

Integrasi Jaringan IPv4 dan Jaringan IPv6 pada Local Area Network (LAN) dengan Menggunakan Tunnel Broker

Muhammad Saepul Anwar^{1*}, Ruuhwan², Yusuf Sumaryana³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Perjuangan, Indonesia

¹2003010023@unper.ac.id, ²ruuhwan@unper.ac.id, ³yusufsumaryana@unper.ac.id



Histori Artikel:

Diajukan: 7 Mei 2024

Disetujui: 18 Mei 2024

Dipublikasi: 31 Mei 2024

Kata Kunci:

IPv4, IPv6, Tunnel Broker, LAN, Client-Server

Digital Transformation Technology (Digitech) is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak

IPv6, juga dikenal sebagai Protokol Internet Generasi Berikutnya, adalah versi terbaru dari protokol lapis ketiga yang dibuat sebagai pengganti IPv4. Penelitian ini menggunakan pendekatan Siklus Pengembangan Jaringan (NDLC) untuk menghubungkan IPv4 dan IPv6 melalui metode Tunnel Broker. Karena jaringan IPv4 dan IPv6 tidak dapat berinteraksi secara langsung, diperlukan penggunaan sistem tunnel untuk menghubungkan keduanya. Tunnel broker bertindak sebagai platform di mana pengguna IPv4 dapat mendaftar dan mengonfigurasi tunnel. Fungsinya utama adalah mengelola pembentukan, modifikasi, dan pemutusan tunnel sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengintegrasikan jaringan IPv4 dan IPv6 menggunakan tunnel broker serta untuk menguji kinerja aplikasi client-server dalam jaringan terintegrasi tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa koneksi antara PC1 (Server) dan perangkat lain dalam jaringan, seperti Router1, Router2, dan PC2 (Client), berhasil terhubung melalui ping. Pengujian tambahan mencakup pengiriman dan penerimaan file melalui web server. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa integrasi jaringan IPv4 dan IPv6 pada Local Area Network (LAN) menggunakan tunnel broker telah berhasil dilakukan, dan IPv6 berfungsi tanpa kendala.

PENDAHULUAN

Perkembangan Internet saat ini sangatlah pesat perkembangannya. Dengan perkembangan industri internet yang pesat di Indonesia, kebutuhan akan alamat Protokol Internet (IP) semakin menjadi perhatian utama. Operator Internet perlu memiliki lebih banyak alamat IP untuk memperluas jangkauan layanan mereka, termasuk ke daerah-daerah terpencil di negara ini. Pada saat ini, di Indonesia, internet dan perangkat yang mendukungnya hingga tingkat pengguna akhir masih bergantung pada jaringan IPv4. (Haryoko et al., 2023).

Negara-negara lain telah menyadari tantangan ini sejak awal dekae ini dan memilih untuk menerapkan IPv6. IPv6 merupakan teknologi protokol internet generasi berikutnya yang dirancang untuk mengatasi keterbatasan yang dimiliki oleh IPv4 yang saat ini umum digunakan. Implementasi Ipv6 memungkinkan fungsionalitas aplikasi Internet masa depan yang lebih canggih. IPv6 memiliki kapasitas alamat yang mencakup lebih dari $3,4 \times 10^{38}$ host di seluruh dunia (Nugroho, 2019).

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan Tunnel Broker sebagai relay, sehingga jaringan yang memanfaatkan dua generasi alamat IP yang berbeda ini dapat diimplementasikan dalam jaringan komputer dan diuji untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap transfer file pelanggan dengan menganalisis paket data pada saat proses upload dan download menggunakan Mikrotik OS dan Dampaknya terhadap kinerja jaringan merupakan parameter pengukuran berdasarkan latency dan packet loss menggunakan program Ping.

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan jaringan ipv4 dan jaringan ipv6 dengan menggunakan tunnel broker, serta menguji fungsi aplikasi client-server dalam integrasi jaringan yang telah dibangun antara IPv4 dan IPv6.

STUDI LITERATUR

Selama proses penelitian, peneliti mencari dan merujuk pada beberapa penelitian terkait yang berkaitan dengan topik yang sedang diangkat, termasuk yang berikut:

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Michael Sitorus & Neneng Rachmalia Feta, 2020) “Analisis Interkoneksi Jaringan IPv6 Terhadap IPv4 Dengan Tunnel Broker Berbasis Web” Tujuan dari pembahasan ini adalah untuk memungkinkan implementasi jaringan IPv6 di atas infrastruktur IPv4 dengan memanfaatkan teknologi IPv6 in IPv4. Pemanfaatan penyedia layanan IPv6 tunnel broker menjadi bagian penting dalam proses transisi dari IPv4 ke IPv6, terutama saat menguji jaringan IPv6. Ini disebabkan oleh kemudahan proses pembuatan tunnel IPv6 bagi pengguna.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kartika Melani, 2023) dengan judul “IPv6 untuk Mengatasi Kelangkaan Alamat IP di Internet” tujuan dari pembahasan ini adalah mengevaluasi efektivits penggunaan protokol IPv6 dalam mengatasi masalah kelangkaan alamat IP yang muncul dalam penggunaan IPv4. Dengan ruang alamat yang lebih

besar, IPv6 menyediakan solusi jangka panjang untuk menangani pertumbuhan jumlah perangkat yang terhubung ke internet.

