

COMPARING THE PERFORMANCE OF OSPF AND OSPF-MPLS ROUTING PROTOCOL IN FORWARDING TCP AND UDP PACKET

Nur Miswar^{*1}, Herman², Imam Riadi³

^{1,2}Master Program of Informatics, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia

³Department of Information System, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹nur2007048016@webmail.uad.ac.id, ²hermankaha@mti.uad.ac.id ³imam.riadi@is.uad.ac.id

(Article received: October 09, 2023; Revision: November 03, 2023; published: November 13, 2023)

Abstract

Routing is a process that involves selecting paths for packet data, in an era where network connections are the lifeblood of business and global communication, it is important to analyze and understand the importance of routing performance in networks, especially within the framework of OSPF and OSPF MPLS protocols, which have a direct impact on TCP and UDP services. In the context of increasingly complicated networks, analysis becomes key to understanding the two scenarios of OSPF and OSPF-MPLS can meet performance demands, especially in Quality of Service (QoS) parameters. The purpose of this research is to analyze and compare the OSPF and OSPF MPLS routing performance in the context of TCP and UDP services. By measuring QoS parameters such as throughput, packet loss, delay, and jitter. This research simulates OSPF and OSPF MPLS routing scenarios in GNS3 software. TCP and UDP services are transmitted in the network for three measurement sessions of 15, 30, and 60 seconds. The results indicate that both OSPF and OSPF MPLS performed well, achieving an average index value of 3.75, meeting TIPHON network performance standards in all measurement sessions. While OSPF MPLS showed slightly lower throughput compared to OSPF, both scenarios exhibited minimal packet loss, low delay, and stable jitter. Notably, OSPF MPLS excelled in reducing delay for UDP services. In summary, both routing scenarios offer satisfactory performance for diverse network services, underscoring their versatility and effectiveness.

Keywords: *Dynamic Routing, MPLS, OSPF, QoS, TCP, UDP.*

PERBANDINGAN KINERJA ROUTING PROTOCOL OSPF DAN OSPF-MPLS DALAM PENGIRIMAN PAKET TCP DAN UDP

Abstrak

Routing adalah proses yang melibatkan pemilihan jalur untuk data paket, dalam era di mana koneksi jaringan adalah urat nadi bisnis dan komunikasi global, penting untuk menganalisis dan memahami pentingnya kinerja routing dalam jaringan, terutama dalam kerangka protokol routing OSPF dan OSPF MPLS, yang berdampak langsung pada layanan TCP dan UDP. Dalam konteks jaringan yang semakin rumit, analisis menjadi kunci untuk memahami dua skenario OSPF dan OSPF-MPLS dapat memenuhi permintaan kinerja, terutama dalam Parameter Quality of Service (QoS). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan kinerja routing OSPF dan OSPF MPLS dalam konteks layanan TCP dan UDP. Dengan mengukur parameter QoS seperti throughput, packet loss, delay, dan jitter. Penelitian ini mensimulasikan skenario routing OSPF dan OSPF MPLS dalam perangkat lunak GNS3. Layanan TCP dan UDP ditransmisikan dalam jaringan selama tiga sesi pengukuran yaitu 15, 30, dan 60 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik OSPF maupun OSPF MPLS menunjukkan kinerja yang baik dengan nilai indeks rata-rata sebesar 3.75, memenuhi standar kinerja jaringan menurut TIPHON dalam semua sesi pengukuran. Meskipun OSPF MPLS menunjukkan throughput yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan OSPF non-MPLS, kedua skenario menunjukkan packet loss yang sangat rendah, delay yang rendah, dan jitter yang stabil. Selain itu, penggunaan OSPF MPLS untuk layanan UDP mengurangi waktu delay, menunjukkan keunggulan OSPF MPLS dalam hal parameter QoS tertentu, terutama untuk layanan UDP. Dengan demikian, kedua skenario routing dapat memberikan performa yang memadai untuk berbagai jenis layanan jaringan, implementasi skenario OSPF dan OSPF MPLS menunjukkan kinerja yang baik untuk layanan TCP dan UDP.

Kata kunci: *Dynamic Routing, MPLS, OSPF, QoS, TCP, UDP.*

1. PENDAHULUAN

Jaringan komputer merupakan suatu sistem telekomunikasi yang memungkinkan komputer untuk saling berhubungan dan bertukar informasi [1]. Informasi yang melewati media komunikasi, memungkinkan pengguna bisa melakukan pertukaran data atau berbagi penggunaan perangkat lunak maupun perangkat keras. Protokol komunikasi dalam jaringan komputer dibutuhkan untuk mengatur lalu lintas data agar dapat terhubung. Protokol ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan antar komputer dapat diterima dengan benar meskipun memiliki sistem yang berbeda [2].

Proses pengiriman paket data melalui beberapa jalur dalam jaringan komputer yang berbeda disebut dengan *routing* [3]. Konfigurasi *routing* bisa dilakukan dengan cara *static* maupun *dynamic* [4]. Algoritma *dynamic routing* dapat secara otomatis menentukan jalur terbaik untuk paket data berdasarkan informasi yang diterima dari jaringan [5], sedangkan jalur *static routing* ditentukan dan diatur secara manual pada tabel *routing* [6]. Jika terjadi perubahan pada jaringan, seperti penambahan atau penghapusan *router*, maka tabel *routing* harus diperbarui secara manual. Hal ini dapat mengakibatkan kesalahan pada pengaturan tabel *routing* dan mengurangi efisiensi jaringan [7].

