

## Optimasi Jaringan Menggunakan Tunnel 6to4 (Enkapsulasi Protokol Ipv6 ke Ipv4) : Studi Kasus Pemerintahan Provinsi Sumatera Barat

Muhammad Reyan Dirul Adha<sup>1</sup>, Catrin Muharisa<sup>2</sup>, Reski Yulian Fauzan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Informasi, STMIK Citra Mandiri Padangsidimpuan

<sup>2</sup>Penulis Independen

<sup>3</sup>Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Padang

<sup>1</sup>[adha.reyan@gmail.com](mailto:adha.reyan@gmail.com). <sup>2</sup>[catrinmuharisa@gmail.com](mailto:catrinmuharisa@gmail.com) <sup>3</sup>[reskiyulian@pnp.ac.id](mailto:reskiyulian@pnp.ac.id)

### Abstract

*The Government environment of West Sumatra Province includes 51 OPD (Organizations of the Region) and 9 Bureaus, etc. A wide variety of information systems and applications developed in the West Sumatra Provincial Government demand the communication technology development particularly on the network connection for applications and information systems. Some networks on the OPD have already started implementing IPv6 protocol, especially on the main network lines still use IPv4. This condition led to only a few hosts and servers on OPD can be connected or mutually connected one to another. These problems occur due to the differences path between the protocol of major networks that used IPv4 and IPv6 hosts. 6to4 Tunnel has capability to get through the IPv6 on IPv4 networks by performing encapsulation of IPv6 packets into IPv4 header. The process of encapsulation protocol IPv6 into IPv4 protocol caused the increasing of delay.*

*Keywords: Government, Tunnel 6to4, Encapsulation, Mikrotik, ipv4, ipv6*

### Abstrak

Lingkungan Pemerintah Provinsi Sumatera Barat meliputi 51 OPD (Organisasi Perangkat Daerah) dan 9 Biro dan lain sebagainya. Berbagai macam sistem informasi dan aplikasi yang dikembangkan di Pemerintahan Provinsi Sumatera Barat menuntut untuk pengembangan teknologi komunikasi khususnya pada koneksi jaringan yang dilewati aplikasi dan sistem informasi yang dikembangkan tersebut. Beberapa jaringan di OPD sudah mulai mengimplementasikan protokol IPV6, tetapi sebagian besar tetap menggunakan protokol IPv4 terutama di jalur jaringan utama tetap menggunakan protokol IPv4. Kondisi tersebut mengakibatkan tidak semua *host* dan *server* antar OPD dapat terhubung atau saling terkoneksi satu sama lain. Permasalahan itu terjadi karena perbedaan antara protokol di jalur jaringan utama yang menggunakan IPv4 dan protokol jaringan *host* yang menggunakan IPv6. *Tunnel 6to4* merupakan *Tunnel* yang mampu melewati protokol IPv6 pada jaringan protokol IPv4 dengan melakukan enkapsulasi paket IPv6 ke dalam *header* IPv4. Proses enkapsulasi protokol IPv6 ke dalam protokol IPv4 menyebabkan *delay* meningkat.

Kata kunci: pemerintahan, *tunnel 6to4*, enkapsulasi, mikrotik, ipv4, ipv6.

© 2025 Jurnal Pustaka AI

### 1. Pendahuluan

Pemerintah Provinsi Sumatera Barat menyadari betul pentingnya peran dan fungsi teknologi informasi dan komunikasi tersebut dan telah membentuk tim *e-Government* (6,14). Tim *e-Government* yang dibentuk oleh Pemerintah Provinsi Sumatera Barat

berfungsi untuk mengembangkan teknologi informasi dan komunikasi di lingkungan Pemerintah Provinsi Sumatera Barat. Banyak pekerjaan pada pemerintahan yang dapat dibantu dengan adanya teknologi informasi dan komunikasi yang sudah dikembangkan oleh tim *e-Government* tersebut.