Penelitian yang dilakukan oleh (Lukman & Wahyu Adi Pratomo, 2020) dengan judul “Implementasi Jaringan Ipv6 pada Infrastruktur Jaringan Ipv4 dengan Menggunakan Tunnel Broker” Maksud pembahasan ini adalah untuk menyelidiki kemungkinan mengintegrasikan IPv6 ke dalam infrastruktur jaringan yang sudah ada dengan menggunakan layanan Tunnel Broker. Router Mikrotik dapat secara otomatis menetapkan alamat IPv6 yang diterima dari Tunnel Server kepada klien-klien. Klien dapat mengakses internet dengan menggunakan kedua protokol IPv4 dan IPv6 secara bersamaan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Haryoko, Windha Mega Pradnya, Bayu Setiaji & Wahidin Aji, 2023) dengan judul “Integrasi IPV6 Di IPV4 Pada Jaringan LAN Menggunakan Metode Tunneling IPV6IP” Tujuan pembahasan ini adalah untuk mengevaluasi status IPv6 sebagai opsi yang direkomendasikan untuk menggantikan IPv4. Tunneling IPV6IP adalah teknik yang mengirimkan paket IPv6 secara eksklusif, sehingga sesuai dengan struktur jaringan yang menerapkan IPv6 pada setiap perangkat, yang kemudian dihubungkan melalui IPv4 pada router. Pendekatan tunneling/dual-stack dapat berfungsi sebagai panduan untuk memudahkan jaringan lokal yang telah menerapkan dual-stack IPv6 dan IPv4 agar dapat terhubung ke jaringan eksternal yang menggunakan IPv6 melalui tunel.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ahmad Tantoni, Mohammad Taufan Asri Zaen & Sofiansyah, 2018) dengan judul “Analisis Komparasi Performa Jaringan Komputer Pada Implementasi IPv4 dan IPv6” pembahasan ini bertujuan bahwa dalam penggunaan protokol TCP, IPv4 menunjukkan keunggulan dibandingkan IPv6 berdasarkan rata-rata data yang dikirim, beban CPU komputer, dan kecepatan rata-rata. Sebaliknya, untuk protokol UDP, IPv6 lebih unggul daripada IPv4 jika dilihat dari kriteria yang sama: rata-rata data yang dikirim, beban CPU komputer, dan kecepatan rata-rata.

Setelah mengacu pada penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, peneliti melanjutkan dengan mengkaji berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, laporan, dan literatur lainnya, yang termasuk di antaranya adalah:

1) Jaringan Komputer

Sisten yang terhubung dan saling berkomunikasi melalui media fisik atau nirkabel, biasanya menggunakan protokol komunikasi standar, membentuk apa yang dikenal sebagai jaringan komputer (R. Rizal et al., 2020).

2) IP Address (Internet Protocol Address)

Internet Protocol Address, atau yang dikenal sebagai Alamat IP, adalah rangkaian angka yang diberikan kepada setiap perangkat yang terhubung ke jaringan komputer yang menggunakan protokol internet sebagai media komunikasi. Fungsi utama dari alamat IP ini adalah untuk mengidentifikasi host atau antarmuka jaringan, serta memfasilitasi pemetaan (Lukman & Pratomo, 2020).

3) IPV4 (Internet Protokol Version 4)

IPv4 (Protokol Internet versi 4) adalah standar protokol yang mendominasi digunakan sejak awal internet diperkenalkan secara global. Berdasarkan pada format 32-bit (sekitar $4,294 \times 10^9$ alamat), IPv4 telah melayani pengguna internet di seluruh dunia selama lebih dari tiga puluh tahun. Namun, diperkirakan bahwa kapasitasnya tidak akan cukup untuk menanggapi pertumbuhan kebutuhan alamat internet yang terus meningkat. (Pono et al., 2020).

Alamat IPv4 memiliki panjang 32-bit yang terdiri dari empat oktet (setiap oktet terdiri dari 8-bit). Dengan panjang 32-bit ini, jumlah total alamat IP yang tersedia adalah 2^{32} alamat, atau sekitar 4 miliar alamat IP. Alamat IPv4 ditulis dalam format desimal dan dipisahkan oleh titik, yang juga dikenal sebagai notasi titik desimal (Sanrio et al., 2020)

4) IPV6 (Internet Protokol Version 6)

Protokol Internet versi 6 (IPv6), juga dikenal sebagai IPng (Internet Protocol next generation), merupakan protokol layer ketiga terbaru yang didesain sebagai pengganti IPv4. Alasan utama di balik pengembangan IPv6 adalah untuk mengatasi tantangan manajemen yang dialami pada versi sebelumnya, yaitu IPv4. Seiring dengan peningkatan permintaan akan alamat Internet, IPv6 dikembangkan untuk menyediakan lebih banyak alamat daripada IPv4, tetapi tetap mempertahankan koneksi dengan alamat IP yang sudah ada sebelumnya. Meskipun konsep pengalamatan pada IPv6 mirip dengan IPv4, namun IPv6 diperluas lebih lanjut untuk mengakomodasi pertumbuhan internet yang cepat serta penggunaan aplikasi yang lebih maju di masa depan. Salah satu perubahan utama yang terjadi pada IPv6 adalah pada bagian header, di mana jumlah bit alamat meningkat dari 32 bit (pada IPv4) menjadi 128 bit pada IPv6 (Pono et al., 2020).