TCP/IP model yang digunakan untuk mengatur komunikasi Internet terdiri dari 4 *layer*, dimana TCP (*Transmission Control Protocol*) dan UDP (*User Datagram Protocol*) menjadi bagian dari *Transport layer* pada *layer* ke-3 [8]. TCP memiliki keandalan koneksi yang tinggi serta mekanisme pengontrolan aliran data yang cermat untuk memastikan data sampai ke tujuan tanpa kehilangan paket data [9]. Berbeda dengan TCP, UDP mengirimkan data pada kecepatan *bit* tetap dengan interval tetap antar paket data tanpa mekanisme pengontrolan aliran data yang ketat dan tidak adanya umpan balik dari tujuan atau dari *node* perantara [10].

Selain protokol TCP dan UDP dari *Transport layer* pada *layer* ke-3, juga diperlukan protokol *routing*. Protokol *routing* dibutuhkan di *Network layer* pada *layer* ke-2 untuk memastikan pengiriman data yang efisien di dalam jaringan [11]. Salah satu protokol *dynamic routing* yang digunakan dalam paper ini adalah OSPF (*Open Shortest Path First*). OSPF merupakan *dynamic routing* yang menggunakan algoritma “*dijkstra*” untuk menentukan rute terpendek berdasarkan kapasitas trafik data yang dapat melewati rute tersebut [12]. Kelebihan dari *routing* OSPF dapat mengatasi perubahan topologi jaringan dengan cepat dan efektif [13]. Hal ini membuat OSPF sangat cocok untuk digunakan pada jaringan yang kompleks dan berukuran besar.

OSPF memiliki kemampuan yang baik dalam menentukan jalur terpendek, namun penggunaannya dapat mempengaruhi kinerja protokol TCP dan UDP

dalam jaringan komputer [14]. Hal ini dapat terjadi karena OSPF memerlukan waktu untuk membangun dan melakukan *update* informasi topologi jaringan, sehingga dapat mempengaruhi waktu respons dan kinerja jaringan secara keseluruhan [15].

Dalam pengukuran *dynamic routing* OSPF dengan menggunakan *Quality of Service* (QoS), teknologi *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) menjadi solusi yang efisien. MPLS menggunakan label untuk mengarahkan data melalui jaringan dengan lebih cepat dan efisien, mengurangi beban pemrosesan pada *router* dan mendukung QoS [16]. MPLS membantu meningkatkan kualitas layanan secara keseluruhan dalam jaringan komputer, mengoptimalkan kinerja, dan mengatasi masalah trafik yang sering dihadapi.

Kualitas layanan adalah aspek yang sangat penting dalam sebuah jaringan internet, termasuk dalam jaringan komputer. Semakin banyak pengguna yang memanfaatkan layanan internet, semakin tinggi pula trafik yang digunakan [17], yang dapat menyebabkan penurunan kecepatan pengiriman data dan menjadi masalah yang sering dihadapi dalam jaringan komputer [18]. Dalam era di mana koneksi jaringan menjadi kebutuhan penting bagi bisnis dan komunikasi global, penting untuk menganalisis dan memahami pentingnya kinerja *routing* dalam jaringan, terutama dalam kerangka protokol OSPF dan OSPF-MPLS, yang berdampak langsung pada layanan TCP dan UDP. Dalam konteks jaringan yang semakin rumit, analisis menjadi kunci untuk memahami dua skenario OSPF dan OSPF-MPLS dapat memenuhi permintaan kinerja, terutama dalam Parameter *Quality of Service* (QoS). Pengukuran *routing* OSPF dan OSPF-MPLS pada penelitian ini menggunakan QoS dengan beberapa parameter seperti *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengimplementasikan *dynamic routing* OSPF. Dalam salah satu penelitian oleh [19], dilakukan dua skenario berbeda, skenario pertama dengan 3 *node* dan skenario kedua dengan 5 *node*. Penelitian ini menggunakan parameter QoS seperti *throughput*, *delay*, dan *jitter* sebagai indikator kinerja jaringan. Namun, keterbatasan dari penelitian ini adalah penelitian ini hanya menggunakan beberapa contoh jaringan yang relatif sederhana, sehingga tidak mencakup berbagai skenario yang lebih kompleks dan beragam. Penelitian ini menggunakan 3 *router* dan 2 komputer sebagai *client* pada topologi pertama dan terdapat 5 *router* dan 2 komputer sebagai *client* pada topologi kedua. Hal ini dapat membatasi generalisasi hasil dan relevansinya dalam lingkungan jaringan yang lebih besar dan kompleks.