Lingkungan Pemerintah Provinsi Sumatera Barat yang dimaksud meliputi 51 OPD (Organisasi Perangkat Daerah) dan 9 Biro dan lain sebagainya. Berbagai macam sistem informasi dan aplikasi yang dikembangkan di Pemerintahan Provinsi Sumatera Barat menuntut untuk pengembangan teknologi komunikasi khususnya pada koneksi jaringan yang dilewati aplikasi dan sistem informasi yang dikembangkan tersebut. Seiring perkembangan protokol IPV4 (*Internet Protocol Versi 4*) serta banyaknya jumlah aplikasi, *website* dan sistem informasi serta pengguna atau *user* yang mengakses aplikasi dan sistem informasi tersebut mendorong penggunaan IPV6 (*Internet Protocol Versi 6*) di jaringan Pemerintah Provinsi Sumatera Barat (1,2,8). Agar Pemerintahan Provinsi Sumatera Barat berjalan dengan baik dan lancar sangat dibutuhkan koneksi atau hubungan antar OPD, Karena setiap OPD tersebut saling berkaitan dan saling membutuhkan. Implementasi IPV6 sangat mendukung dalam perkembangan jaringan intranet Pemerintah Provinsi Sumatera Barat. Beberapa jaringan di OPD sudah mulai mengimplementasikan protokol IPV6, tetapi sebagian besar tetap menggunakan protokol IPV4 terutama di jalur jaringan utama tetap menggunakan protokol IPV4. Kondisi tersebut mengakibatkan tidak semua *host* dan *server* antar OPD dapat terhubung atau saling terkoneksi satu masa lain. Permasalahan itu terjadi karena perbedaan antara protokol di jalur jaringan utama yang menggunakan IPV4 dan protokol jaringan *host* yang menggunakan IPV6. Masalah perbedaan protokol ini harus diselesaikan agar domain jaringan komputer OPD yang menerapkan protokol berbeda bisa terintegrasi. Solusi untuk masalah ini adalah dengan membangun suatu *Tunnel* yang mampu menghubungkan antara *host* IPV6 di suatu OPD dengan *host* IPV6 di jaringan OPD lainnya (3,4,10)

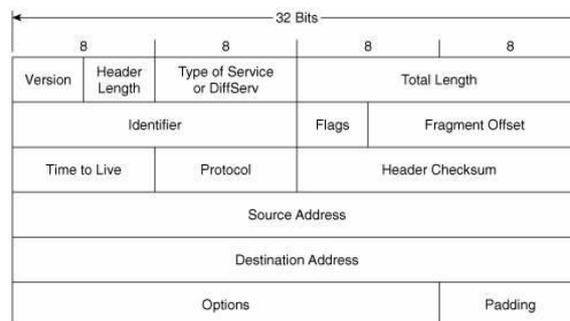
**2. Metode Penelitian**

**2.1 IPv4 (Internet Protokol versi 4)**

Alamat Internet Protokol merupakan suatu komponen yang penting di dunia jaringan komputer. Untuk terhubung dengan dunia internet saat ini diperlukan sebuah alamat Internet Protokol sebagai identitas dari *user* internet, di mana tidak ada kesamaan antara alamat satu dengan yang lainnya. IPV4 atau IP *Address* versi 4 merupakan Internet Protokol yang umum dipakai saat ini, Karena IPV4 merupakan Internet Protokol yang digunakan dari awal perkembangan internet sampai sekarang. Alamat IPV4 terdiri dari 4 oktet, di mana setiap oktet mampu menangani 255 buah komputer di dalamnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa untuk melayani seluruh pengguna jaringan komputer (internet) saat ini, IPV4 hanya mampu menangani jumlah pengguna maksimal sebanyak  $255 \times 255 \times 255 \times 255 = 4.228.250.625$  alamat IP. Jumlah alamat tersebut untuk saat ini sudah sangat tidak relevan lagi untuk

menampung semua komputer dan perangkat yang begitu mudahnya terhubung ke jaringan komputer khususnya internet.

