

Analisis Perbandingan Routing Loops Antara OSPF Dan EIGRP Menggunakan Spanning Tree Protocol

Febri Wijayanto¹, Banu Santoso^{2*}

febriwijayanto@students.amikom.ac.id¹, banu@amikom.ac.id^{2*}

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

Informasi Artikel

Diterima : 22 Jul 2024
Direvisi : 26 Agu 2024
Disetujui : (kosongkan)

Kata Kunci

OSPF, EIGRP, STP, QoS, IPV6

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas layanan (QoS) pada routing loops antara Open Shortest Path First (OSPF) dan Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) menggunakan Spanning Tree Protocol (STP) untuk mencegah loop dalam topologi jaringan. OSPF adalah protokol routing dinamis dengan algoritma link-state, sedangkan EIGRP adalah protokol hybrid yang menggabungkan algoritma link-state dan distance vector. Masalah utama pada protokol routing adalah routing loop, yang dapat menyebabkan kemacetan jaringan dan gangguan komunikasi. Penelitian ini menguji empat skenario routing pada IPv6. Hasilnya menunjukkan bahwa EIGRP tanpa STP memiliki throughput 93.973 Bytes dengan delay 0.147ms, sedangkan OSPF tanpa STP memiliki throughput 94.056 Bytes dengan delay 0.180ms. EIGRP dengan STP menghasilkan throughput 93.922 Bytes dengan delay 0.150ms, dan OSPF dengan STP menghasilkan throughput 94.056 Bytes. STP tidak meningkatkan throughput secara signifikan tetapi memperbaiki delay pada OSPF. Tidak ada paket yang hilang dalam semua skenario. Jitter terendah dimiliki oleh OSPF tanpa STP sebesar 0.011ms, sedangkan jitter tertinggi pada EIGRP dengan STP sebesar 0.0124ms. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan protokol routing dan penerapan STP memengaruhi kinerja jaringan IPv6 tergantung pada prioritas throughput atau delay.

Keywords

OSPF, EIGRP, STP, QoS, IPV6

Abstract

This study analyzes the quality of service (QoS) in routing loops between Open Shortest Path First (OSPF) and Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) using Spanning Tree Protocol (STP) to prevent loops in network topology. OSPF uses a link-state algorithm, while EIGRP combines link-state and distance vector algorithms. Routing loops can cause network congestion and communication disruptions. Four routing scenarios on IPv6 were tested. Results show that EIGRP without STP yields a throughput of 93.973 Bytes with a delay of 0.147ms, while OSPF without STP yields 94.056 Bytes with a delay of 0.180ms. EIGRP with STP produces a throughput of 93.922 Bytes with a delay of 0.150ms, and OSPF with STP produces 94.056 Bytes. STP implementation improves OSPF delay but does not significantly affect throughput. No packet loss occurred in all scenarios. OSPF without STP had the lowest jitter at 0.011ms, and EIGRP with STP had the highest at 0.0124ms. This study shows that the choice of routing protocol and STP implementation affects IPv6 network performance, depending on throughput or delay priorities.

A. Pendahuluan

Jaringan komputer terdiri dari beberapa komputer, atau sejumlah komputer dan perangkat lain yang dihubungkan satu sama lain melalui tautan dan pertukaran sumber daya dan data (mengirim dan menerima)[1]. Kebutuhan informasi pada switch dapat diperoleh melalui pertukaran directing convention antara satu switch dengan switch lainnya. Directing convention merupakan suatu aturan yang mempertukarkan informasi steering. Para teknisi jaringan komputer mulai menerapkan steering convention OSPF dan EIGRP. Penerapan directing convention OSPF dan EIGRP menggunakan IPV4, namun seiring dengan perkembangannya OSPF dan EIGRP juga sudah dapat menggunakan IPV6 [2][3].

Routing OSPF adalah protokol routing dinamis yang menggunakan algoritma link-state untuk menemukan jalur terpendek antara dua titik[4]. Routing EIGRP adalah protokol routing hybrid yang menggabungkan algoritma link-state dan distance vector. Kedua protokol ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing[5].