Penelitian terkait telah mengimplementasikan *dynamic routing* OSPF [20] dengan pengujian menggunakan paket protokol ICMP untuk menguji kualitas jaringan. Penelitian lain [21] melakukan pengujian *routing* OSPF dengan mempertimbangkan

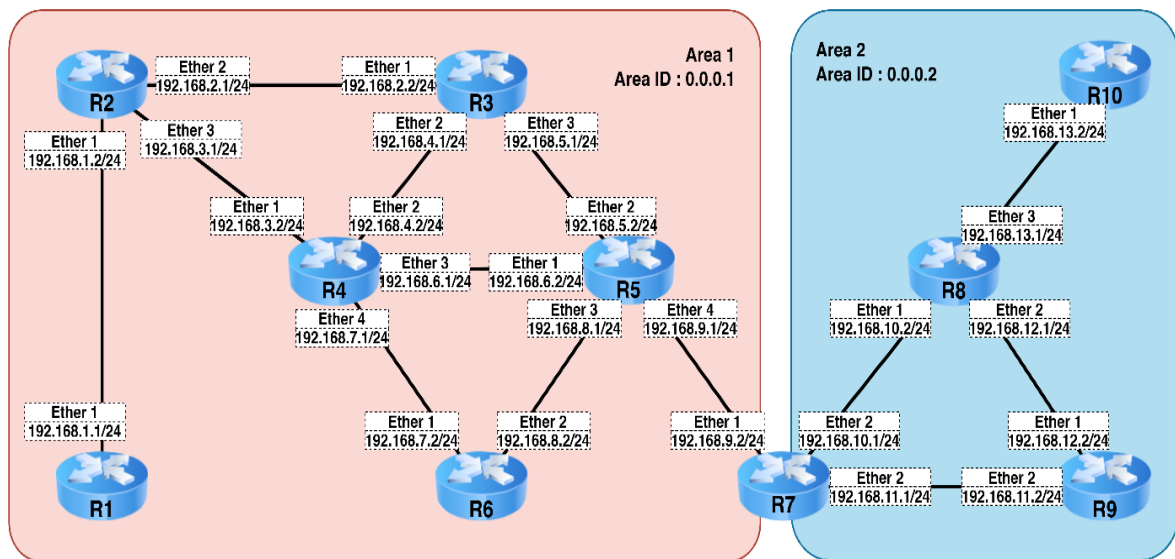
parameter QoS seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, tetapi masih menggunakan pengiriman paket ICMP. Keterbatasan penggunaan paket ICMP terutama terletak pada fokus pengujian konektivitas jaringan, sementara untuk pengujian pengiriman data yang lebih komprehensif, seperti keandalan, urutan pengiriman, dan latensi jaringan, diperlukan pengujian dengan pengiriman paket TCP dan UDP. Penelitian lainnya [22] membandingkan *static routing* dan *dynamic routing* OSPF dengan pengujian menggunakan paket ICMP dan menganalisis hasilnya dengan mempertimbangkan QoS dalam hal *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Namun, keterbatasan dalam penelitian ini terletak pada pengujian yang hanya menggunakan paket ICMP, pengujian dengan penggunaan paket TCP dan UDP yang umum digunakan dalam pengiriman data di jaringan akan memberikan gambaran yang lebih realistis tentang performa *routing* statik dan OSPF.

Berdasarkan penelitian-penelitian terkait tersebut, Penelitian ini bertujuan menganalisis dan memahami pengaruh penggunaan *dynamic routing* OSPF yang dikombinasikan dengan MPLS terhadap kinerja protokol TCP dan UDP dalam pengiriman data pada jaringan komputer. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi jaringan GNS3 dengan variasi

waktu bandwidth-test selama 15, 30, dan 60 detik. Hasil dari lima pengujian dalam setiap variasi waktu akan diambil rata-ratanya untuk mengevaluasi stabilitas kinerja. Selain itu, analisis QoS akan dilakukan dengan mengamati *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* menggunakan software Wireshark. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi yang lebih mendalam tentang manfaat penggunaan *dynamic routing* OSPF dan OSPF-MPLS dalam meningkatkan kinerja jaringan.

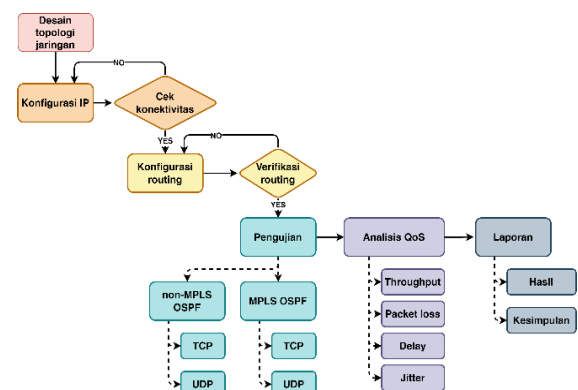
2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang dimana akan dilakukan eksperimen pengujian *dynamic routing* OSPF MPLS dan OSPF pada layanan TCP dan UDP. Penelitian eksperimental merupakan jenis penelitian yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data melalui percobaan atau eksperimen yang dilakukan pada suatu objek penelitian [23]. Objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan jaringan dengan *dynamic routing* OSPF MPLS dan OSPF. Gambar 1 menunjukkan desain penelitian eksperimental pada penelitian ini.



Gambar 1. Desain topologi jaringan

Tahap pertama pada Gambar 1 desain penelitian eksperimental adalah desain topologi jaringan. Topologi jaringan yang diujikan akan dirancang menggunakan software simulasi GNS3. Topologi yang digunakan adalah topologi mesh dengan 10 router yang saling terhubung. Topologi jaringan dibagi menjadi dua area, yaitu area1 dengan area id 0.0.0.1 dan area2 dengan area id 0.0.0.2. Gambar 2 menunjukkan desain topologi jaringan yang akan diujikan:



Gambar 2. Desain penelitian eksperimental

Langkah selanjutnya adalah mengkonfigurasi IP address sesuai dengan rancangan topologi pada Gambar 2, kemudian dilakukan uji konektivitas dengan melakukan uji *ping point-to-point* antar router. Setelah konfigurasi IP address dan berhasil menguji konektivitas, tahap selanjutnya konfigurasi *routing* BGP dan verifikasi *routing* dengan mengecek *tabel routing* pada masing-masing router serta melakukan tes ping dari R1 menuju R10.