*Header* merupakan hal terpenting pada Internet Protokol (IP). *Header* IP merupakan penyedia layanan dan informasi pada paket IP untuk *Routing*, *fragmentasi* dan konten di dalam data.

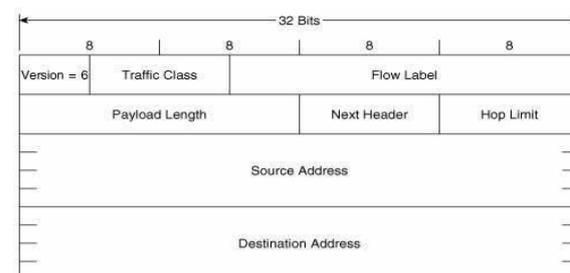


Gambar 1. Format *Header* IPv4

**2.2 IPv6 (Internet Protokol versi 6)**

IPv6 (Internet Protokol versi 6) merupakan revisi terakhir dari IP (Internet Protokol), protokol komunikasi yang memberikan identifikasi dan lokasi sistem komputer di jaringan yang menyalurkan traffic melalui internet. IPv6 dikembangkan oleh IETF (Internet Engineering Task Force) untuk mengatasi alamat IPv4 yang akan habis.

Berbeda dengan *format* paket *header* sebelumnya yaitu IPV4, pada *format header* IPV6 terjadi beberapa perubahan untuk meningkatkan kualitas protokol tersebut. *Header* IP merupakan penyedia layanan dan informasi pada paket IP untuk *Routing*, *fragmentasi* dan konten di dalam data.



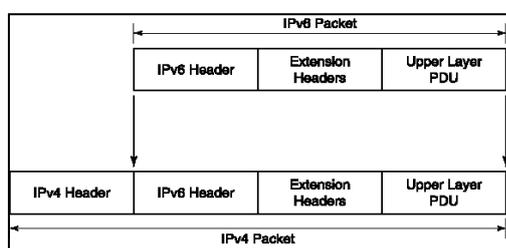
Gambar 2. Format *Header* IPv6

**2.3 Tunnel 6to4**

Tabel *Tunneling* adalah suatu metode koneksi antara suatu *end point* dan *end point* lainnya dengan melakukan *encapsulation* atau pembungkusan ke protokol *Tunnel* tersebut. *Tunnel* 6to4 merupakan teknologi di dalam jaringan komputer untuk proses *Tunneling* IPV4 ke IPV6 (5,7,13), di mana pengguna jaringan komputer dapat dengan mudah mengakses alamat IPV6 berdasarkan alamat IPV4 yang digunakannya. Teknik kerja dari 6to4 ini adalah dengan menambah paket IPV6 ke dalam IPV4 tanpa melakukan konfigurasi pada *Tunnel*. Tersedia *Server Relay* yang bertugas untuk membantu jaringan

komputer berbasis 6to4 untuk dapat berkomunikasi dengan jaringan komputer lainnya yang berbasis IPV6 secara natif.

Pada dasar *Tunnel 6to4* membungkus/*encapsulated* paket IPv6 ke dalam *header* paket IPv4 agar paket IPv6 yang dikirim bisa melewati jaringan IPv4 agar paket IPv6 yang dikirim bisa sampai ke *host* IPv6 tujuan. Contoh skenario simple yaitu ketika *host* IPv6 akan mengirimkan data ke *host* IPv6 di jaringan berbeda melalui jaringan IPv4 menggunakan *Tunnel 6to4*. Pada *router* pengirim yang sudah dikonfigurasi *Tunnel 6to4* akan mengencapsulasi paket IPv6 ke dalam IPv4, sehingga paket tersebut bisa sampai ke *router* *host* tujuan melalui jaringan IPv4. Setelah paket sampai di *router* tujuan, paket IPv4 yang diterima *router* tersebut akan dienkapsulasi kembali menjadi paket IPv6 dan diteruskan ke *host* penerima.