Alamat IPv6 memiliki panjang 128-bit, yang memungkinkan penyediaan alamat dalam jumlah yang jauh lebih besar. Alamat IPv6 ditampilkan dalam format heksadesimal, dengan delapan bagian yang dipisahkan oleh tanda titik dua (:). Biasanya, enam puluh empat bit pertama digunakan sebagai bagian prefix, sementara enam puluh empat bit sisanya dialokasikan untuk mengidentifikasi antarmuka jaringan (Sanrio et al., 2020)

5) Tunnel Broker

Tunnel broker adalah platform yang mempermudah pengguna IPv4 untuk mendaftar dan mengonfigurasi

tunnel. Tugas utamanya adalah mengatur pembuatan, perubahan, dan penghapusan tunnel sesuai permintaan pengguna. Dalam operasinya, tunnel broker dapat membagi beban jaringan di antara beberapa server tunnel dengan mengirimkan konfigurasi ke server tunnel yang sesuai saat tunnel dibuat, diubah, atau dihapus. Selain itu, tugas tunnel broker juga meliputi pendaftaran alamat IPv6 pengguna dan integrasinya ke dalam DNS. Meskipun tunnel broker harus mendukung IPv4, mereka tidak diwajibkan untuk mendukung IPv6, karena mereka beroperasi langsung dengan IPv4, dan koneksi antara tunnel broker dan server tunnel dapat menggunakan IPv6 atau IPv4. (Artondo, 2018).

6) Server Komputer

Server komputer merupakan salah satu elemen inti dalam infrastruktur suatu organisasi. Berperan sebagai pengatur lalu lintas data dalam jaringan, server memegang peran penting dalam pengelolaan informasi dan layanan dalam suatu lingkungan kerja (Rizal et al., 2022).

7) Web Server

Server Web adalah program komputer yang memberikan layanan berbasis data melalui protokol HTTP atau HTTPS. Dalam praktik penggunaan sehari-hari, klien memanfaatkan aplikasi peramban web untuk mengirimkan permintaan data kepada server, yang pada gilirannya memberikan respons dengan mengirimkan data dalam bentuk halaman web, biasanya dalam format dokumen HTML (Kusuma, 2021).

8) LAN (Local Area Network)

Jaringan Area Lokal umumnya diterapkan di area geografis yang terbatas. Contoh penerapan jaringan ini meliputi perusahaan, sekolah, atau lokasi lain yang memiliki area yang relatif kecil (Ahmad et al., 2021).

9) Mikrotik Router OS

Mikrotik adalah sebuah sistem operasi berbasis Linux yang disusun khusus untuk perangkat komputer yang berperan sebagai router. Sistem ini sangat efisien dalam mengatur jaringan komputer, mempermudah perancangan dan implementasi sistem jaringan dari yang sederhana hingga yang kompleks (Delsi Samsumar et al., 2018).

10) Router (RouterBoard 951)

Router merupakan sebuah perangkat keras yang terdapat dalam jaringan komputer yang menghubungkan berbagai jaringan, baik yang serupa maupun yang berbeda. Tujuan utamanya adalah untuk mengarahkan paket data melalui jaringan atau internet menuju tujuan yang ditetapkan. (Panjaitan, 2023).

11) Kabel UTP (Unshielded Twisted Pair)

Kabel UTP (Unshielded Twisted Pair) ialah jenis kabel yang terdiri dari penghantar tembaga yang dilapisi dengan isolasi plastik. Kabel ini dilindungi oleh bahan yang tahan api dan kerusakan fisik. Terdiri dari empat pasang kabel yang dipilin, setiap pasang memiliki kode warna yang khas. Meskipun tidak memiliki lapisan pelindung terhadap gangguan elektromagnetik, kabel UTP sering digunakan karena harganya yang terjangkau dan kinerjanya yang memenuhi standar yang diinginkan (Adam & Zurairah, 2021).

12) PING (Packet Internet Gopher)

PING (Packet Internet Groper) adalah sebuah aplikasi perangkat lunak yang menggunakan protokol ICMP (Internet Control Message Protocol) untuk menguji koneksi antara dua komputer di internet. Cara kerjanya adalah dengan mengirimkan paket data ke alamat yang dituju dan menunggu respons dari server tujuan (Fiyono et al., 2018).

13) Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer merupakan salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh Cisco System yang berfungsi untuk merancang dan mengembangkan jaringan. aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memodifikasi dan memperluas jaringan yang telah ada, dengan tujuan membuat jaringan tersebut lebih kompleks namun tetap mudah dikelola (Naufal Taufiqul Hakim et al., 2023).