Salah satu masalah yang dapat terjadi dengan protokol routing adalah routing loop. Routing loop terjadi ketika paket data melakukan loop antar router tanpa pernah mencapai tujuannya. Hal ini dapat menyebabkan kemacetan jaringan dan gangguan komunikasi. Salah satu cara untuk mengatasi routing loop adalah Spanning Tree Protocol (STP). Ini adalah layanan yang memungkinkan koneksi berlebih pada switch LAN dan jembatan LAN dengan menyediakan mekanisme untuk mencegah loop yang tidak perlu dalam jaringan yang terjadi pada bridge[6]. STP bekerja dengan cara membangun pohon spanning dalam jaringan, yang memungkinkan hanya satu jalur aktif antara dua titik[7]. Spanning Tree protocol atau yang sering disingkat dengan STP adalah metode pada jaringan yang menjamin tidak adanya loop dalam jaringan. Dengan model jaringan OSI untuk jaringan komputer, STP ada dilayer 2 OSI[8].

Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah membahas tentang routing loops tetapi pada beberapa penelitian sebelumnya hanya menggunakan satu metode routing, namun pada penelitian ini digunakan dua metode routing dinamis yakni OSPF dan juga EIGRP yang dimana nantinya akan menggunakan teknik Spanning Tree untuk mencegah terjadinya loops.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah Menganalisis Qos Routing Loops antara Open Short Path First (OSPF) dan Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) menggunakan metode Spanning Tree Protocol (STP) untuk mencegah terjadinya perulangan (loop) dalam topologi jaringan.

Penelitian akan menganalisis dua protokol routing dinamis, yaitu OSPF (Open Shortest Path First) dan EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), dengan menggunakan Spanning Tree Protocol (STP) sebagai metode pencegahan routing loop. Protokol routing lain serta metode pencegahan routing loop yang berbeda tidak akan dibahas. Penelitian ini juga terbatas pada penggunaan IPv6 dalam penerapan routing OSPF dan EIGRP, serta fokus pada evaluasi Quality of Service (QoS) yang meliputi throughput, delay, packet loss dan jitter.

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[9].

OSPF adalah untuk menemukan jalan terpendek dalam suatu jalur jaringan ke tujuan dengan menggunakan metrik minimum seperti biaya. Jika terdapat beberapa rute ke suatu jaringan dengan tipe rute yang sama, metrik OSPF dihitung sebagai bandwidth berdasarkan biaya yang digunakan untuk memilih jalur terbaik dengan nilai biaya terendah, lalu lintas tersebut akan melakukan penyeimbangan beban karena dapat mendukung biaya yang sama antar jaringan. Open Short Path First (OSPF) menggunakan biaya dan bandwidth sebagai metrik yang digunakan dalam jaringan untuk melihat jalur rute dalam kecepatan cepat, throughput terbaik, jitter lebih sedikit, dan kehilangan paket untuk mengumpulkan informasi dalam topologi jaringan[4].

EIGRP atau Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, merupakan salah satu protokol routing interior yang sering digunakan dalam konteks jaringan komputer berbasis IP. Protokol ini telah dikembangkan oleh Cisco Systems dan memiliki karakteristik unik yang mencakup unsur dari protokol vektor jarak (distance vector) sambil juga mengintegrasikan elemen-elemen protokol routing berbasis jalur (link-state). Kombinasi ini memungkinkan EIGRP untuk mencapai konvergensi yang cepat dalam jaringan, sambil tetap efisien dalam penggunaan kapasitas jaringan[10].

Spanning Tree Protocol adalah protokol terdistribusi yang menciptakan pohon rentang logis melalui jaringan switch lapisan 2 yang menyatu. Pohon rentang seperti itu diperoleh dengan memilih saklar akar dan memblokir beberapa port keluaran dari saklar lainnya: port yang diblokir tidak meneruskan frame data, sehingga menghindari badai siaran. Untuk menyetujui node root dan port mana yang harus diblokir, switch bertukar paket kontrol yang dikenal sebagai BPDU (Bridge Protocol Data Unit)[11].

Beberapa penelitian sebelumnya yang menjadi acuan dalam pembentukan penelitian, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Rachmat Aulia dkk yang berjudul "Analisis Routing Loop dalam Open Shortest Path First (OSPF) Routing Menggunakan Teknik Spanning Tree di Jaringan Multi Area". Penelitian tersebut menerapkan protokol jaringan OSPF yang dapat melakukan komunikasi dan pertukaran data antar jaringan dengan koneksi yang telah terhubung atau terbangun. Teknik spanning tree digunakan untuk menghindari looping atau tabrakan antar data dengan membuat jalur cadangan jika salah satu jalur gagal atau terputus, sehingga konektivitas yang terbangun tidak memerlukan waktu yang lama (delayed) dan proses komunikasi berlangsung lancar[7].

Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Roi Humisar Sianturi dkk yang berjudul "Application of OSPF Network in Spanning Tree Protocol Method to Prevent Looping Routing". Pada penelitian ini diimplementasikan protokol jaringan OSPF yang mampu berkomunikasi antar jaringan. Protokol jaringan OSPF untuk berkomunikasi dengan klien dengan melakukan perintah ping (paket internetgopher). Metode protokol spanning tree pada penelitian yang diterapkan mampu mencegah perulangan antar jaringan sehingga sangat berguna pada jaringan[12].

Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah dkk yang berjudul "Analisis Performa Redundancy Link Menggunakan Metode Spanning

Tree Protocol Dan Per VLAN Spanning Tree". Pada penelitian ini menjelaskan tentang metode PVST memerlukan lebih banyak upaya konfigurasi dan pengelolaan karena kebutuhan untuk mengonfigurasi Metode STP untuk setiap VLAN. Di sisi lain, Metode STP lebih mudah dikonfigurasi dan dikelola, tetapi dapat mengakibatkan waktu konvergensi yang lebih lambat dan penyeimbangan muatan traffic yang tidak merata[13].

Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Moh.Subli dkk yang berjudul "Penerapan Spanning Tree Protocol Untuk Mencegah Terjadinya Looping Pada Frame Ethernet". Pada penelitian ini membahas tentang cara kerja Spanning Tree Protocol yang menggunakan algoritma spanning tree dimana secara otomatis menemukan topologi jaringan dan membentuk suatu jaringan tunggal yang optimal melalui suatu bridge jaringan dengan menugasi fungsi-fungsi yang ada pada setiap bridge. STP Menghentikan terjadinya loop-loop network pada network layer 2 (bridge atau switch). STP secara terus menerus memonitor network untuk menemukan semua link, memastikan bahwa tidak ada loop yang terjadi dengan cara mematikan semua link yang redundan. STP menggunakan algoritma yang disebut Spanning Tree Algorithm (STA) untuk menciptakan sebuah topologi database, kemudian mencari dan menghancurkan link-link redundan. Dengan menjalankan STP, frame-frame hanya akan diteruskan pada link-link utama yang dipilih oleh STP[6].

Dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan analisis bagaimana perbandingan routing loops pada routing OSPF dan EIGRP menggunakan metode STP pada IPv6. Performa dari beberapa metode tersebut nantinya akan dibandingkan berdasarkan parameter QoS. Parameter QoS yang digunakan pada penelitian ini adalah throughput, delay.

Throughput adalah ukuran seberapa banyak data yang dapat ditransfer melalui suatu jaringan, saluran, atau koneksi dalam suatu periode waktu tertentu. Dalam konteks jaringan komputer, throughput mengukur sejauh mana kapasitas koneksi jaringan digunakan atau seberapa cepat data dapat mengalir melalui jaringan tersebut[9]. Rumus dari 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)[9]. 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[9].

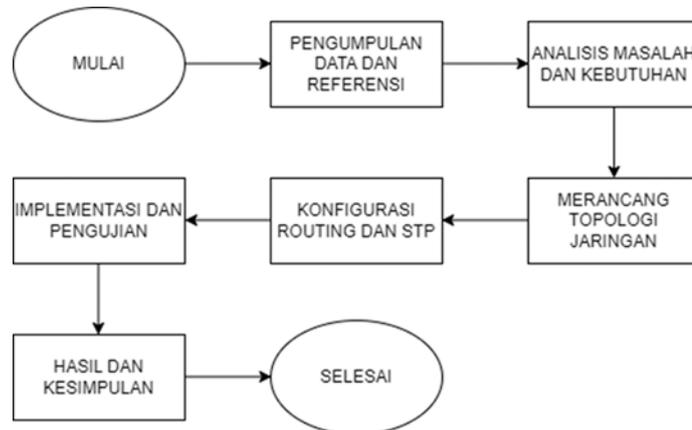
Jitter disebabkan oleh variasi panjang antrian, pada saat pemrosesan data, dan juga pada saat menyusun kembali paket-paket di akhir perjalanan jitter[14].

$$\text{Jitter} = \text{Total Variasi Delay} / \text{Total paket yang diterima} - 1 \quad (3)$$

A. Metode Penelitian

1. Tahapan Penelitian

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



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a. Pengumpulan data dan Referensi

Pengumpulan data dan referensi dilakukan dengan mempelajari penelitian terdahulu yang relevan dengan tema penelitian, yaitu penelitian yang membahas tentang STP.

b. Analisis Masalah dan Kebutuhan

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

c. Merancang Topologi Jaringan

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

d. Konfigurasi Routing dan STP

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

e. Implementasi dan Pengujian

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

f. Hasil dan Simpulan

Menuliskan hasil data yang telah diketahui dari pengujian konfigurasi.