Setelah berhasil verifikasi *routing*, Pengujian dilakukan untuk dua skenario: pengujian OSPF terhadap layanan TCP dan UDP, serta pengujian OSPF MPLS terhadap layanan TCP dan UDP. Pengiriman layanan TCP dan UDP dilakukan dari R1 ke R10. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *software* Wireshark dan dengan sesi waktu 15, 30, dan 60 detik, masing-masing sesi diulang sebanyak 5 kali untuk protokol TCP dan UDP. Pengujian dilakukan untuk memahami kinerja jaringan dalam jangka pendek dan panjang, serta mengamati stabilitas kinerja melalui hasil rata-rata dari beberapa pengujian.

Hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan beberapa parameter QoS seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* untuk mengevaluasi kualitas jaringan dari *routing* OSPF. Setelah menganalisis hasil pengujian, dilakukan pelaporan hasil analisis berupa kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya

2.1. Protocol TCP dan UDP

Transport layer dalam model OSI memiliki dua protokol utama yaitu TCP dan UDP. TCP memastikan pengiriman data dengan aman dan teratur, dengan menggunakan mekanisme *flow control* dan *error detection*. TCP juga menjamin bahwa data akan diterima oleh penerima dalam urutan yang benar [24]. Sementara UDP hanya memberikan layanan dasar untuk pengiriman paket data, tanpa memastikan pengiriman yang teratur atau pengiriman yang aman [25]. UDP digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kinerja yang tinggi, seperti aplikasi *video streaming* atau *gaming* [26].

2.2. QoS (Quality of Service)

QoS (*Quality of Service*) adalah metode untuk mengukur dan mengelola kinerja jaringan sehingga memberikan layanan jaringan yang lebih baik dan terencana [27], [28]. QoS dapat diterapkan pada berbagai protokol *routing*, termasuk OSPF. Penerapan QoS pada jaringan OSPF dapat memastikan layanan jaringan seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* memenuhi kebutuhan pengguna [29].

Menurut standarisasi dari TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) memiliki *index* penilaian untuk parameter QoS seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. *Index* parameter QoS

<i>Index</i>	Persentase(%)	Kategori
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Bagus
3 – 3,79	75 – 94,5	Bagus
2 – 2,99	50 – 74,5	Sedang
1 – 1,99	25 – 49,5	Buruk

2.2.1. Throughput

Throughput adalah ukuran kinerja jaringan yang mengacu pada jumlah data yang berhasil dikirim atau diterima melalui jaringan dalam satu periode waktu tertentu [30]. Untuk mencari nilai *throughput* bisa menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data (bytes)}}{\text{waktu pengiriman data (s)}} \quad (1)$$

Tabel 2 menunjukkan kategori nilai *index* untuk menentukan kualitas *throughput*.

Tabel 2. Nilai *index throughput*

<i>Index</i>	<i>Throughput</i>	Kategori
4	>2,1 Mbps	Sangat bagus
3	1200 kbps – 2,1 Mbps	Bagus
2	700 – 1200 kbps	Cukup
1	338 – 700 kbps	Kurang bagus
0	0 – 338 kbps	buruk

2.2.2. Packet loss

Packet loss adalah persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data dalam jaringan, disebabkan oleh berbagai faktor seperti penurunan sinyal, kesalahan perangkat keras, dan sebagainya [31]. *Packet loss* merupakan parameter yang dapat mempengaruhi efisiensi jaringan secara keseluruhan dan berdampak pada semua aplikasi karena dapat memicu retransmisi data yang mengurangi kinerja jaringan [32]. Persamaan 2 menunjukkan perhitungan nilai *packet loss*.

$$PL = \frac{(\text{data dikirim} - \text{data terima})}{\text{data dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 3 menunjukkan kategori nilai *index* untuk menentukan kualitas *packet loss*.

Tabel 3. Nilai *index packet loss*

<i>Index</i>	<i>Packet loss</i>	Kategori
4	0 – 2 %	Sangat bagus
3	3 – 14 %	Bagus
2	15 – 24%	Cukup
1	>25%	Buruk

2.2.3. Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk sebuah paket data yang dikirimkan dalam sebuah jaringan computer [33]. *Delay* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti antrian yang panjang, rute yang diambil, jarak, media fisik, kongesti, dan waktu proses yang lama [34]. Untuk menghitung rata-rata *delay*, dapat digunakan Persamaan 3.

$$\text{rata - rata delay} = \frac{\text{total delay}}{\text{total packet diterima}} \quad (3)$$

Tabel 4 menunjukkan kategori nilai *index* untuk menentukan kualitas *delay*.

Tabel 4. Nilai *index delay*

Index	Delay	Kategori
4	<150 ms	Sangat Bagus
3	150 – 300 ms	Bagus
2	300 – 450 ms	Cukup
1	>450 ms	Buruk

2.1. Jitter

Jitter adalah perbedaan waktu antara paket dalam jaringan, dipengaruhi oleh beban dan *congested* jaringan [35]. *Jitter* tinggi mengganggu aplikasi real-time seperti video conference, VoIP, streaming, dan game online, menyebabkan distorsi audio dan ketidakselarasan audio-video [36]. Persamaan 4 menunjukkan perhitungan untuk mendapatkan nilai *jitter*.

$$\text{jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket data yang diterima}} \quad (4)$$

Persamaan 4 menunjukkan *jitter* diperoleh dari pembagian total variasi *delay* dengan total paket data yang diterima. Sementara, total variasi *delay* diperoleh dengan mengurangi nilai *delay* dengan rata-rata *delay*, seperti pada persamaan 5.

$$\text{total variasi delay} = \text{delay} - (\text{rata - rata delay}) \quad (5)$$

Berikut Tabel 5 kategori nilai *index* untuk menentukan kualitas *jitter*.