METODE

1) Metode Pengumpulan Data

a) Studi Pustaka

Pada tahap awal penyusunan skripsi, melibatkan pengumpulan materi dengan membaca buku-buku dari perpustakaan serta mencari referensi seperti artikel dan ebook dari internet.

b) Wawancara

Penulis melakukan wawancara dengan Kepala Program Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan dari Sekolah SMKN 2 Tasikmalaya untuk menghimpun data yang terkait dengan topik penelitian

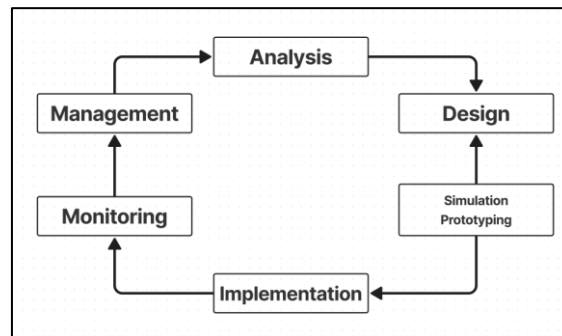
c) Observasi

Penulis melakukan observasi langsung di lapangan sebagai bagian dari proses pelaksanaan sistem yang akan dibangun. Langkah ini sangat penting untuk mengumpulkan informasi tentang sistem yang akan dikembangkan dan memeriksa ketersediaan peralatan jaringan yang tersedia.

2) Metode Pengembangan Sistem

Penulis menerapkan metode *Network Development Life Cycle* (NDLC) dalam mengembangkan sistem

untuk menerapkan interkoneksi antara IPv4 dan IPv6 dengan memanfaatkan Tunnel Broker dalam satu jaringan.



Gambar 1. Alur Kerja Metode NDLC

a) Analysis

Dalam langkah ini, penulis menghimpun data yang diperlukan untuk memahami perumusan dan solusi masalah yang berkaitan dengan interkoneksi antara IPv4 dan IPv6. Analisis dilakukan terhadap kebutuhan sistem untuk perancangan mekanisme, termasuk kebutuhan hardware, software, dan topologi jaringan yang cocok untuk mekanisme Tunnel Broker.

b) Design

Dalam penelitian ini, topologi jaringan Tunnel Broker dibuat untuk menerapkan mekanisme tersebut. Setiap topologi mencakup komponen seperti klien, server, dan router. Penulis menggunakan perangkat lunak Cisco Packet Tracer untuk merancang interkoneksi jaringan ini.

c) Simulation Prototype

Dalam tahap ini, penulis membuat simulasi protipe untuk kedua jaringan yang terhubung menggunakan Cisco Packet Tracer. Semua perangkat keras dan konfigurasi yang dibuat Cisco Packet Tracer akan disimulasikan, memfasilitasi pemahaman dan pengamatan proses komunikasi yang terjadi.

d) Implementation

Dalam Langkah ini, penulis mengamati proses pembangunan jaringan IPv4 dan IPv6 yang telah direncanakan menggunakan Tunnel Broker. Dari dari analisis dan desain hingga simulasi prototipe, semua data yang dikumpulkan tentang perangkat keras, perangkat lunak, dan desain akan diterapkan dalam rancangan topologi jaringan yang mencakup baik IPv4 maupun IPv6.

e) Monitoring

Dalam Langkah ini, penulis mengevaluasi apakah sistem jaringan IPv4 dan IPv6 yang diterapkan berfungsi seperti yang diharapkan. Selanjutnya, penulis akan menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh selama penerapan mekanisme Tunnel Broker.

f) Management

Dalam Langkah ini, penulis akan menggabungkan sistem jaringan IPv4 dan IPv6, termasuk memperbarui router Cisco 1801W menggunakan Cisco IOS (Internet Operatyng System) untuk mengatasi kesalahan atau menambahkan fitur baru. Kebijakan dari SMKN 2 Tasikmalaya juga akan memiliki peran penting dalam manajemen jaringan IPv4 dan IPv6 setelah diterapkan oleh penulis.

HASIL

Setelah menyelesaikan konfigurasi tunnel broker di seluruh perangkat, penulis melakukan pengujian koneksi antara PC1 (Server) dengan perangkat lain yang terkoneksi dalam jaringan yang serupa, termasuk Router1, Router2, dan PC2 (Client). Selain itu, penulis juga melakukan pengujian fungsi mengunggah dan mengunduh file melalui web sever.

1) Uji Koneksi dengan program ping dari pc1 ke pc2

```

C:\Users\Nia>ping 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11

Pinging 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11 with 32 bytes of data:
Reply from 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11: time=40ms
Reply from 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11: time=61ms
Reply from 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11: time=44ms
Reply from 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11: time=48ms

Ping statistics for 2001:470:36:94a:6561:4e5:4607:2e11:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 40ms, Maximum = 61ms, Average = 48ms

C:\Users\Nia>
  
```

Gambar 2. Hasil uji koneksi dengan program ping dari pc1 ke pc2

Setelah menyelesaikan konfigurasi tunnel broker di semua perangkat, dilakukan pengujian koneksi dari PC1 (Server) ke PC2 (Client) menggunakan program Ping, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 2, untuk memverifikasi koneksi antar perangkat komputer. Hasilnya menunjukkan bahwa konfigurasi tunnel broker berhasil dilakukan.