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 diiperoleh 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. Penggunaan Hardware

Kategori	Spesifikasi
OS	Windows 10
RAM	16 GB
Processor	Intel i3 gen 5

Tabel 2. Penggunaan Software

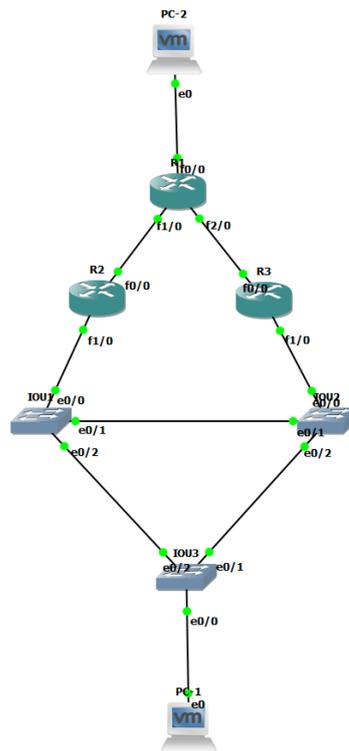
Kategori	Spesifikasi
GNS3	Digunakan untuk membuat simulasi jaringan
Wireshark	Digunakan untuk menganalisis jaringan
VMWare	Digunakan sebagai virtual machine untuk server GNS3 dan untuk membuat virtual PC sebagai client

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 IPv6.

Tabel 4. Alamat IPv6

Perangkat	Port	Alamat IPv6	Prefix
Router 1	fa0/0	2001:DB8:1::1	64
Router 1	fa1/0	2001:DB8:2::1	64
Router 1	fa2/0	2001:DB8:3::1	64
Router 2	fa0/0	2001:DB8:2::2	64
Router 2	fa1/0	2001:DB8:4::1	64
Router 3	fa0/0	2001:DB8:3::2	64
Router 3	fa1/0	2001:DB8:4::2	64
PC1	e0	2001:DB8:4::10	64
PC2	e0	2001:DB8:1::10	64

5. Skenario Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini akan dilakukan sebanyak 4 kali. Pada pengujian pertama akan dilakukan uji performa dari EIGRP tanpa menggunakan metode STP pada IPv6. Pada pengujian kedua akan dilakukan uji performa dari OSPF tanpa menggunakan metode STP pada IPv6. Pada pengujian ketiga akan dilakukan uji performa dari EIGRP dengan menggunakan metode STP pada IPv6. Pada pengujian keempat akan dilakukan uji performa dari OSPF dengan menggunakan metode STP pada IPv6. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengiriman paket ICMP sebanyak sebanyak 1000 dari PC client ke PC server. Hasil dari keempat pengujian tersebut nantinya akan dianalisis menggunakan wireshark untuk

mencari tahu perbandingan performa dari dua metode routing tersebut pada saat menggunakan metode STP maupun tidak menggunakan metode STP pada IPv6.