Tabel 5. Nilai *index jitter*

Index	Jitter	Kategori
4	0 ms	Sangat bagus
3	1 – 75 ms	Bagus
2	75 – 125 ms	Cukup
1	125 – 225 ms	Buruk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memastikan koneksi antar *router* sudah berjalan dengan baik dapat terhubung ke jaringan serta mengirim dan menerima paket data dengan baik, dilakukan konfigurasi IP *address* pada *interfaces router* dan uji *ping point-to point* pada masing-masing *router*.

Jika uji *ping* gagal, hal ini menunjukkan adanya masalah dalam konfigurasi jaringan atau koneksi jaringan. Dalam hal ini, perlu dilakukan pengecekan ulang pada konfigurasi IP *address* dan melakukan *troubleshooting* untuk memperbaiki masalah yang terjadi. Tabel 6 menunjukkan daftar IP *address* yang ada pada jaringan yang diujikan.

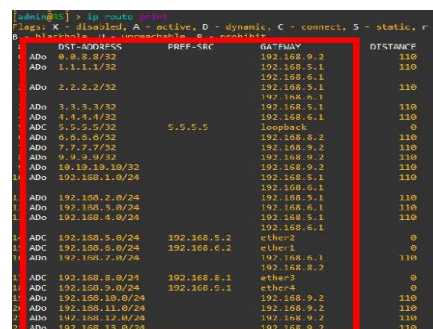
Tahap selanjutnya adalah konfigurasi *routing*. Konfigurasi *routing* dilakukan agar setiap perangkat dalam jaringan dapat saling berkomunikasi dan bertukar data secara efektif. Konfigurasi *routing* OSPF dilakukan dengan mengaktifkan OSPF pada

setiap *router* yang terhubung dengan cara menambah setiap *network* yang ada pada jaringan.

Tabel 6. IP address

Router	Ether	IP Address
R1	Ether1	192.168.1.1/24
	Loopback	1.1.1.1/32
R2	Ether1	192.168.1.2/24
	Ether2	192.168.2.1/24
	Ether3	192.168.3.1/24
R3	Loopback	2.2.2.2/32
	Ether1	192.168.2.2/24
	Ether2	192.168.4.1/24
	Ether3	192.168.5.1/24
R4	Loopback	3.3.3.3/32
	Ether1	192.168.3.2/24
	Ether2	192.168.4.2/24
	Ether3	192.168.6.1/24
R5	Ether4	192.168.7.1/24
	Loopback	4.4.4.4/32
	Ether1	192.168.6.2/24
	Ether2	192.168.5.2/24
R6	Ether3	192.168.8.1/24
	Ether4	192.168.9.1/24
	Loopback	5.5.5.5/32
	Ether1	192.168.7.2/24
R7	Ether2	192.168.8.2/24
	Loopback	6.6.6.6/32
	Ether1	192.168.9.2/24
	Ether2	192.168.10.1/24
R8	Ether3	192.168.11.1/24
	Loopback	7.7.7.7/24
	Ether1	192.168.10.2/24
	Ether2	192.168.12.1/24
R9	Ether3	192.168.13.1/24
	Loopback	0.0.8.8/32
	Ether1	192.168.12.2/24
	Ether2	192.168.11.2
R10	Loopback	9.9.9.9/32
	Ether1	192.168.13.2/24
	Loopback	10.10.10.10/32

Tahap selanjutnya adalah verifikasi *routing*. Verifikasi *routing* dilakukan untuk memastikan bahwa semua *router* terhubung secara benar dan data dapat mengalir dengan lancar melalui jaringan. Proses verifikasi *routing* dilakukan dengan memeriksa tabel *routing* yang mencatat informasi tentang informasi tentang *subnet*, *gateway*, *interface*, *status*, dan protokol *routing* yang digunakan. Gambar 3 menunjukkan verifikasi *routing* dengan tabel *routing*.



Gambar 3. Verifikasi *routing*

Gambar 3 menampilkan daftar jaringan yang dapat diakses oleh *router* R5 dengan status 'A' untuk *active*, 'D' menandakan *routing* dibuat secara

dynamic, 'o' untuk OSPF, dan 'C' untuk connect. Setelah konfigurasi routing dan verifikasi tabel routing, peneliti melakukan pengujian dynamic routing OSPF dan OSPF-MPLS terhadap layanan TCP dan UDP untuk mengukur parameter QoS seperti throughput, packet loss, delay, dan jitter. Pengukuran ini dilakukan 5 kali untuk mendapatkan rata-rata dan memahami karakteristik lalu lintas dalam situasi yang berbeda serta pengaruhnya terhadap kinerja layanan TCP dan UDP. Tabel 7 dan Table 8 menunjukkan hasil pengukuran throughput untuk routing OSPF dan OSPF MPLS pada layanan TCP.