Gambar 3. Proses Paket IPv6 di Enkapsulasi ke dalam Header IPv4

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kerangka Penelitian

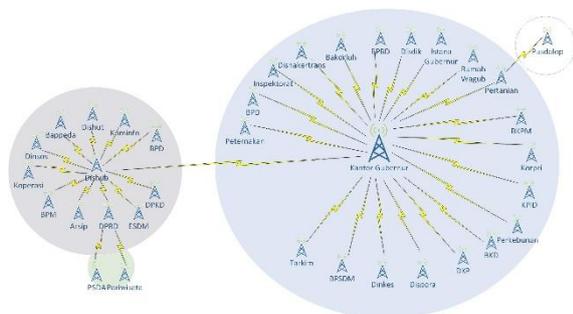
Pada bagian ini akan diuraikan kerangka penelitian dalam rangka penelitian yang akan memandu tahap-tahap pekerjaan yang akan dilakukan agar senantiasa fokus pada tujuan penelitian dan mencapai hasil yang diharapkan dengan waktu yang efisien. Susunan kerangka Penelitiandan tahapan-tahapannya sebagai berikut :



Gambar 4. Kerangka Kerja Penelitian

#### 3.2 Analisa dan Perancangan

Ukuran Jaringan di Pemerintah Provinsi Sumatera Barat meliputi 9 biro yang masuk lingkup Kantor Gubernur serta 29 OPD yang terhubung dengan menggunakan wireless yang terdiri dari perangkat Antena Omni UBNT dan *Flat Panel* Antena QRT5 Mikrotik. Jaringan tersebut terhubung menggunakan protokol jaringan IPv4. Di beberapa OPD yang memiliki *server* lokal untuk aplikasi OPD tersebut, ada beberapa yang sudah mencoba menggunakan protokol IPv6 untuk diakses di jaringan lokal saja. *Server* lokal yang menggunakan protokol IPv6 tersebut tidak bisa diakses oleh *host* jaringan di OPD lain. Berikut topologi jaringan di Pemerintah Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 5. Topologi Jaringan di Pemerintah Provinsi Sumatera Barat

Jika sistem jaringan di Pemerintah Propinsi Sumatera Barat diubah menggunakan protokol IPv6 maka mengharuskan semua perangkat di jaringan tersebut harus mendukung protokol IPv6. Sedangkan kondisi perangkat lokal di setiap OPD tidak semuanya mendukung protokol IPv4. Solusi dalam mengkoneksikan jaringan protokol IPv6 yang ada di setiap OPD adalah dengan membangun *Tunnel*. Ada beberapa *Tunnel* yang dapat menjadi solusi pada permasalahan tersebut, diantaranya *Tunnel 6to4*, Dual Stack dan lain sebagainya. Solusi yang dibahas pada penelitian ini adalah dengan menggunakan *Tunnel 6to4*.

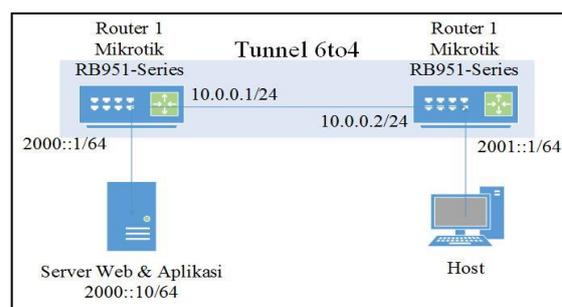
*Tunnel 6to4* tersebut mampu menghubungkan jaringan yang menggunakan protokol IPv6 melewati jaringan yang menggunakan protokol IPv4. Dengan adanya *Tunnel 6to4* solusi dari pemasalahan jaringan di Pemerintah Propinsi Sumatera Barat dapat teratasi tanpa harus mengeluarkan biaya besar untuk mengadakan hardware atau perangkat jaringan yang support atau mendukung protokol IPv6. Pembangunan *Tunnel 6to4* dapat menghubungkan jaringan IPv6 di setiap OPD tanpa harus meninggalkan protokol IPv4