B. Hasil dan Pembahasan

1. Pengujian Sistem

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

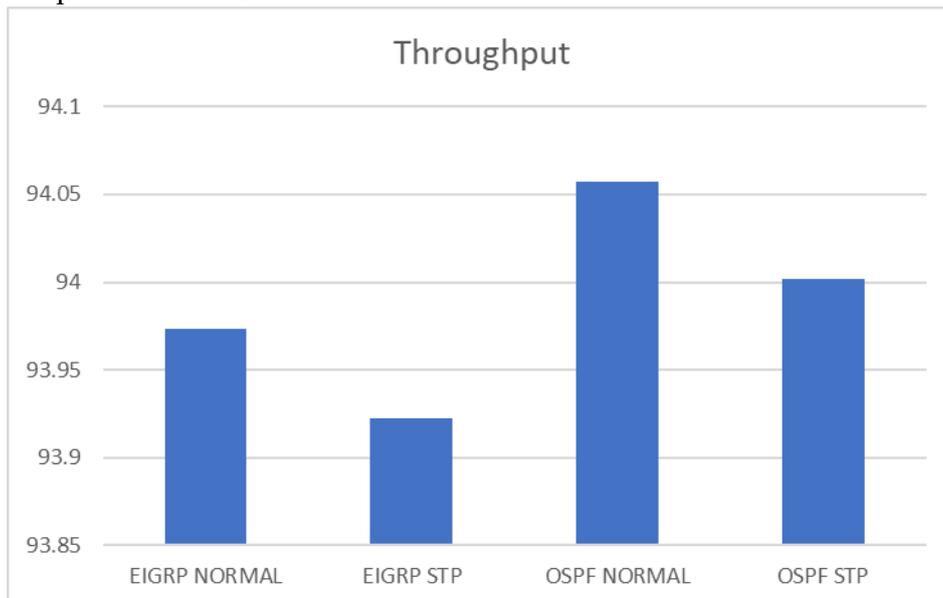
- a. Skenario 1 (EIGRP tanpa menggunakan metode STP pada IPv6)
Pada sekenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan EIGRP pada IPv6 tanpa menggunakan metode STP, didapatkan hasil throughput sebesar 93.973 Bytes, delay sebesar 0.147 second.
- b. Skenario 2 (OSPF tanpa menggunakan metode STP pada IPv6)
Pada sekenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan OSPF pada IPv6 tanpa menggunakan metode STP, didapatkan hasil throughput sebesar 94.056 Bytes, delay sebesar 0.180 second.
- c. Skenario 3 (EIGRP dengan menggunakan metode STP pada IPv6)
Pada sekenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan EIGRP pada IPv6 dengan menggunakan metode STP, didapatkan hasil throughput sebesar 93.922 Bytes, delay sebesar 0.150 second.
- d. Skenario 4 (OSPF dengan menggunakan metode STP pada IPv6)
Pada sekenario pertama dimana pengujian dilakukan menggunakan OSPF pada IPv6 dengan menggunakan metode STP, didapatkan hasil throughput sebesar 94.001 Bytes, delay sebesar 0.148 second.

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.

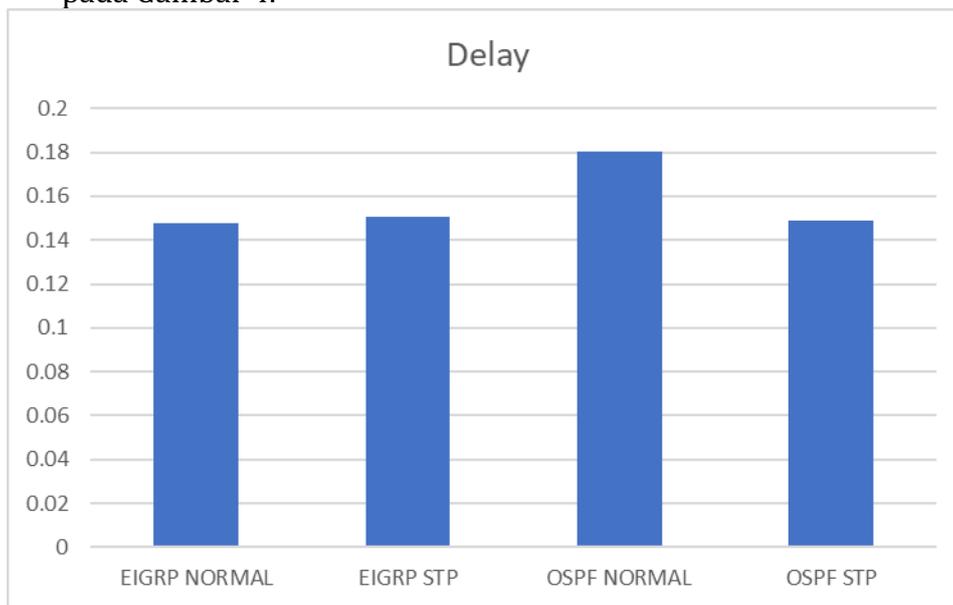


Gambar 3. Hasil Parameter Throughput

Hasil pengujian throughput menunjukkan bahwa pada OSPF normal tanpa menggunakan STP memberikan throughput tertinggi dengan nilai 94.056 Bytes, lebih baik dibandingkan dengan EIGRP normal tanpa menggunakan STP dengan nilai 93.973 Bytes. Kemudian pada pengujian menggunakan metode STP menunjukkan bahwa pada OSPF yang menggunakan metode STP memberikan throughput tertinggi dengan nilai 94.001 Bytes, lebih baik dibandingkan dengan EIGRP yang menggunakan metode STP dengan nilai 93.922 Bytes.

