

Analisis Perbandingan Performa FHRP Pada Routing EIGRP Menggunakan IPv4 dan IPv6

Sandi Wahyudi¹, Senie Destya^{2*}

sandiwahyudi@students.amikom.ac.id¹, seniedestya@amikom.ac.id²

^{1,2}Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

Informasi Artikel

Diterima : 11 Jul 2024
Direvisi : 8 Agu 2024
Disetujui : 25 Agu 2024

Kata Kunci

FHRP, GLBP, HSRP, IPV4, IPV6

Abstrak

Terbatasnya kapasitas IPv4 yang hanya mendukung sekitar 4,3 miliar alamat unik mendesak pengembangan sistem pengalamatan yang lebih besar. IPv6 dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan ini, menyediakan alamat yang lebih luas serta membawa perbaikan dalam manajemen alamat dan keamanan. Pada jaringan yang andal dan efisien, penting untuk menanggulangi kegagalan dan error yang dapat menurunkan Quality of Service (QoS). QoS memastikan jaringan yang memerlukan keandalan, bandwidth tinggi, atau latensi rendah dapat berfungsi optimal. Salah satu metode untuk mengatasi kegagalan jaringan adalah menggunakan First Hop Redundancy Protocol (FHRP), seperti HSRP (Hot Standby Router Protocol) dan GLBP (Gateway Load Balancing Protocol). Penelitian ini menunjukkan bahwa GLBP pada IPv6 memberikan performa jaringan terbaik dibandingkan protokol lainnya. GLBP pada IPv6 mencapai throughput tertinggi sebesar 93.95130523 Bytes dan delay terendah sebesar 1.000519298 detik dalam kondisi normal. Selain itu, pada kondisi gangguan, GLBP pada IPv6 memiliki downtime terendah sebesar 3.7 detik dan packet loss paling rendah sebesar 0,1%.

Keywords

FHRP, GLBP, HSRP, IPV4, IPV6

Abstract

The limited capacity of IPv4, which only supports about 4.3 billion unique addresses, necessitated the development of a larger addressing system. IPv6 was developed to overcome this limitation, providing a wider range of addresses and improving address management and security. In a reliable and efficient network, mitigating failures and errors that can degrade Quality of Service (QoS) is important. QoS ensures that networks that require reliability, high bandwidth, or low latency can function optimally. One method to overcome network failures is to use First Hop Redundancy Protocol (FHRP), such as HSRP (Hot Standby Router Protocol) and GLBP (Gateway Load Balancing Protocol). This research shows that GLBP on IPv6 provides the best network performance compared to other protocols. GLBP on IPv6 achieves the highest throughput of 93,95130523 Bytes and the lowest delay of 1,000519298 seconds under normal conditions. In addition, under fault conditions, GLBP on IPv6 has the lowest downtime of 3.7 seconds and the lowest packet loss of 0.1%.

A. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan teknologi membuat internet dan permintaan akan jaringan komunikasi yang andal dan efisien meningkat. Namun, seiring dengan meluasnya internet dan semakin banyak perangkat yang terhubung membuat IPv4, versi asli dari Protokol Internet, yang dirancang untuk mendukung maksimal sekitar 4,3 miliar alamat unik kehabisan sumber dayanya. Hal ini membuat kebutuhan akan sistem pengalamatan yang lebih besar dan efisien menjadi semakin dibutuhkan[1].

IPv6 dikembangkan untuk mengatasi masalah kehabisan alamat IP yang dihadapi IPv4. Dengan semakin terbatasnya alamat IPv4 yang tersedia dan kebutuhan akan alamat yang unik untuk setiap perangkat yang terhubung ke internet, IPv6 menawarkan solusi yang jauh lebih luas[2]. IPv6 tidak hanya menyediakan ruang alamat yang cukup untuk masa depan, tetapi juga membawa perbaikan signifikan dalam manajemen alamat, keamanan, dan fitur lainnya[3].

Dalam membangun jaringan yang andal dan efisien, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah bagaimana jaringan tersebut dapat menanggulangi kegagalan dan error. Kegagalan dan error dapat disebabkan oleh kerusakan hardware ataupun link failure. Apabila jaringan tersebut mengalami kegagalan ataupun error maka akan berdampak pada penurunan quality of services (QoS) dari sebuah jaringan[4].

