambar 5. Hasil Pengujian *IPv6* Dengan Protokol *TCP* Menggunakan *PassMark Advance Network Test*

Perbandingan *IPv6* Dengan Protokol *TCP* dan *UDP*

Tabel 2. Perbandingan *IPv4* Pada Protokol *TCP* dan *UDP*

	<i>TCP</i>	<i>UDP</i>
<i>Data Sent</i>	97 MB	1104 MB
Komputer CPU <i>Load</i>	2%	3%
<i>Average Speed</i>	39.78 <i>Mbits/Sec</i>	451.0

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, perbandingan kinerja *IPv4* dan *IPv6* menunjukkan bahwa *IPv6* unggul dalam beberapa aspek. Beban *CPU IPv6* lebih rendah dibandingkan *IPv4* pada protokol *TCP* (2% vs 6%) dan hampir setara pada *UDP* (3% vs 2%). Dalam hal data terkirim, *IPv4* sedikit lebih baik dengan *TCP* (103 MB vs 97 MB) dan *UDP* (1102 MB vs 1104 MB), sementara *IPv6* menunjukkan kecepatan rata-rata yang sedikit lebih rendah pada *TCP* (39,78 *Mbits/Sec* vs 42,50 *Mbits/Sec*) dan sedikit lebih tinggi pada *UDP* (451,0 *Mbits/Sec* vs 461,7 *Mbits/Sec*).

Dari segi *throughput*, *delay*, dan *packet loss*, *IPv6* memiliki *throughput* sedikit lebih rendah pada *TCP*, tetapi sedikit lebih tinggi pada *UDP*. Meskipun pengujian tidak mencakup *delay* dan *packet loss*, *IPv6* diharapkan memiliki *packet loss* yang lebih rendah karena mekanisme baru dan optimasi yang ada. Secara keseluruhan, *IPv6* hampir setara dengan *IPv4* dalam hal kinerja, namun memiliki keuntungan tambahan dalam efisiensi *CPU* dan keamanan yang lebih baik berkat dukungan *IPsec*. Meskipun *IPv4* memiliki keunggulan dalam kecepatan rata-rata dan data terkirim, *IPv6* menawarkan manfaat jangka panjang yang lebih baik untuk implementasi jaringan di masa depan.

IV. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *IPv6* menawarkan peningkatan efisiensi dibandingkan *IPv4* dalam hal kinerja komputer dan jaringan. Pengujian dengan *Passmark Advanced Network Test* mengungkapkan bahwa *IPv6* memiliki beban *CPU* yang lebih rendah pada protokol *TCP* (2% vs 6%), meskipun kecepatan rata-rata pada *TCP* sedikit lebih tinggi untuk *IPv4* (42,50 *Mbits/Sec* vs 39,78 *Mbits/Sec*). Kecepatan dan data terkirim pada protokol *UDP* hampir sama antara kedua protokol. *IPv6* juga memiliki keuntungan dalam menyediakan ruang alamat yang lebih besar dan mendukung keamanan yang lebih baik melalui *IPsec*, serta mekanisme yang dapat mengurangi kehilangan paket dan meningkatkan kualitas komunikasi *end-to-end*. Oleh karena itu, meskipun *IPv4* masih banyak digunakan, *IPv6* menawarkan solusi yang lebih baik untuk kebutuhan ruang alamat dan keamanan jaringan di masa depan. Implementasi *IPv6* pada *router MikroTik* menunjukkan potensi peningkatan efisiensi dan keamanan dalam jaringan yang lebih kompleks dan aman, sehingga transisi ke *IPv6* harus dipertimbangkan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] F. Hayati, N. Neviyarni, and I. Irdamurni, “Karakteristik Perkembangan Siswa Sekolah Dasar : Sebuah Kajian Literatur,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 5, no. 1, pp. 1809–1815, Jun. 2021, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/1181>
- [2] C. Ridwan, M. Sinun, H. M.-S. J. I. Sains, and undefined 2024, “PERKEMBANGAN DALAM PROTOKOL HTTP: MENGATASI TANTANGAN PERFORMA DAN KEAMANAN DI ERA INTERNET YANG TERUS BERKEMBANG,” *jurnal.kolibi.org* CNP Ridwan, M Sinun, HA MalaigaScientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, 2024•*jurnal.kolibi.org*, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <http://jurnal.kolibi.org/index.php/scientica/article/view/1970>
- [3] G. Niando, I. Wahyuddin, A. A.- Sisfotenika, and undefined 2022, “Application Of Confederation Methods, Route reflector And Next hop self On BGP Routing,” *stmikpontianak.ac.id* G Niando, I Wahyuddin, A AndrianingsihSisfotenika, 2022•*stmikpontianak.ac.id*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.30700/jst.v12i1.1221.
- [4] A. R.-J. S. dan Informatika and undefined 2022, “Analisa Performansi Protokol 802.11 P Pada Routing AODV di Jaringan VANET (Vehicular Ad-hoc Network),” *researchgate.net* A RidwanJurnal Sains dan Informatika, 2022•*researchgate.net*, doi: 10.34128/jsi.v8i1.392.
- [5] A. Salim, G. Surono, E. B. Pabelan, and A. Raizaldi, “Penerapan Load Balancing Metode Per Connection Classifier Berbasis Router Mikrotik di PT. Asuransi Jiwa Nasional,” *ejournal.kreatifcemerlang.id* A Salim, G Surono, EB Pabelan, A RaizaldiJurnal Bidang Penelitian Informatika, 2023•*ejournal.kreatifcemerlang.id*, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.kreatifcemerlang.id/index.php/jbpi/article/view/98>
- [6] R. Aulia, R. Liza, and H. Dafitri, “Analisis Routing Loop dalam Open Shortest Path First (OSPF) Routing Menggunakan Teknik Spanning Tree di Jaringan Multi Area,” *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 158–168, Feb. 2024, doi: 10.56211/HELLOWORLD.V2I4.419.
- [7] P. Faliha, ... F. S.-J. T., and undefined 2023, “ANALISIS QUALITY OF SERVICE ROUTING PROTOCOL OSPF PADA JARINGAN IPV4 MENGGUNAKAN SIMULATOR CISCO PACKET TRACER,” *jurnal.undhirabali.ac.id*, vol. 01, no. 01, 2023, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.undhirabali.ac.id/index.php/jutik/article/download/2519/3192>
- [8] M. Anwar, Y. S.-D. T. Technology, and undefined 2024, “Integrasi Jaringan IPv4 dan Jaringan IPv6 pada Local Area Network (LAN) dengan Menggunakan Tunnel Broker,” *jurnal.itscience.org*, vol. 11, no. 1, pp. 51–56, 2023, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.itscience.org/index.php/digitech/article/view/3827>