Tabel 7. TCP throughput (b/s) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	1552.51	1971.13	1937.27
2	1894.87	1795.94	1941.70
3	1678.66	1856.66	1925.83
4	1938.91	1903.41	1965.98
5	2099.14	2021.22	1928.76
rata-rata	1832.82	1909.67	1939.91

Tabel 8. TCP throughput (b/s) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	1702.58	1753.82	1947.50
2	1526.52	1854.75	1939.73
3	1756.20	1918.03	1867.34
4	1726.91	1792.93	1918.71
5	1365.45	1840.82	1831.32
rata-rata	1615.53	1832.07	1900.92

Tabel 7 menunjukkan hasil pengukuran rata-rata throughput, bahwa dalam kondisi throughput dari OSPF cenderung lebih tinggi dibandingkan throughput dari OSPF MPLS pada semua sesi waktu. Pada rata-rata sesi waktu 15 detik, OSPF mencapai 1832.82 b/s, sedangkan pada Tabel 8 OSPF MPLS mencapai 1615.53 b/s. Pada rata-rata sesi waktu 30 detik, OSPF mencapai 1909.67 b/s, sedangkan OSPF MPLS mencapai 1832.07 b/s. Terakhir, pada rata-rata sesi waktu 60 detik, OSPF mencapai 1939.91 b/s, sedangkan OSPF MPLS mencapai 1900.92 b/s. Selanjutnya, Tabel 9 dan Tabel 10 menyajikan hasil pengukuran routing OSPF dan OSPF MPLS pada layanan TCP untuk parameter packet loss.

Tabel 9. TCP Packet loss (%) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0.18	0.12	0.01
2	0.24	0.11	0.02
3	0.29	0.11	0.07
4	0.00	0.22	0.06
5	0.37	0.07	0.07
rata-rata	0.22	0.12	0.04

Tabel 10. TCP Packet loss (%) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0.13	0.18	0.05
2	0.08	0.21	0.06
3	0.15	0.02	0.12
4	0.47	0.10	0.00
5	0.21	0.11	0.12
rata-rata	0.21	0.13	0.07

Tabel 9 menunjukkan rata-rata packet loss (%) dari routing OSPF, dengan nilai tertinggi pada sesi 15 detik (0.22%), sedangkan pada sesi 30 detik (0.12%) dan 60 detik (0.04%) lebih rendah. Sedangkan Tabel 10 Routing OSPF MPLS juga memiliki nilai tertinggi pada sesi 15 detik (0.21%), kemudian 30 detik (0.13%), dan 60 detik (0.07%). Tabel 11 dan Tabel 12 menunjukkan hasil rata-rata dari pengukuran routing OSPF dan OSPF MPLS pada layanan TCP, dengan fokus pada parameter delay.

Tabel 11. TCP Delay (ms) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0.005	0.004	0.005
2	0.004	0.005	0.004
3	0.004	0.004	0.005
4	0.004	0.004	0.004
5	0.004	0.004	0.005
rata-rata	0.004	0.004	0.005

Tabel 12. TCP Delay (ms) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0.004	0.005	0.004
2	0.005	0.004	0.004
3	0.004	0.004	0.005
4	0.004	0.005	0.005
5	0.006	0.005	0.005
rata-rata	0.005	0.005	0.005

Tabel 11 menunjukkan hasil rata-rata delay TCP dalam skenario OSPF pada sesi 15 detik adalah 0.004 ms, 30 detik adalah 0.004 ms, dan 60 detik adalah 0.005 ms. Sedangkan dalam skenario OSPF MPLS pada Tabel 12, rata-rata delay TCP pada sesi 15 detik adalah 0.005 ms, pada sesi 30 detik adalah 0.005 ms, dan pada sesi 60 detik adalah 0.005 ms.

Selanjutnya, Tabel 13 dan Tabel 14 menunjukkan hasil pengukuran routing OSPF dan OSPF MPLS pada layanan TCP untuk parameter jitter.

Tabel 13. TCP Jitter(ms) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	-1.8E-04	-4.4E-05	-4.7E-05
2	-9.8E-05	-9.5E-05	-1.5E-05
3	-1.6E-04	-5.6E-05	-1.1E-09
4	-1.6E-04	-5.1E-05	-1.0E-04
5	-4.5E-05	-9.8E-05	-7.1E-05
rata-rata	-1.3E-04	-6.9E-05	-4.7E-05

Tabel 14. TCP Jitter (ms) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	-1.1E-04	-2.1E-05	-3.3E-05
2	-5.5E-05	-1.4E-05	-4.5E-05
3	-3.1E-04	-8.2E-05	-2.9E-05
4	-8.2E-05	-7.2E-05	-6.8E-06
5	3.6E-04	-2.8E-05	-9.8E-06
rata-rata	-3.8E-05	-4.3E-05	-2.5E-05

Hasil jitter(ms) pada tabel 14 menunjukkan bahwa rata-rata jitter pada OSPF MPLS memiliki nilai jitter yakni -3.8E-05 ms pada sesi waktu 15 detik, -4.3E-05 ms pada sesi waktu 30 detik, dan -2.5E-05 ms pada sesi waktu 60 detik, sedangkan pada Tabel 13, OSPF memiliki nilai jitter rata-rata sebesar

-1.3E-04 ms pada sesi waktu 15 detik, -6.9E-05 ms pada sesi waktu 60 detik, dan -4.7E-05 ms pada sesi waktu 60 detik.