Di dalam jaringan komputer, Quality of Service (QoS) merupakan konsep yang penting. QoS memastikan bahwa jaringan yang memerlukan keandalan, bandwidth yang tinggi, atau latensi yang rendah, dapat berfungsi dengan baik. Dengan memerhatikan QoS, jaringan dapat diatur dan dialokasikan menggunakan sumber daya secara efisien, memprioritaskan lalu lintas yang kritis, dan memastikan ketersediaan layanan yang konsisten[5].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kegagalan ataupun error pada jaringan adalah protokol First Hop Redundancy Protocol (FHRP). FHRP (First Hop Redundancy Protocol) digunakan untuk memastikan ketersediaan jaringan dan kemampuan dalam mengatasi kegagalan pada router. FHRP seperti HSRP (Hot Standby Router Protocol), dan GLBP (Gateway Load Balancing Protocol) digunakan untuk memastikan ketersediaan jaringan dengan cara menggantikan router yang gagal dengan router lain yang siap menggantikan[6], [7], [8], [9].

Hot Standby Router Protocol (HSRP) adalah sebuah protokol yang digunakan untuk memberikan redundansi pada gateway default dalam jaringan komputer. Router aktif akan menangani semua lalu lintas jaringan, sementara router standby akan siap mengambil alih peran aktif jika router aktif mengalami kegagalan. HSRP menawarkan satu IP dan MAC address virtual yang digunakan sebagai default gateway bagi perangkat di jaringan. Router dalam grup HSRP mengirimkan pesan hello secara periodik untuk memastikan bahwa router lainnya masih aktif. Jika router aktif mati atau terputus dari jaringan, router standby dengan prioritas tertinggi akan segera mengambil alih peran aktif untuk mempertahankan kontinuitas layanan[10].

Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) adalah sebuah protokol yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan gateway default dan membagi beban lalu lintas di antara beberapa router dalam jaringan komputer. Dengan

menggunakan GLBP, beberapa router bekerja bersama sebagai sebuah grup yang menampilkan satu IP dan beberapa MAC address virtual sebagai gateway default bagi perangkat di jaringan. Keunikan GLBP adalah kemampuannya untuk mendistribusikan lalu lintas secara merata ke setiap router dalam grup, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya jaringan. Setiap router dalam grup GLBP memiliki peran yang berbeda, yaitu Active Virtual Forwarder (AVF) dan Standby Virtual Forwarder (SVF). Router dengan peran AVF bertanggung jawab untuk menerima dan merespons lalu lintas jaringan, sementara router dengan peran SVF siap mengambil alih jika salah satu AVF mengalami kegagalan. GLBP juga menyediakan fitur load balancing, di mana beberapa AVF dalam grup secara bersamaan menerima lalu lintas. Hal ini memungkinkan GLBP untuk membagi beban lalu lintas secara merata di antara router dalam grup, meningkatkan ketersediaan layanan dan mengurangi kemungkinan terjadinya bottleneck pada jaringan[11].

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) adalah sebuah protokol routing interior yang dikembangkan oleh Cisco Systems. EIGRP menggunakan algoritma Diffusing Update Algorithm (DUAL) untuk menghitung rute terbaik menuju tujuan dan mempertahankan tabel rute yang diperbarui. Keunggulan EIGRP juga terletak pada kemampuannya untuk melakukan load balancing secara dinamis, memanfaatkan beberapa jalur dengan menggunakan metode unequal-cost load balancing. Selain itu, EIGRP mendukung fitur-fitur seperti authentication dan summarization, yang memungkinkan administrator untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi jaringan[12].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Najia Ben Saud dan Mahmud Mansour (2023), dimana penelitian tersebut membahas perbandingan performa FHRP dengan protokol routing OSPF pada IPv4 dan IPv6, mendapatkan hasil dimana GLBP memiliki performa yang lebih baik. Pada penelitian tersebut parameter QoS yang digunakan adalah utilisasi CPU, packet loss, dan waktu konvergensi[13].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh 'Alaika 'Izza Alfa Azkiya' dan Banu Santoso (2023), dimana penelitian tersebut membahas perbandingan QoS antara GLBP dan FHRP dengan protokol routing EIGRP pada IPv6. Pada penelitian tersebut parameter QoS yang digunakan adalah delay, throughput, downtime, dan packet loss. Dari hasil dari penelitian tersebut pada saat keadaan default, HSRP menunjukkan kinerja lebih baik daripada GLBP, dengan throughput lebih tinggi, packet loss yang lebih rendah, dan delay yang lebih rendah. Saat terjadi hardware failure, HSRP tetap unggul dalam throughput, namun memiliki packet loss lebih tinggi, dan delay yang lebih tinggi. Downtime yang dibutuhkan oleh HSRP lebih cepat dibandingkan dengan GLBP[14].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Asyush Agrawal dan Shilpi Sharma (2022), dimana penelitian tersebut membahas tentang perbandingan performa dari HSRP, GLBP, dan VRRP dengan protokol routing IGRP dan EIGRP pada IPv4 menggunakan parameter jitter, downtime, throughput dan packet loss. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil OSPF dengan HSRP memiliki 4,52% QoS yang lebih baik dan BGP dengan GLBP memiliki 5,12% QoS yang lebih baik[15].

Dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan analisis bagaimana perbandingan performa pada FHRP (HSRP, VRRP, GLBP) yang digunakan dengan

routing EIGRP menggunakan IPv4 dan IPv6. Performa dari beberapa metode tersebut nantinya akan dibandingkan berdasarkan parameter QoS. Parameter QoS yang digunakan pada penelitian ini adalah throughput, delay, packet loss, dan downtime.

Throughput mengacu pada jumlah data yang berhasil dikirim atau diterima oleh suatu jaringan dalam periode waktu tertentu. Dengan kata lain, throughput merupakan ukuran seberapa efisien data dapat mengalir melalui jaringan dari satu titik ke titik lainnya[16]. Rumus perhitungan throughput dapat dilihat pada Nomor 1:

$$\text{Throughput} = (\text{Jumlah data dikirim})/(\text{Waktu yang dibutuhkan}) \quad (1)$$

Delay atau sering disebut juga dengan waktu tunda (latency) mengacu pada waktu yang diperlukan untuk data untuk bergerak dari satu titik ke titik lain dalam jaringan. Delay dapat diukur dalam berbagai satuan waktu, seperti mikrodetik (μs), milidetik (ms), atau detik (s)[16]. Rumus perhitungan delay dapat dilihat pada Nomor 2:

$$\text{Delay} = \text{Waktu paket terkirim} - \text{Waktu paket diterima} \quad (2)$$

Packet loss adalah kondisi di mana paket data yang dikirim melalui jaringan tidak sampai ke tujuannya atau hilang di tengah jalan. Ini bisa terjadi karena berbagai alasan, termasuk kegagalan perangkat keras atau perangkat lunak, kelebihan beban (congestion) di jaringan, atau gangguan pada jalur transmisi[16].

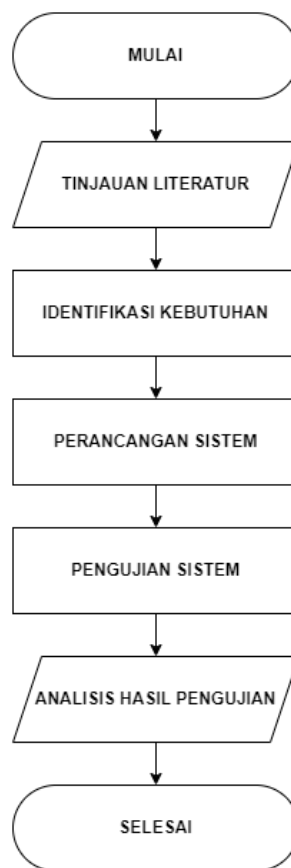
Downtime adalah periode waktu di mana sebuah sistem, layanan, atau aplikasi tidak berfungsi atau tidak tersedia untuk digunakan. Downtime mengacu pada waktu ketika jaringan tidak dapat memberikan layanan yang diharapkan kepada pengguna akhir atau kehilangan kemampuan untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Downtime dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti jaringan yang bermasalah gangguan hardware maupun software[17].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perbandingan QoS antara IPv4 dan IPv6 dalam penggunaan FHRP dengan routing EIGRP, serta untuk mengetahui bagaimana FHRP dapat mempengaruhi kinerja jaringan yang menggunakan IPv4 dan IPv6. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan dan memastikan kinerja jaringan yang optimal dalam penggunaan IPv4 dan IPv6.

B. Metode Penelitian

1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

a. Tinjauan Literatur

Tinjauan literatur dilakukan dengan mempelajari penelitian terdahulu yang relevan dengan tema penelitian, yaitu penelitian yang membahas FHRP.

b. Identifikasi Kebutuhan

Mengidentifikasi kebutuhan sistem yang akan digunakan untuk melakukan penelitian. Kebutuhan sistem meliputi kebutuhan penggunaan hardware dan software.

c. Perancangan Sistem

Melakukan perancangan sistem yang akan digunakan dalam penelitian ini, berupa arsitektur dan skenario penelitian yang akan diujikan.

d. Pengujian Sistem

Melakukan pengujian penelitian pada sistem yang telah dirancang menggunakan simulasi, kemudian mengumpulkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

e. Analisis Hasil Pengujian

Menganalisis hasil pengujian dari penelitian yang telah dilakukan yang nantinya akan diambil kesimpulan dari penelitian.

2. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan sumber data primer dan sekunder:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari analisis hasil pengujian yang telah dilakukan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari tinjauan literatur dan referensi yang digunakan pada penelitian ini.

3. Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem pada penelitian ini berupa hardware dan software yang digunakan untuk menjalankan penelitian. Hardware yang digunakan berupa PC dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1, untuk software yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Hardware

Kategori	Spesifikasi
OS	Windows 11
RAM	16 GB
Processor	Intel Core i5 9300H

Tabel 2. Penggunaan Software

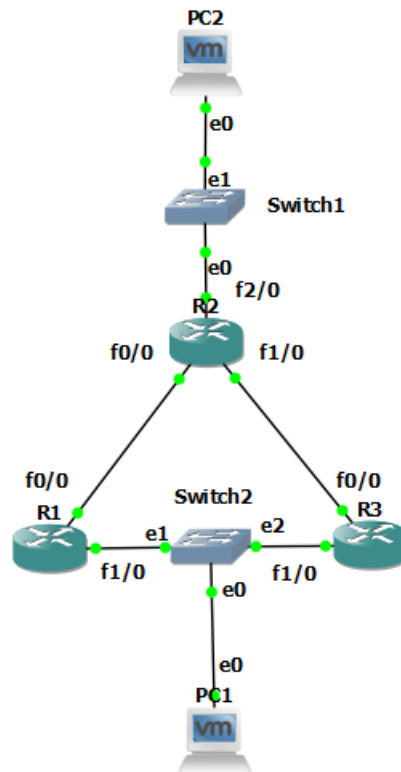
Software	Kegunaan
GNS3	Digunakan untuk membuat simulasi jaringan
Wireshark	Digunakan untuk menganalisis jaringan
VMWare	Digunakan sebagai virtual machine untuk server GNS3 dan untuk membuat virtual PC sebagai client

4. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dilakukan dengan membuat topologi jaringan serta menentukan IP address untuk topologi tersebut. Pada penelitian ini sistem akan dibuat dengan simulasi jaringan menggunakan GNS3.

a. Topologi

Adapun topologi jaringan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Topologi Jaringan

b. IP Address

Adapun IP address yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 untuk IPv4 dan Tabel 4 untuk IPv6.

Tabel 3. Alamat IPv4

Perangkat	Port	Alamat IPv4	Subnet Mask
Router 1	fa0/0	10.10.10.2	255.255.255.0
Router 1	fa1/0	192.168.1.1	255.255.255.0
Router 2	fa0/0	10.10.10.1	255.255.255.0
Router 2	fa1/0	11.11.11.1	255.255.255.0
Router 2	fa2/0	192.168.10.1	255.255.255.0
Router 3	fa0/0	11.11.11.2	255.255.255.0
Router 3	fa1/0	192.168.1.2	255.255.255.0
PC1	fa0	192.168.1.10	255.255.255.0
PC2	fa0	192.168.10.10	255.255.255.0

Tabel 4. Alamat IPv6

Perangkat	Port	Alamat IPv6	Prefix
Router 1	fa0/0	2001:DB8:2::2	64
Router 1	fa1/0	2001:DB8:4::1	64
Router 2	fa0/0	2001:DB8:2::1	64
Router 2	fa1/0	2001:DB8:3::1	64
Router 2	fa2/0	2001:DB8:1::1	64
Router 3	fa0/0	2001:DB8:3::2	64

Router 3	fa1/0	2001:DB8:4::2	64
PC1	fa0	2001:DB8:4::5	64
PC2	fa0	2001:DB8:1::2	64

5. Skenario Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini akan dilakukan sebanyak 8 kali. Pada pengujian pertama dan kedua akan dilakukan uji performa dari HSRP pada keadaan normal menggunakan IPv4 dan IPv6. Pada pengujian ketiga dan keempat akan dilakukan uji performa GLBP pada keadaan normal menggunakan IPv4 dan IPv6. Pada pengujian kelima dan keenam akan dilakukan uji performa dari HSRP pada keadaan hardware failure menggunakan IPv4 dan IPv6. Pada pengujian ketujuh dan kedelapan akan dilakukan uji performa dari GLBP pada keadaan hardware failure menggunakan IPv4 dan IPv6. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengiriman paket ICMP sebanyak sebanyak 1000 dari PC client ke PC server. Hasil dari kedelapan pengujian tersebut nantinya akan dianalisis menggunakan wireshark untuk mencari tahu perbandingan performa dari dua metode FHRP tersebut pada IPv4 dan IPv6.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan melakukan pengetesan pada delapan kali skenario dengan hasil sebagai berikut:

- a. Skenario 1 (HSRP pada IPv4 dalam keadaan normal)
Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan HSRP pada IPv4 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 73.90304807 Bytes, delay sebesar 1.001312899 second, packet loss sebesar 0%.
- b. Skenario 2 (HSRP pada IPv6 dalam keadaan normal)
Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan HSRP pada IPv6 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 93.88538228 Bytes, delay sebesar 1.001221336 second, packet loss sebesar 0%.
- c. Skenario 3 (GLBP pada IPv4 dalam keadaan normal)
Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan GLBP pada IPv4 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 73.92482429 Bytes, delay sebesar 1.001017437 second, packet loss sebesar 0%.
- d. Skenario 4 (GLBP pada IPv6 dalam keadaan normal)
Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan GLBP pada IPv6 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 93.95130523 Bytes, delay sebesar 1.000519298 second, packet loss sebesar 0%.
- e. Skenario 5 (HSRP pada IPv4 dalam keadaan failure)
Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan HSRP pada IPv4 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 72.9559016 Bytes, delay sebesar 1.009746924 second, downtime sebesar 14,7 second, packet loss sebesar 0,3%.
- f. Skenario 6 (HSRP pada IPv6 dalam keadaan failure)

Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan HSRP pada IPv4 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 93.11917777 Bytes, delay sebesar 1.007440669 second, downtime sebesar 8.31 second, packet loss sebesar 0,2%.

g. Skenario 7 (GLBP pada IPv4 dalam keadaan failure)

Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan GLBP pada IPv4 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 72.83489208 Bytes, delay sebesar 1.01294956 second, downtime sebesar 14.78 second, packet loss sebesar 0,3%.

h. Skenario 8 (GLBP pada IPv6 dalam keadaan failure)

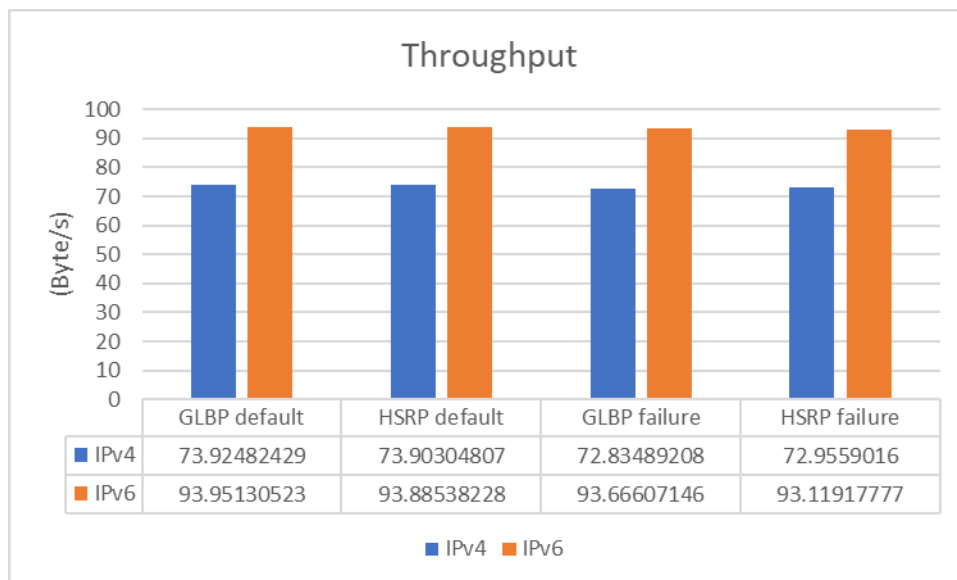
Pada skenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan GLBP pada IPv6 dalam keadaan normal, didapatkan hasil throughput sebesar 93.66607146 Bytes, delay sebesar 1.005571141 second, downtime sebesar 3.7 second, packet loss sebesar 0,1%.

2. Analisis Hasil Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan data setiap parameter yang selanjutnya akan dianalisis.

a. Analisis Parameter Throughput

Parameter throughput dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.