- 2) Uji Koneksi dengan program ping dari pc2 ke pc1
- 3)

```
C:\Users\LAPTOP-25>ping 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7

Pinging 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7 with 32 bytes of data:
Reply from 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7: time=63ms
Reply from 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7: time=62ms
Reply from 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7: time=60ms
Reply from 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7: time=66ms

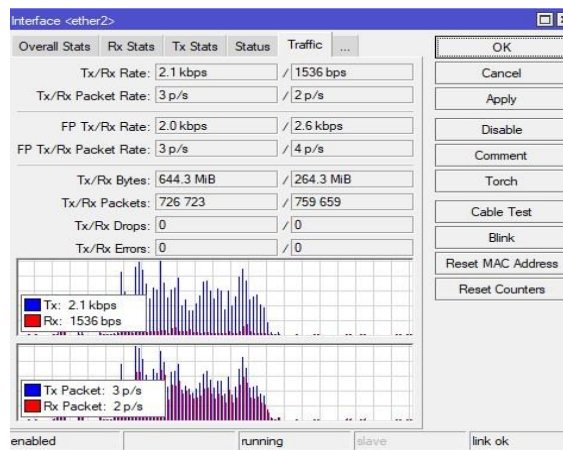
Ping statistics for 2001:470:36:91c:7e35:4a20:ff53:cfa7:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 60ms, Maximum = 66ms, Average = 62ms

C:\Users\LAPTOP-25>
```

Gambar 3. Hasil uji koneksi dengan program ping dari pc2 ke pc1

Setelah menyelesaikan konfigurasi tunnel broker di semua perangkat, pengujian koneksi dari PC2 (Client) ke PC1 (Server) dilakukan menggunakan program Ping, seperti yang terlihat dalam Gambar 3. Pengujian ini dimaksudkan untuk memeriksa apakah perangkat komputer telah terhubung dengan sukses, dan hasilnya menunjukkan bahwa konfigurasi tunnel broker berhasil.

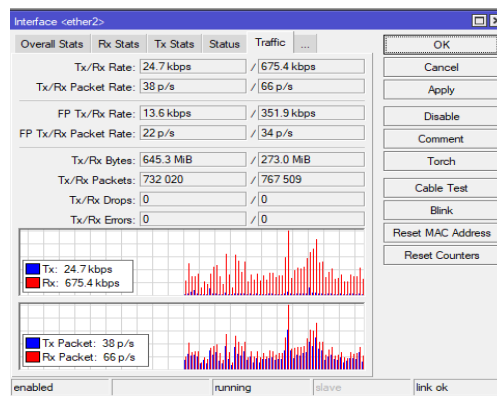
- 4) Uji Upload File jenis Installer (.EXE) sebesar 500 MB



Gambar 4. Tampilan Traffic saat proses upload file

Gambar 4 menggambarkan informasi mengenai lalu lintas data selama proses upload file. Diagram tersebut memperlihatkan posisi Transmit/Kirim (Tx) dan Receive/Terima (Rx), seperti yang terlihat dalam Gambar 4.

- 5) Uji Download File Jenis Installer (.EXE) sebesar 100 MB



Gambar 5. Tampilan Traffic saat proses download file

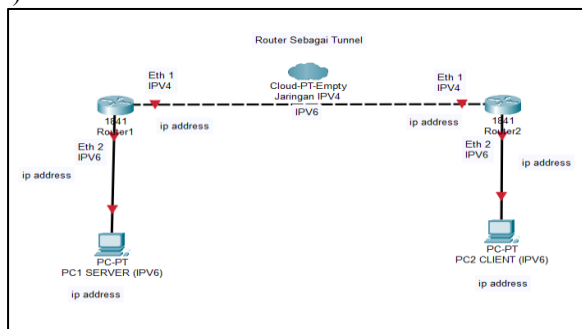
Gambar 5 menampilkan diagram yang mengilustrasikan informasi lalu lintas data selama proses upload file. Diagram ini menunjukkan posisi Transmit/Kirim (Tx) dan Receive/Terima (Rx), seperti yang terlihat dalam Gambar 5.

PEMBAHASAN

A. Perancangan Jaringan Komputer

1.) Topologi Jaringan

Topologi jaringan adalah cara di mana komputer saling terhubung. Jaringan ini dapat dibentuk menggunakan kabel atau nirkabel. Berikut ini adalah gambaran rencana bagaimana jaringan akan diatur.. (Dasmen et al., 2022).



Gambar 6 Topologi dasar jaringan yang akan digunakan

Dalam Gambar 6, terlihat sebuah router yang bertindak sebagai perangkat tunneling di dalam jaringan, menghubungkan PC1 (server) dengan IPv6 dan PC2 (client) dengan IPv6 melalui jaringan IPv4. Router ini melakukan proses enkapsulasi dan dekapsulasi alamat IP, sehingga memungkinkan keduanya dikenali dalam jaringan tersebut.

2.) Alokasi alamat IPv6 pada pc1 dan alamat IP pada router1:

PC1 (Server) berperan sebagai host IPv6 dengan alamat IPv6 yang dialokasikan Router 1 dengan Alokasi Alamat IPv4 adalah : 10.10.7.30/24
 Alokasi prefix IPv6 adalah : 2001:470:36:91c::/64
 Alokasi alamat IPv6 adalah : 2001:470:36:91c:63eb:6bff:fee1:cedd/64

3.) Alokasi IPv6 pada pc2 dan IP pada router2:

PC2 (Client) berperan sebagai host IPv6 dengan alamat IPv6 yang dialokasikan 2001:470:35:94a:6561:4e5:5607:2e11/64
 Router 2 dengan Alokasi Alamat IPv4 adalah : 103.158.96.58
 Alokasi prefix IPv6 adalah : 2001:470:36:94a::/64
 Alokasi alamat IPv6 adalah : 2001:470:36:94a:e68d:8cff:feec:6a51/64