Tahap selanjutnya hasil rata-rata dari masing-masing parameter tersebut disesuaikan dengan *index* penilaian QoS, Tabel 11 menampilkan nilai rata-rata *index* QoS untuk layanan protokol TCP.

Tabel 15. Nilai rata-rata *index* QoS OSPF untuk protokol TCP

OSPF			
Parameter	15 detik	30 detik	60 detik
<i>Throughput index</i>	1832.82	1909.67	1939.91
<i>Packet loss index</i>	0.22	0.12	0.04
<i>Delay index</i>	0.004	0.004	0.005
<i>Jitter index</i>	-1.3E-04	-6.9E-05	-5E-05
Rata-rata <i>Index</i>	3.75	3.75	3.75

Tabel 16. Nilai rata-rata *index* QoS OSPF MPLS untuk protokol TCP

OSPF MPLS			
Parameter	15 detik	30 detik	60 detik
<i>Throughput index</i>	1615.53	1832.07	1900.92
<i>Packet loss index</i>	0.21	0.13	0.07
<i>Delay index</i>	0.005	0.005	0.005
<i>Jitter index</i>	-3.8E-05	-4.3E-05	-2E-05
Rata-rata <i>Index</i>	3.75	3.75	3.75

Tabel 15 dan Tabel 16 menunjukkan hasil pengukuran kinerja jaringan OSPF dan OSPF MPLS. Pada OSPF, *throughput* mencapai 1832.82 b/s hingga 1939.91 b/s dengan nilai *index* 3, sedangkan *packet loss* sangat rendah (0.04% - 0.22%) dengan nilai *index* 4. *Delay* sangat rendah (0.004 ms - 0.005 ms) dengan nilai *index* 4, dan *jitter* stabil (sekitar -1.3E-04 ms) dengan nilai *index* 4. Pada OSPF MPLS, *throughput* mencapai 1615.53 b/s hingga 1900.92 b/s dengan nilai *index* 3.75 yang stabil. *Packet loss* rendah (0.07% - 0.21%) dan *delay* sangat rendah (0.005 ms) menunjukkan kinerja yang cepat. *Jitter* juga rendah (sekitar -3.8E-05 ms) menandakan stabilitas yang baik. Secara keseluruhan, kedua skenario memberikan performa yang memadai untuk layanan TCP.

Tahap selanjutnya Tabel 17 dan Tabel 18 menunjukkan hasil pengukuran *routing* OSPF dan OSPF MPLS pada layanan protokol UDP untuk parameter *throughput*.

Tabel 17. UDP *Throughput* (b/s) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	1520.05	1902.04	2023.57
2	1781.43	1901.48	1950.78
3	1597.95	2031.98	1914.59
4	2005.22	1835.16	1918.78
5	1881.78	1960.90	1992.43
rata-rata	1757.29	1926.31	1960.03

Tabel 18. UDP *Throughput*(b/s) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	1256.21	1708.19	1881.09
2	1593.33	1754.34	1944.02
3	1790.70	1942.59	1852.46
4	1554.47	1928.64	1929.23
5	1599.42	1709.11	1932.55
rata-rata	1558.82	1808.57	1907.87

Hasil rata-rata *throughput* pada Tabel 17 menunjukkan bahwa dalam skenario *routing* OSPF, jaringan mampu mengirim data dengan tingkat *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan dengan skenario OSPF MPLS dalam semua sesi waktu yang diukur, yaitu 15 detik, 30 detik, dan 60 detik. Rata-rata OSPF mencapai *throughput* sekitar 1757.29 b/s hingga 1960.03 /s, sedangkan pada Tabel 18, OSPF MPLS mencapai sekitar 1558.82 b/s hingga 1907.87 b/s. Ini mengindikasikan bahwa dalam konteks pengiriman data melalui jaringan, penggunaan OSPF mungkin lebih efisien dalam menghasilkan *throughput* yang lebih tinggi.

Tabel 19 dan Tabel 20 menyajikan hasil pengukuran *routing* OSPF dan OSPF MPLS untuk layanan UDP dengan parameter *packet loss*.

Tabel 19. UDP *Packet loss* (%) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
rata-rata	0	0	0

Tabel 20. UDP *Packet loss* (%) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
rata-rata	0	0	0

Tabel 19 dan Tabel 20 menunjukkan hasil nilai rata-rata *packet loss* pada kondisi OSPF dan OSPF MPLS, serta pada masing-masing sesi waktu menunjukkan angka 0%. Hal ini berarti bahwa dalam pengukuran yang dilakukan, tidak ada paket data yang hilang pada layanan UDP di kedua skenario OSPF (non-MPLS dan MPLS) dan pada semua sesi waktu (15 detik, 30 detik, dan 60 detik).

Tabel 21 dan Tabel 22 menampilkan hasil pengukuran *routing* OSPF dan OSPF MPLS untuk layanan UDP dengan parameter *delay*.

Tabel 21. UDP *Delay*(ms) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0.008	0.006	0.006
2	0.006	0.006	0.006
3	0.007	0.006	0.006
4	0.006	0.006	0.006
5	0.006	0.006	0.006

rata-rata	0.007	0.006	0.006
-----------	-------	-------	-------

Tabel 22. UDP Delay(ms) OSPF

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	0.005	0.004	0.003
2	0.004	0.004	0.003
3	0.004	0.003	0.003
4	0.004	0.003	0.003
5	0.004	0.004	0.003
rata-rata	0.004	0.003	0.003

Tabel 21 menunjukkan hasil pengukuran pada skenario OSPF, rata-rata *delay* adalah 0.007 ms (15 detik), 0.006 ms (30 detik), dan 0.006 ms (60 detik), sedangkan pada skenario OSPF MPLS pada Tabel 22, rata-rata *delay* adalah 0.004 ms (15 detik), 0.003 ms (30 detik), dan 0.003 ms (60 detik). Tabel 15 menunjukkan hasil pengukuran *routing* OSPF dan OSPF MPLS pada layanan UDP untuk parameter *jitter*.