### 3.2.1 Analisa dan Perancangan Infrastruktur

Setelah dilakukan Analisa dan identifikasi kebutuhan komponen *hardware* untuk merepresentasikan model implementasi *Tunnel 6to4*, didapatkan *minimal* kebutuhan komponen *hardware* sebagai berikut :

- 1) *Router* yang mendukung paket IPv6
- 2) PC/Laptop sebagai *server* dan *host*

Berdasarkan tahap pengembangan di atas dibangun suatu interkoneksi antar komponen, sesuai model yang sudah dirancang. Berikut gambar interkoneksi komponen *hardware* untuk model implementasi *hardware*.

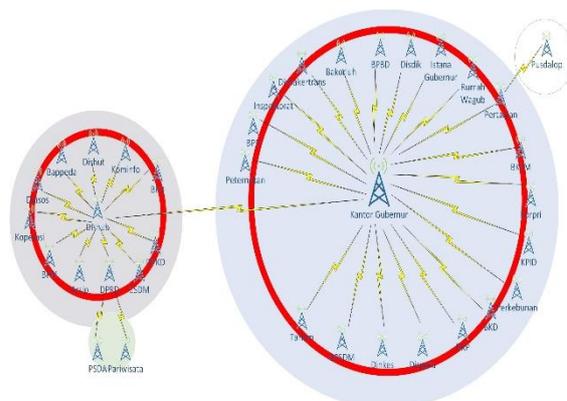


Gambar 6. Interkoneksi Komponen *Hardware* untuk Model Simulasi

Pada topologi yang akan disimulasikan pada penelitian ini sesuai dengan gambar 6, terlihat PC *server* dengan IPv6 *address* 2000::10/64 terhubung ke *interface router1* dengan IPv6 *address* 2000::1/64. *Router1* tersebut terhubung ke *router2* dengan IPv4 *address* 10.0.0.1/24 dan 10.0.0.2/24. *Router2* tersebut terhubung ke *host* melalui *interface* dengan alamat IPv6 2001::1/64, sedangkan alamat IPv6 *host* adalah 2001:2/64. Pada *router1* dan *router2* yang terhubung menggunakan pengalamatan protocol IPv4, dilakukan pembangunan *Tunnel 6to4*. *Tunnel* tersebut dibangun agar jaringan IPv6 pada *host* dan *server* bias saling terkoneksi. Di *server* tersebut terdapat aplikasi dan web di Pemerintah Propinsi Sumatera Barat, diantaranya *website* PPID, GIS, Disperindag, eJurnal sumbar dan lain sebagainya. Dengan adanya *Tunnel 6to4* tersebut semua aplikasi dan *website* yang ada pada *server* yang menggunakan protocol IPv6 dapat berkomunikasi atau terkoneksi dengan *host* IPv6 melewati jaringan yang menggunakan protocol IPv4

### 3.2.2 Analisa dan Perancangan Sistem

Sistem yang diusulkan pada penelitian ini tidak merubah atau menambah bentuk atau susunan topologi yang ada saat ini. sistem yang diusulkan pada penelitian ini hanya akan dilakukan penambahan konfigurasi disetiap *router* penghubung antar OPD. berikut bentuk topologi berdasarkan Analisa system jaringan yang diusulkan