- [9] W. Duhita, B. Setiaji, W. A.-J. T. Informasi, and undefined 2023, "INTEGRASI IPV6 DI IPV4 PADA JARINGAN LAN MENGGUNAKAN METODE TUNNELING IPV6IP," *jurnal.undhirabali.ac.id*, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.undhirabali.ac.id/index.php/jutik/article/download/2529/3201>
- [10] A. Hamarsheh et al., "Comparative Evaluation of Host-Based Translator Mechanisms for IPv4-IPv6 Communication Performance Analysis With Different Routing Protocols," *igi-global.com*, vol. 13, no. 1, doi: 10.4018/IJCAC.332765.
- [11] B. Jaya, Y. Yuhandri, and S. Sumijan, "Peningkatan Keamanan Router Mikrotik Terhadap Serangan Denial of Service (DoS)," *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, vol. 2, no. 4, pp. 115–123, Dec. 2020, doi: 10.37034/JSISFOTEK.V2I4.32.
- [12] G. A. K. Dananjaya, J. B. Ginting, R. V Matarau, G. E. Trimukti, M. G. Liguori, and G. L. Pritalia, "Edukasi Internet Sehat pada Anak-Anak di SD Negeri Donoharjo," *ojs.uajy.ac.id*, vol. 2, no. 2, 2023, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/giat/article/view/7220>
- [13] A. Bayu Kusuma, A. Pratama Putra, D. Dwicahyo, N. Arghadi, and N. Dwi Putra Wibowo, "Integrasi Jaringan IPv4 dan Jaringan IPv6 pada Local Area Network (LAN) dengan Menggunakan Tunnel Broker," *jurnal.itscience.org*, vol. 4, no. 1, 2024, doi: 10.47709/digitech.v4i1.4029.
- [14] F. Sodiq, "PERANCANGAN JARINGAN KOMPUTER SEBAGAI KONSEP UNTUK MEMBANGUN LABORATORIUM MULTIMEDIA DAN BAHASA DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENDEKATAN PPDIIO," *Journal of Informatics and Computing*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, Nov. 2023, doi: 10.31884/RANDOM.V2I2.30.
- [15] J. T. Informasi, F. Saputra, B. Cut, and F. Nilamsari, "Analisis Perbandingan Tiga Software Terhadap Pengukuran Quality Of service (QoS) Pada Pengukuran Jaringan Wireless Internet," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 1, pp. 33–40, May 2023, doi: 10.35308/JTI.V2I1.7275.