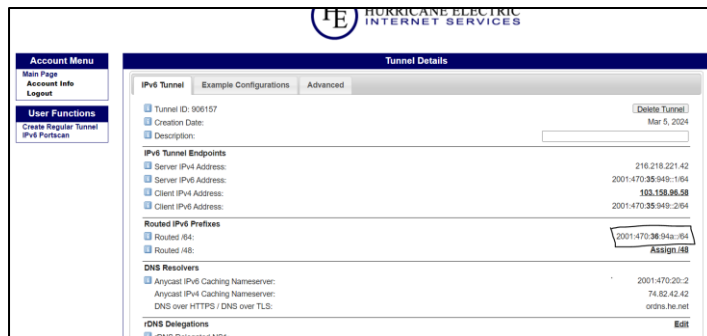
B. Implementasi Konfigurasi Tunnel Broker Pada Router

Tahapan implementasi konfigurasi integrasi jaringan IPv4 dengan IPv6 akan diuraikan melalui serangkaian sintaks atau perintah yang meliputi:

1.) Pastikan bahwa perangkat komputer telah terhubung ke internet melalui router yang telah dikonfigurasi dengan benar.

2.) Tampilan Setelah IPv4 Diintegrasikan

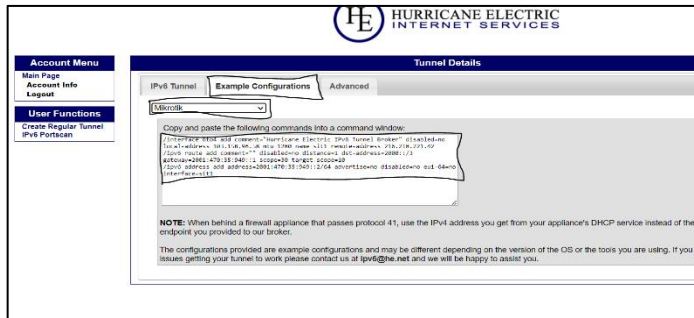
Kemudian dilanjutkan dengan membuat tunnelnya dan memasukan jaringan alamat ipv4 untuk mengintegrasikannya supaya nantinya dapat alamat ipv6.



Gambar 7 . Tampilan Tunnel Broker setelah ipv4 diintegrasikan

3.) Implementasi Konfigurasi Tunnel Broker

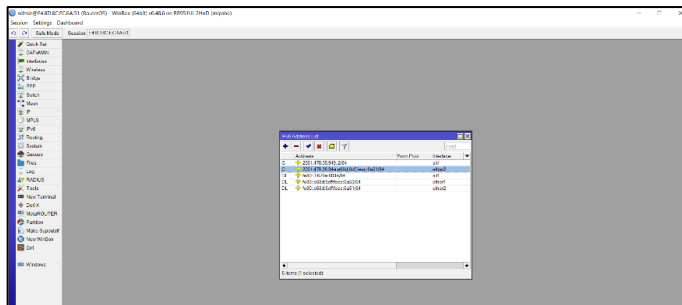
Setelah mendapatkan alamat ipv6 kemudian langsung aja pilih example configuration kemudian pilihlah mikrotik selanjutnya muncul konfigurasi nya dan copy kan semuanya ke terminal yang ada di winbox.



Gambar 8. Konfigurasi Tunnel Broker

4.) Tampilan Tunnel di Winbox

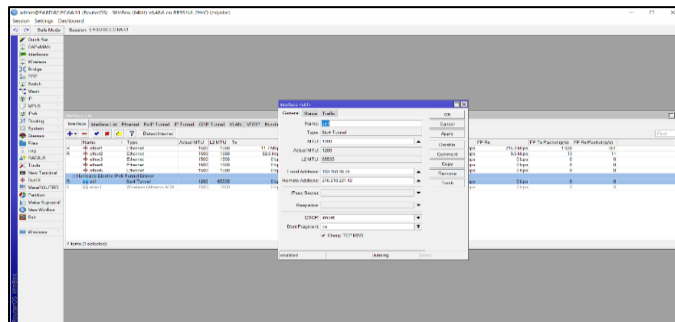
Setelah mengkonfigurasi tunnel broker di terminal winbox maka hasilnya akan muncul port baru yaitu sit1.



Gambar 9. Tampilan setelah mengkonfigurasi di Winbox

5.) Konfigurasi Sit1

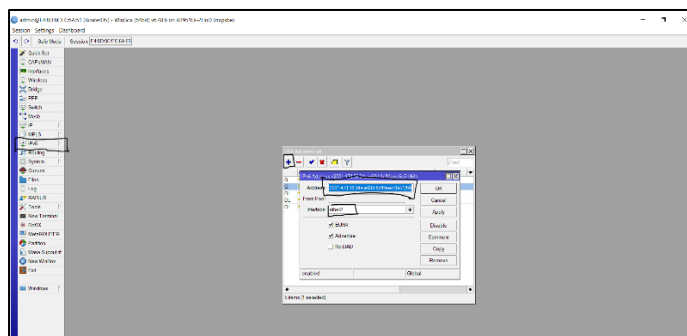
Kemudian pilih interface klik sit1 kemudian ubah local address dengan ip local yang sudah ada.