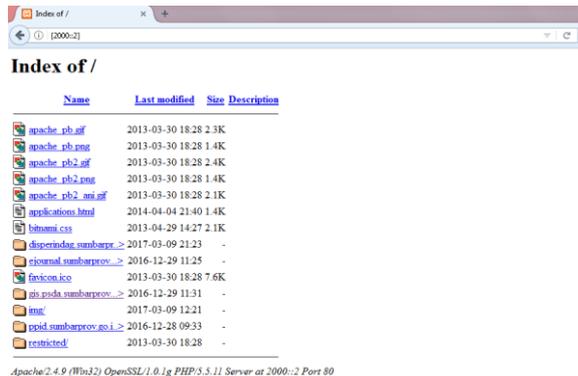
Gambar 7. Topologi Sistem yang Disarankan

Pada gambar 7 terlihat garis lingkaran berwarna merah yang diibaratkan sebagai *Tunnel 6to4* yang menghubungkan semua OPD di jaringan Pemerintah Propinsi Sumatera Barat. Terlihat dengan menggunakan *Tunnel 6to4* tidak menyebabkan terjadinya perubahan pada topologi jaringan di Pemerintah Propinsi Sumatera Barat. Membangun *Tunnel 6to4* di jaringan Pemerintah Propinsi Sumatera Barat hanya memerlukan konfigurasi disetiap *router* di setiap OPD yang akan dihubungkan menggunakan *Tunnel 6to4* tersebut

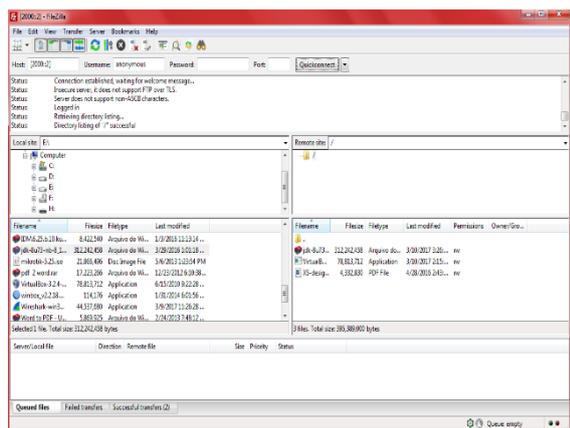
### 3.3 Pengujian

#### 3.3.1 Pengujian konektivitas antara *host* IPv6 dengan server IPv6 melewati jaringan IPv4.

Dalam implmentasi dan pengujian konektivitas antara *host* IPv6 dengan *server* IPv6 melewati jaringan IPv4, dilaksanakan pengujian yaitu mengakses *web* dan aplikasi yang ada pada *server* yang berbasis IPv6 oleh *host* IPv6 melewati jaringan yang berbasis IPv4 (9,12)



Gambar 8. Akses LocalhostServer dari Host

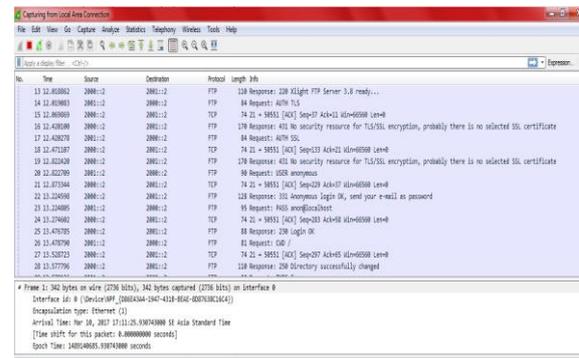


Gambar 9. Koneksi ke FTP Server

#### 3.3.2 Pengujian *delay* konektivitas antara *host* IPv6 dengan server IPv6 melewati jaringan IPv4

Dalam implmentasi dan pengujian untuk mengetahui *delay* konektivitas antara *host* IPv6 dengan *server* IPv6 melewati jaringan IPv4, dilakukan *capture* paket dengan aplikasi *wireshark* ketika *host* melakukan

pertukaran data dengan FTP *server* untuk mengetahui berapa besar *delay* yang terjadi (11,15).