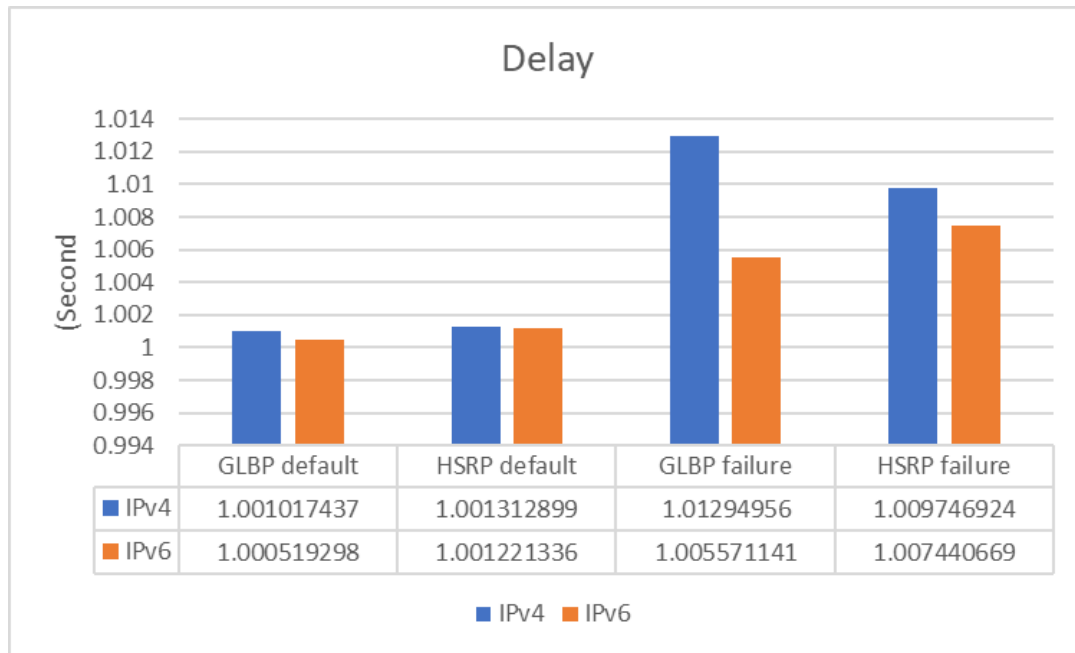
Gambar 3. Hasil Parameter Throughput

Hasil pengujian throughput menunjukkan bahwa pada kondisi normal, penggunaan GLBP pada IPv6 memberikan throughput tertinggi dengan nilai 93.95130523 Bytes, sedikit lebih baik dibandingkan dengan HSRP pada IPv6 yang memiliki nilai throughput sebesar 93.88538228 Bytes. Pada IPv4, perbandingan throughput antara GLBP dan HSRP menunjukkan hasil yang hampir seimbang, dengan GLBP menghasilkan throughput sebesar 73.92482429 Bytes, sedikit lebih tinggi dibandingkan HSRP yang menghasilkan 73.90304807 Bytes.

Namun, ketika terjadi gangguan, nilai throughput mengalami penurunan pada kedua protokol baik pada IPv4 maupun IPv6.

b. Analisis Parameter Delay

Parameter delay dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.

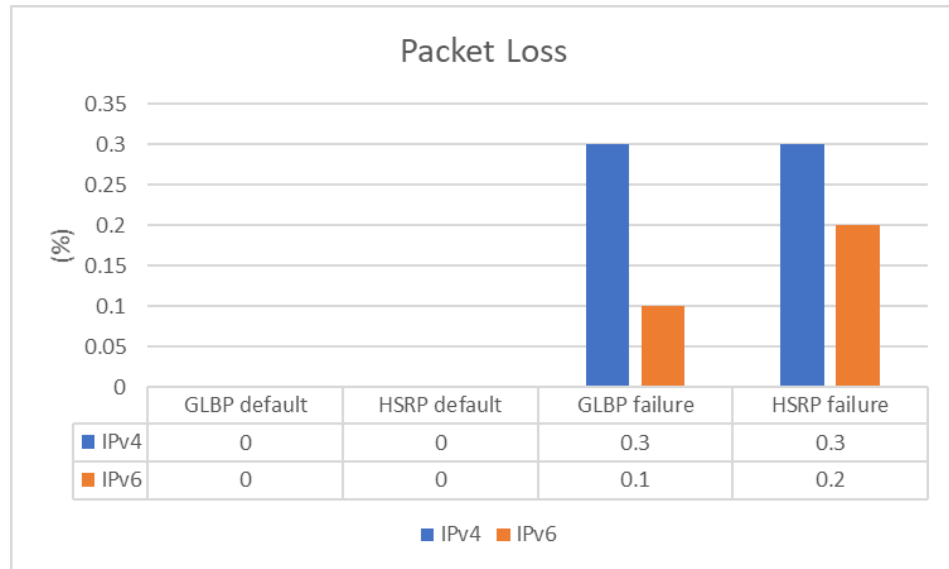


Gambar 4. Hasil Parameter Delay

Pengujian delay menunjukkan bahwa GLBP pada IPv6 memiliki performa terbaik dengan delay terkecil sebesar 1.000519298 detik pada kondisi normal. HSRP pada IPv6 juga menunjukkan performa yang baik dengan delay sebesar 1.001221336 detik. Pada IPv4, GLBP memiliki delay sebesar 1.001017437 detik yang lebih baik sedikit dibandingkan dengan HSRP yang memiliki delay sebesar 1.001312899 detik. Saat kondisi tidak normal, delay untuk semua skenario meningkat namun tidak secara signifikan, dengan nilai delay tertinggi terlihat pada GLBP dengan IPv4 sebesar 1.01294956 detik.

c. Analisis Parameter Packet Loss

Parameter throughput dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.