Gambar 10. Konfigurasi sit1

6.) Konfigurasi IPV6

Kemudian klik ipv6 selanjutnya masukan alamat ipv6 yang udah didapat dari tunnel broker lalu interface nya pilih ether 2.



Gambar 11. Konfigurasi IPV6

C. Rata- Rata Kecepatan dan Jumlah Packet Transmiiit/Kirim Receive/ Terima pada saat proses upload file sebesar D.

Tabel 1 Rata-Rata Kecepatan Transfer saat upload file sebesar 500 MB

KECEPATAN TRANSFER	
TRANSMIT/KIRIM (TX RATE)	RECEIVE/TERIMA (RX RATE)
1643.6 kbps	282.2 kbps
4.0 mbps	190.4 kbps
3.3 mbps	268.2 kbps
3.4 mbps	145.2 kbps
2.4 mbps	103.9 kbps
1765.2 kbps	74.3 kbps
175.9 kbps	8.4 kbps
6.7 kbps	13.0 kbps
2.1 kbps	1536 bps
11.8 kbps	560 bps
RATA-RATA	
1701.07 kbps	1232.8 kbps

Untuk mengestimasi rata-rata tingkat aktivitas pengiriman paket (Tx Packet Rate) dan penerimaan paket (Rx Packet Rate), pengambilan sampel dilakukan pada jalur tunnel di Router 1, dengan mencatat 10 data setiap detik dari proses yang sedang berlangsung, seperti yang terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2 Rata-Rata Jumlah Packet saat upload file sebesar 500 MB

JUMLAH PACKET	
TRANSMIT/KIRIM PACKET (TX PACKET RATE)	RECEIVE/TERIMA PACKET (RX PACKET RATE)
177 p/s	158 p/s
403 p/s	261 p/s
420 p/s	324 p/s
334 p/s	222 p/s
237 p/s	158 p/s
172 p/s	113 p/s
15 p/s	15 p/s
2 p/s	3 p/s
3 p/s	2 p/s
1 p/s	1 p/s
RATA-RATA	
1.764 p/s	1.257 p/s

Berdasarkan data yang tercatat dalam Tabel 1 dan Tabel 2, observasi aktivitas unggah file dengan format installer (.EXE) berukuran 500 MB menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata aktivitas penerimaan (Rx Rate) adalah 1232.8 kbps (kilobit per detik) dengan rata-rata jumlah paket yang diterima (Rx Packet Rate) sebanyak 1.257 paket per detik. Sementara itu, kecepatan rata-rata aktivitas pengiriman (Tx Rate) mencapai 1701.07 kbps dengan rata-rata jumlah paket yang dikirim (Tx Packet Rate) sebanyak 1.764 paket per detik. Ini mengindikasikan bahwa karakteristik lalu lintas dalam aktivitas pengiriman memiliki kecepatan dan jumlah paket yang lebih rendah daripada aktivitas penerimaan. Perbedaan ini disebabkan oleh proses pengamatan, yakni proses unggah file dari PC2 (Client) melalui Filezilla.

E. Rata- Rata Kecepatan dan Jumlah Packet Transmiiit/Kirim Receive/ Terima pada saat proses download file F.

Tabel 3 Rata-Rata Kecepatan Transfer saat download file sebesar 100 MB

KECEPATAN TRANSFER	
TRANSMIT/KIRIM (TX RATE)	RECEIVE/TERIMA (RX RATE)
24.7 kbps	675.4 kbps

4.6 kbps	218.7 kbps
49.0 kbps	706.7 kbps
2.6 kbps	115.3 kbps
6.6 kbps	115.6 kbps
3.4 kbps	72.0 kbps
1584 bps	35.4 kbps
1632 bps	59.6 kbps
3.8 kbps	145.3 kbps
36.0 kbps	935.2 kbps
RATA-RATA	
133.8 kbps	3079.2 kbps

Untuk mengestimasi rata-rata jumlah aktivitas pengiriman paket (Tx Packet Rate) dan penerimaan paket (Rx Packet Rate), observasi dilakukan pada jalur tunnel di Router 1 dengan mencatat 10 sampel data setiap detik dari proses yang sedang berlangsung, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Rata-Rata Jumlah Packet saat download file sebesar 100 MB

JUMLAH PACKET	
TRANSMIT/KIRIM PACKET (TX PACKET RATE)	RECEIVE/TERIMA PACKET (RX PACKET RATE)
38 p/s	66 p/s
7 p/s	22 p/s
76 p/s	109 p/s
4 p/s	11 p/s
7 p/s	13 p/s
5 p/s	8 p/s
2 p/s	4 p/s
3 p/s	6 p/s
6 p/s	14 p/s
55 p/s	91 p/s
RATA-RATA	
203 p/s	344 p/s