Gambar 10. Capture Paket Ketika Melakukan UploadFile di FTP Server

Berdasarkan hasil *capture* menggunakan aplikasi *wireshark* pada gambar 10, dapat dilihat proses pengiriman paket dari source *address* 2000::2 dengan destination *address* 2001::2 di mana alamat tersebut adalah alamat dari *server* dan *host*. Pada gambar tersebut menampilkan proses request dan transfer paket lengkap dengan waktu yang dibutuhkan. Berdasarkan waktu yang dibutuhkan pada setiap proses paket dikirim, dilakukan kalkulasi untuk mengetahui berapa *delay* rata-rata yang terjadi. Setelah dilakukan kalkulasi didapat *delay* rata-rata selama proses pengiriman paket adalah 0.000150ms. Hasil tersebut lebih besar dari Oms. Di mana hasil tersebut cukup besar untuk skala jaringan yang tidak terlalu besar.

### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian optimasi jaringan menggunakan *Tunnel 6to4* tersebut adalah:

1. Jaringan yang menggunakan IPv6 dapat diimplementasikan melewati jaringan protokol IPv4 dengan menggunakan *Tunnel 6to4*.
2. Mekanisme *Tunnel 6to4* yang melakukan proses enkapsulasi paket IPv6 ke dalam paket *header* IPv4 mengakibatkan terjadinya *delay*.

### Daftar Rujukan

- [1] M. H. Islam, S. Islam, dan K. S. Munasinghe, "IPv6 Transition Mechanisms: A Review," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 193391–193405, 2020.
- [2] R. Singh dan S. K. Sood, "Cloud-based secure IPv6 transition mechanism for IoT," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 85, 2020.
- [3] Y. Li et al., "An Efficient Dual-Stack Transition Mechanism Based on IPv6 Tunneling," *Sensors*, vol. 19, no. 17, p. 3664, 2019.
- [4] S. Shukla dan M. S. Joshi, "IPv4 to IPv6 Migration Using 6to4 Tunnel," *International Journal of Computer Applications*, vol. 182, no. 47, 2021.
- [5] S. P. Singh dan N. Kumar, "Performance evaluation of IPv6 tunneling techniques," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 129, pp. 38–52, 2019.

- [6] M. F. Arifin, D. Setiawan, dan A. S. Rahayu, "Analisa Implementasi IPv6 di Lingkungan Pemerintahan," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 11, no. 2, 2020.
- [7] A. L. Prasetyo dan S. R. Hakim, "Analisis Topologi dan Infrastruktur IPv6 pada Pemerintahan Daerah," *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, vol. 7, no. 1, 2022.
- [8] A. Ali et al., "IPv6 Deployment Scenarios and Challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 11, pp. 11071–11083, 2020.
- [9] N. H. Samsudin et al., "Performance Analysis of IPv6 over IPv4 Tunneling Techniques," *TELKOMNIKA*, vol. 18, no. 3, pp. 1336–1345, 2020.
- [10] D. Nugroho dan S. Mulyana, "Simulasi Dual Stack dan 6to4 Tunnel IPv6 dengan Cisco Packet Tracer," *Jurnal InfraTech*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [11] H. A. Putra dan I. Hidayat, "Penerapan IPv6 pada Infrastruktur Jaringan Pemerintah," *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [12] M. H. Nabilah et al., "A Comparative Study on IPv6 Transition Mechanisms in Real-Time Applications," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 1, 2021.
- [13] M. Ramadhani, "Evaluasi Penggunaan Tunneling IPv6 terhadap Kinerja Jaringan," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 11, no. 3, 2023.
- [14] B. Ardiansyah, "Manajemen Jaringan IPv6 di Lingkungan Pemerintah Provinsi," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, 2022.
- [15] A. R. Yuliana, "Studi Kasus Implementasi IPv6 pada Lembaga Pemerintahan Lokal," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, vol. 8, no. 1, 2024.