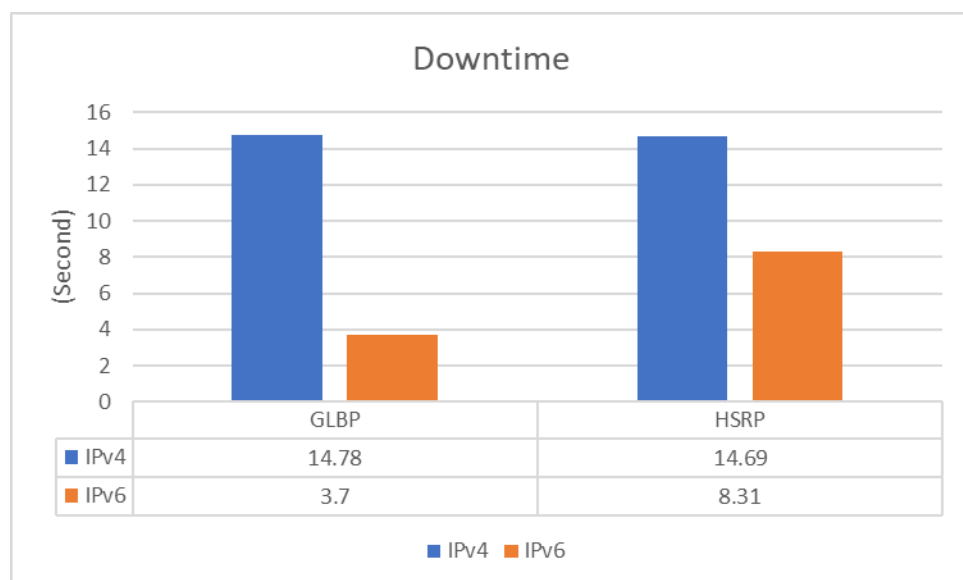


Gambar 5. Hasil Parameter Packet Loss

Analisis packet loss menunjukkan bahwa pada kondisi normal, semua protokol baik HSRP maupun GLBP pada IPv4 dan IPv6 tidak mengalami kehilangan paket (0%). Namun, saat terjadi gangguan, terdapat packet loss pada semua skenario, meskipun tetap rendah. HSRP pada IPv4 dan GLBP pada IPv4 menunjukkan packet loss sebesar 0,3%, sedangkan HSRP pada IPv6 dan GLBP pada IPv6 menunjukkan packet loss yang lebih rendah masing-masing sebesar 0,2% dan 0,1%. Hal ini menunjukkan bahwa IPv6 memiliki sedikit keunggulan dalam mengurangi kehilangan paket dibandingkan IPv4.

d. Analisis Parameter Downtime

Parameter downtime dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Parameter Downtime

Pengujian downtime memperlihatkan bahwa GLBP pada IPv6 memiliki downtime terendah sebesar 3.7 detik dalam kondisi tidak normal, menunjukkan keunggulan dalam menjaga ketersediaan jaringan. Sebaliknya, HSRP pada IPv4 mengalami downtime tertinggi sebesar 14.7 detik, diikuti oleh GLBP pada IPv4 dengan downtime sebesar 14.78 detik. HSRP pada IPv6 memiliki downtime yang lebih rendah dibandingkan dengan HSRP pada IPv4, yaitu sebesar 8.31 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa protokol pada IPv6 lebih baik dalam menangani gangguan jaringan dibandingkan dengan IPv4, dengan GLBP pada IPv6 sebagai yang paling handal.

D. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan GLBP pada IPv6 memberikan performa jaringan terbaik dibandingkan dengan protokol lainnya. Dalam kondisi normal, GLBP pada IPv6 mencapai throughput tertinggi sebesar 93.95130523 Bytes dan delay terendah sebesar 1.000519298 detik. Selain itu, pada kondisi gangguan, GLBP pada IPv6 memiliki downtime terendah sebesar 3.7 detik dan packet loss paling rendah sebesar 0,1%. Sementara itu, HSRP pada IPv6 juga menunjukkan performa yang baik dengan throughput sebesar 93.88538228 Bytes dan delay sebesar 1.001221336 detik dalam kondisi normal, serta downtime sebesar 8.31 detik dan packet loss sebesar 0,2% saat gangguan. GLBP dan HSRP pada IPv4 memiliki performa yang lebih rendah, dengan GLBP pada IPv4 mencapai throughput sebesar 73.92482429 Bytes dan delay sebesar 1.001017437 detik dalam kondisi normal, serta downtime sebesar 14.78 detik dan packet loss sebesar 0,3% saat gangguan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa GLBP pada IPv6 merupakan pilihan terbaik untuk menjaga kinerja dan keandalan jaringan.