Dari data yang disajikan dalam Tabel 3 dan Tabel 4, observasi atas aktivitas pengunduhan file dengan format installer (.EXE) berukuran 100 MB menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata aktivitas pengiriman (Tx Rate) adalah 113.8 kbps (kilobit per detik) dengan rata-rata jumlah paket yang dikirim (Tx Packet Rate) sebanyak 203 paket per detik. Sementara itu, kecepatan rata-rata aktivitas penerimaan (Rx Rate) mencapai 3079.2 kbps dengan rata-rata jumlah paket yang diterima (Rx Packet Rate) sebanyak 344 paket per detik. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik lalu lintas dalam aktivitas penerimaan memiliki kecepatan dan jumlah paket yang lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas pengiriman. Perbedaan ini disebabkan oleh proses observasi yang berfokus pada proses unduhan file oleh PC2 (Client) melalui layanan Filezilla yang tersedia di PC1 (Server).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari proses perancangan, pelaksanaan sistem, dan pengujian keseluruhan perangkat dalam pembuatan Integrasi Jaringan IPv4 dan IPv6 pada Local Area Network dengan Tunnel Broker telah berhasil mendapatkan ipv6 yang berfungsi dan siap digunakan, kemudian melakukan pengujian pengoprasian koneksinya antar perangkat client – server menggunakan program tes Ping hasilnya berhasil.

REFERENSI

Adam, M., & Zurairah, M. (2021). *Perancangan Pengendali Suhu Ruangan Kelas Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.

Ahmad, U. A., Saputra, R. E., & Pangestu, Y. (2021). *Perancangan Infrastruktur Jaringan Komputer Menggunakan Fiber Optic Dengan Metode Network Development Life Cycle (Ndlc) Design Of Computer Network Infrastructure Using Optical Fiber With Network Development Life Cycle (Ndlc) Method*.

Artondo, R. (2018). *Analisa Dan Implementasi IPV 6 Tunnel Broker Untuk Interkoneksi Antara IPV6 Dan IPV4*.

Dasmen, R. N., Dali Purwanto, T., Wahyudi, A., Nabil, M. N., & Dokoety, A. (2022). *Design and Implementation Internet Protocol Version 6 (IPv6) Pada Jaringan Komputer SMP Muhammadiyah 6 Palembang*. 6(1), 1–

6. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/doubleclick>
- Delsi Samsumar, L., Hadi, S., Stmik, D., Ps, M., Stmik, T. K., Sekolah, M., Manajemen, T., Komputer, I., & Mas, J. P. (2018). Pengembangan Jaringan Komputer Nirkabel (Wifi) Menggunakan Mikrotik Router (Studi Kasus Pada Sma PGRI Aikmel). *Jurnal METHODIKA*, 4(1).
- Fiyono, H., Syamsul, L. A., Akbar, I., & Rachman, A. S. (2018). *Monitoring Ping Reply Pada Saat Kegiatan Instalasi Jaringan Antena Menggunakan Sms Gateway Instalation Of Antenna Network Used Ping Reply Monitoring With Sms Gateway*.
- Haryoko, Duhita, W. M. P., Setiaji, B., & Aji, W. (2023). *Integrasi Ipv6 Di Ipv4 Pada Jaringan Lan Menggunakan Metode Tunneling Ipv6ip*.
- Kusuma, G. H. A. (2021). *Perancangan Skema Sistem Keamanan Jaringan Web Server menggunakan Web Application Firewall dan Fortigate untuk Mencegah Kebocoran Data di Masa Pandemi Covid-19*.
- Lukman, & Pratomo, W. A. (2020). *Implementasi Jaringan Ipv6 Pada Infrastruktur Jaringan Ipv4 Dengan Menggunakan Tunnel Broker*.
- Naufal Taufiqul Hakim, Hijroh Tamamil Gina, Apriliano Chandra Diva, Gilang Gemilang, & Didik Aribowo. (2023). Simulasi Jaringan Metro Ethernet Dengan Aplikasi Cisco Packet Tracer Versi 6.2.0. *Jurnal Sains Dan Teknologi (SAINTEK)*.
- Nugroho, K. (2019). Penggunaan Metode SIIT (Stateless IP/ICMP Translation) Dalam Migrasi IPv4 ke IPv6. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 1(01), 23–31. <https://doi.org/10.20895/jtece.v1i01.36>
- Panjaitan, R. (2023). *Jaringan Hotspot Berbasis Mikrotik*.
- Pono, F., Hamzah, S., & Gunawan, E. (2020). Komparasi Unjuk Kerja File Transfer Protokol (FTP) Pada IPv4 Dan IPv6 Di Laboratorium Jaringan Teknik Informatika UMMU. *Jurnal Teknik Informatika (J-Tifa)*, 3(1), 32–40. <https://doi.org/10.52046/j-tifa.v3i1.1109>
- Rizal, C., Supiyandi, S., Zen, M., & Eka, M. (2022). Perancangan Server Kantor Desa Tomuan Holbung Berbasis Client Server. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 3(1), 27–33. <https://doi.org/10.47065/bit.v3i1.255>
- Rizal, R., Ruuhwan, R., & Nugraha, K. A. (2020). Implementasi Keamanan Jaringan Menggunakan Metode Port Blocking dan Port Knocking Pada Mikrotik RB-941. *Jurnal ICT: Information Communication & Technology*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.36054/jict-ikmi.v19i1.119>
- Sanrio, R. E., Trisnawan, P. H., & Bakhtiar, F. A. (2020). *Analisis Perbandingan Kinerja Protokol Routing RIP dan Protokol Routing IS-IS pada IPv4 dan IPv6* (Vol. 4, Issue 1). <http://j-ptiik.ub.ac.id>