b. Analisis Parameter Delay

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



Gambar 4. Hasil Parameter Delay

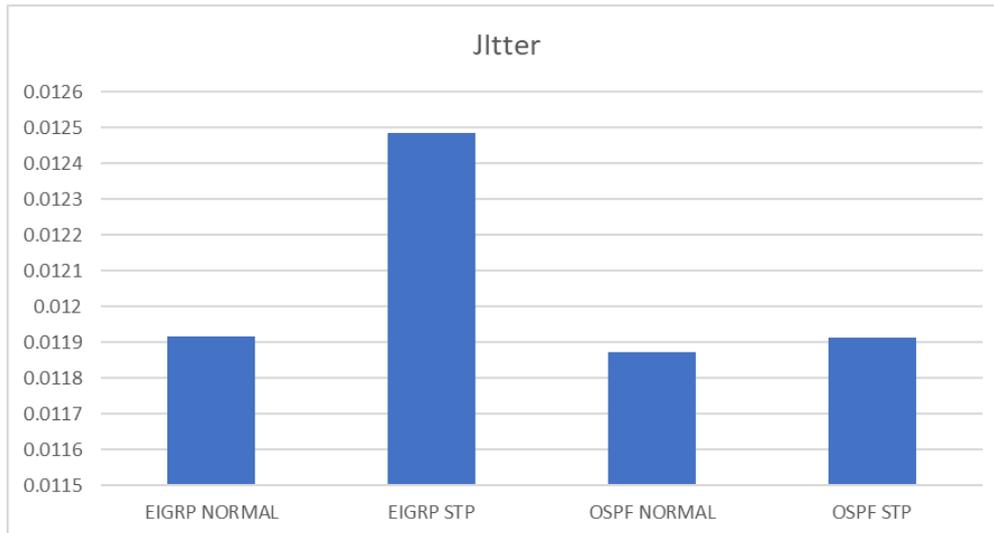
Pengujian delay menunjukkan bahwa EIGRP normal tanpa menggunakan metode STP yang memiliki performa terbaik dengan delay terkecil sebesar 0.147ms. Adapun untuk delay tertinggi didapati oleh OSPF normal dengan nilai sebesar 0.180ms.

c. Analisis Parameter Packet Loss

Hasil pengujian packet loss menunjukkan bahwa pada keempat pengujian yaitu EIGRP tanpa menggunakan metode STP pada IPv6, OSPF tanpa menggunakan metode STP pada IPv6, EIGRP dengan menggunakan metode STP pada IPv6, OSPF dengan menggunakan metode STP pada IPv6 dengan cara 1000 kali ping menunjukkan bahwa hasil 0 packet loss atau paket berhasil terkirim semua tanpa ada masalah.

d. Analisis Parameter Jitter

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



Gambar 5. Hasil Parameter Jitter

Pengujian jitter menunjukkan bahwa OSPF normal tanpa menggunakan metode STP yang memiliki performa terbaik dengan jitter terkecil sebesar 0.011ms. Adapun untuk jitter tertinggi didapati oleh EIGRP dengan menggunakan STP dengan nilai sebesar 0.0124ms.

C. Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian empat skenario routing pada IPv6 menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan. Pada skenario pertama, EIGRP tanpa metode STP menghasilkan throughput 93.973 Bytes dengan delay 0.147ms. Pada skenario kedua, OSPF tanpa metode STP menghasilkan throughput yang lebih besar, 94.056 Bytes, tetapi dengan delay yang lebih lama, 0.180ms. Dalam skenario ketiga, EIGRP dengan metode STP menghasilkan throughput 93.922 Bytes dengan delay 0.150ms. Dalam skenario keempat, metode STP diterapkan, dan throughput yang lebih besar, 94.056 Bytes. Sementara implementasi STP tidak menghasilkan peningkatan throughput yang signifikan, implementasi STP meningkatkan keterlambatan OSPF. Hal ini menunjukkan bahwa, tergantung pada prioritas throughput atau keterlambatan yang diinginkan, pilihan protokol routing dan metode STP sangat memengaruhi kinerja jaringan IPv6. Hasil pengujian kehilangan paket menunjukkan bahwa dalam keempat skenario pengujian EIGRP tanpa metode STP, EIGRP dengan metode STP, OSPF dengan metode STP, dan OSPF dengan metode STP hasil 1000 kali ping menunjukkan bahwa tidak ada kehilangan paket atau semua paket berhasil dikirim tanpa masalah. Menurut pengujian jitter, OSPF tanpa metode STP memiliki kinerja terbaik dengan jitter terkecil sebesar 0.011ms. EIGRP dengan metode STP memiliki jitter tertinggi sebesar 0.0124ms.