E. Referensi

- [1] R. K. Cv and H. Goyal, "IPv4 to IPv6 Migration and Performance Analysis using GNS3 and Wireshark," *Proc. - Int. Conf. Vis. Towar. Emerg. Trends Commun. Networking, ViTECoN 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ViTECoN.2019.8899746.
- [2] Firmansyah, M. Wahyudi, R. Adi Purnama, and L. Pujiastuti, "Performance Analysis of Routing Enhanced Interior Gateway Routing Protocol Load Balancing for IPv6," *Proc. 2019 4th Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2019*, vol. 6, no. 4, pp. 4–9, 2019, doi: 10.1109/ICIC47613.2019.8985775.
- [3] M. M. Hasan Sabbir, M. T. Islam, S. Z. Rashid, A. Gafur, and M. H. Kabir, "An Approach to Performance and Qualitative Analysis of Routing Protocols on IPv6," *2nd Int. Conf. Electr. Comput. Commun. Eng. ECCE 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ECACE.2019.8679109.
- [4] S. U. Masruroh, M. F. Furtami, A. Fiade, A. T. Muharram, H. B. Suseno, and S. Aripriyanto, "Performance Evaluation of Routing Protocol RIPng And OSPFv3 On IPv6 Using FHRP Protocol," *2022 10th Int. Conf. Cyber IT Serv. Manag. CITSM 2022*, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1109/CITSM56380.2022.9935989.
- [5] S. Dewi and R. Adi Purnama, "Quality of Service Gateway Load Balancing

- Protocol Message Digest Algorithm 5 Authentication untuk Peningkatan Kualitas Jaringan,” *J. Tek. Inform. Stmik Antar Bangsa*, vol. 5, no. 1, pp. 45–50, 2019.
- [6] M. Mansour, M. Agomati, M. Alsaid, M. Berrish, and R. Alasem, “Performance Analysis and Functionality Comparison of First Hop Redundancy Protocol IPV6,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 210, no. C, pp. 19–27, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.10.115.
 - [7] U. Anwar, J. Teng, H. A. Umair, and A. Sikander, “Performance analysis and functionality comparison of FHRP protocols,” *2019 IEEE 11th Int. Conf. Commun. Softw. Networks, ICCSN 2019*, pp. 111–115, 2019, doi: 10.1109/ICCSN.2019.8905333.
 - [8] I. G. M. S. B. Pracasitaram, N. P. Sastra, and N. D. Wirastuti, “Performansi Jaringan TCP/IP Menggunakan Metode VRRP, HSRP, dan GLBP,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 1, p. 77, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i01.p11.
 - [9] I. Amal, A. Fiade, H. Nanang, and Arini, “Performance Measurement of First Hop Redundancy Protocol with Etherchannel for File Transfer Services,” *2022 10th Int. Conf. Cyber IT Serv. Manag. CITSM 2022*, pp. 1–7, 2022, doi: 10.1109/CITSM56380.2022.9935955.
 - [10] A. Agarwal, S. Sharma, and E. T. Xavier, *Performance Evaluation of HSRP and GLBP Over OSPF and RIP Routing Protocols*, vol. 1027 LNEE. Springer Nature Singapore, 2023. doi: 10.1007/978-981-99-1312-1_14.
 - [11] F. Shahriar and J. Fan, “Performance Analysis of FHRP in a VLAN Network with STP,” *2020 IEEE 3rd Int. Conf. Electron. Technol. ICET 2020*, pp. 814–818, 2020, doi: 10.1109/ICET49382.2020.9119624.
 - [12] U. T. Pamungkas, “Analisis Kinerja VRRP HSRP DAN GLBP DENGAN ROUTING PROTOCOL EIGRP,” 2019. [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/47617>
 - [13] N. Ben Saud and M. Mansour, “Performance Evaluation of First Hop Redundancy Protocols in IPv4 and IPv6 Networks,” *Proceeding - 2023 IEEE 3rd Int. Maghreb Meet. Conf. Sci. Tech. Autom. Control Comput. Eng. MI-STA 2023*, no. May, pp. 440–445, 2023, doi: 10.1109/MI-STA57575.2023.10169462.
 - [14] 'Alaika “izza alfa azkiya” and Banu Santoso, “Analisis Perbandingan QoS Antara HSRP dengan GLBP pada Routing EIGRP Menggunakan IPv6,” *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 13, no. 1, Feb. 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i1.3572.
 - [15] A. Agarwal and S. Sharma, “Performance Evaluation Of Hsrp, Glbp And Vrrp With Interior Gateway Routing Protocol And Exterior Gateway Routing Protocol,” *Proc. Conflu. 2022 - 12th Int. Conf. Cloud Comput. Data Sci. Eng.*, pp. 153–158, 2022, doi: 10.1109/Confluence52989.2022.9734227.
 - [16] P. PRAMAWAHYUDI, R. SYAHPUTRA, and A. RIDWAN, “Evaluasi Kinerja First Hop Redundancy Protocols untuk Topologi Star di Routing EIGRP,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 3, p. 627, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i3.627.
 - [17] M. Claudia and M. Rifqi, “Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP)

Pada Router Spoke DMVPN," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 5, no. 2, p. 504, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i2.2846.