Referensi

- [1] A. Biswas, S. R. Mondal, and C. Biswas, "A Review On Loops In A Computer Network & Spanning Tree Protocol (STP)," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 612–615, 2022, [Online]. Available:

- https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper//issue_2_february_2022/19020/final/fin_irjmets1644570037.pdf
- [2] M. D. P. Pramita and L. Jasa, "Analisis Perbandingan Routing Protocol Open Shortest Path First dan Enhanced Interior Gateway Routing Protocol pada IPV6 menggunakan Graphical Network Simulator 3," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 275–280, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i02.p17.
 - [3] C. B. Waluyo, "Analisis kinerja Routing OSPF dan EIGRP dengan Teknik Redistribution," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 6, pp. 167–176, 2020, doi: 10.28989/senatik.v6i0.428.
 - [4] N. F. Nadhirah Norazlan, R. A. Rahman, M. Kassim, and A. R. Mahmud, "Virtual Private Network Load Balancing Using OSPF Routing," *ISCAIE 2020 - IEEE 10th Symp. Comput. Appl. Ind. Electron.*, pp. 164–169, 2020, doi: 10.1109/ISCAIE47305.2020.9108802.
 - [5] A. G. Biradar, "A Comparative Study on Routing Protocols: RIP, OSPF and EIGRP and Their Analysis Using GNS-3," *2020 5th IEEE Int. Conf. Recent Adv. Innov. Eng. ICRAIE 2020 - Proceeding*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1109/ICRAIE51050.2020.9358327.
 - [6] M. Subli, H. -, and E. Wahyudi, "Penerapan Spanning Tree Protocol Untuk Mencegah Terjadinya Looping Pada Frame Ethernet," *Explore*, vol. 10, no. 1, p. 7, 2020, doi: 10.35200/explore.v10i1.358.
 - [7] R. Aulia, Risiko Liza, and Haida Dafitri, "Analisis Routing Loop dalam Open Shortest Path First (OSPF) Routing Menggunakan Teknik Spanning Tree di Jaringan Multi Area," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 158–168, 2024, doi: 10.56211/helloworld.v2i4.419.
 - [8] M. Syihabuddin and J. Jenih, "Implementasi Redundant Switch Menggunakan CISCO Catalyst Di PT. Citra Solusi Pratama," *J. Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 2, pp. 77–85, 2021, doi: 10.52643/jti.v7i2.1900.
 - [9] 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.
 - [10] '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, pp. 1227–1240, 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i1.3572.
 - [11] E. Longo, A. E. C. Redondi, M. Cesana, A. Arcia-Moret, and P. Manzoni, "MQTT-ST: A Spanning Tree Protocol for Distributed MQTT Brokers," *IEEE Int. Conf. Commun.*, vol. 2020-June, 2020, doi: 10.1109/ICC40277.2020.9149046.
 - [12] P. Studi, T. Informatika, F. Teknik, and U. H. Medan, "Application of OSPF Network in Spanning Tree Protocol Method to Prevent Looping Routing," *J. Comput. Sci. Inf. Technol. Telecommun. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 44–53, 2020, doi: 10.30596/jcositte.v1i2.4716.
 - [13] F. Firmansyah, T. Alfian Armawan Sandi, A. Fauzi, and R. Septian Anwar, "Analisis Performa Redundancy Link Menggunakan Metode Spanning Tree Protocol Dan Per VLAN Spanning Tree," *J. Infortech*, vol. 5, no. 1, pp. 47–52, 2023, doi: 10.31294/infortech.v5i1.15629.

- [14] A. Charisma, A. D. Setiawan, G. M. Rahmatullah, and M. R. Hidayat, "Quality of Service (QoS) in 4G Telkomsel Networks In Soreang," *2019 IEEE 13th Int. Conf. Telecommun. Syst. Serv. Appl.*, pp. 145–148, 2019.