Tabel 23. UDP Jitter (ms) OSPF

OSPF			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	7.6E-03	-2.1E-04	9.0E-07
2	-6.2E-04	-1.8E-04	-8.9E-05
3	-5.0E-05	2.8E-07	-4.0E-05
4	3.4E-06	2.6E-05	9.6E-06
5	-5.2E-04	-1.8E-04	-1.5E-05
rata-rata	1.3E-03	-1.1E-04	-2.7E-05

Tabel 24. UDP Jitter (ms) OSPF MPLS

OSPF MPLS			
Pengukuran ke-	15 detik	30 detik	60 detik
1	1.8E-04	-8.3E-06	-8.7E-05
2	2.3E-04	-3.7E-04	-9.1E-06
3	-1.6E-04	1.4E-05	2.5E-07
4	-1.8E-05	-6.7E-05	-6.4E-05
5	-4.0E-04	-2.7E-05	2.8E-05
rata-rata	-3.3E-05	-9.2E-05	-2.6E-05

Dalam Tabel 23, hasil rata-rata *jitter* pada OSPF untuk layanan UDP memiliki nilai yang berkisar dari 1.3E-03 ms pada sesi waktu 15 detik, -1.1E-04 ms pada sesi waktu 30 detik, hingga -2.7E-05 ms pada sesi waktu 60 detik. Sementara itu, dalam Tabel 24 skenario OSPF MPLS, *jitter* pada layanan UDP juga mengalami fluktuasi, dengan rata-rata -3.3E-05 ms pada sesi waktu 15 detik, -9.2E-05 ms pada sesi waktu 30 detik, dan -2.6E-05 ms pada sesi waktu 60 detik.

Tahap selanjutnya hasil rata-rata dari masing-masing parameter disesuaikan dengan *index* penilaian QoS, Tabel 25 dan Tabel 26 menampilkan nilai rata-rata *index* QoS untuk layanan protokol UDP pada skenario protokol routing OSPF dan OSPF MPLS.

Tabel 25. Nilai rata-rata *index* QoS OSPF untuk protokol UDP

OSPF			
Parameter	15 detik	30 detik	60 detik
Throughput	1757.29	1926.31	1960.03
<i>index</i>	3	3	3
Packet loss	0.00	0.00	0.00
<i>index</i>	4	4	4
Delay	0.007	0.006	0.006
<i>index</i>	4	4	4
Jitter	1.3E-03	-1.1E-04	-3E-05

<i>index</i>	3	4	4
Rata-rata <i>Index</i>	3.5	3.75	3.75

Tabel 26. Nilai rata-rata *index* QoS OSPF untuk protokol UDP

OSPF MPLS			
Parameter	15 detik	30 detik	60 detik
Throughput	1558.82	1808.57	1907.87
<i>index</i>	3	3	3
Packet loss	0.00	0.00	0.00
<i>index</i>	4	4.00	4
Delay	0.004	0.003	0.003
<i>index</i>	4	4	4
Jitter	-3.3E-05	-9.2E-05	-3E-05
<i>index</i>	4	4	4
Rata-rata <i>Index</i>	3.75	3.75	3.75

Tabel 25 dan Tabel 26 menyajikan hasil pengukuran kinerja dua skenario *routing*, yaitu OSPF dan OSPF MPLS, terhadap layanan UDP dengan beberapa sesi waktu yaitu 15, 30, dan 60 detik. Kedua skenario menunjukkan kinerja yang baik dalam hal *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Tidak ada *packet loss* yang terdeteksi dalam keduanya, menandakan tingkat keandalan yang tinggi dalam pengiriman paket data. Nilai *delay* dan *jitter* juga cenderung rendah, menunjukkan pengiriman data yang cepat dan stabil. Walaupun skenario OSPF MPLS memiliki *throughput* yang sedikit lebih rendah daripada OSPF. Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan kinerja yang konsisten dan baik untuk kedua skenario, dengan nilai *index* rata-rata 3.75 menunjukkan performa jaringan dengan kategori “bagus” menurut TIPPHON pada semua sesi waktu pengukuran.

4. DISKUSI

Terdapat beberapa penelitian dengan menganalisis metode *dynamic routing* OSPF [20]–[22] dengan mempertimbangkan parameter QoS seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* dalam *routing* OSPF, tetapi masih menggunakan pengiriman paket ICMP. Oleh karena itu pada penelitian ini, peneliti menggunakan paket TCP dan UDP yang umum digunakan dalam pengiriman data di jaringan akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang performa *routing*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baik skenario OSPF maupun OSPF MPLS memberikan kinerja yang baik untuk layanan TCP, dengan beberapa perbedaan yang patut diperhatikan. Pada skenario OSPF, *throughput* mencapai tingkat yang cukup tinggi, dengan nilai rata-rata antara 1832.82 b/s hingga 1939.91 b/s dan memiliki indeks 3, menunjukkan performa yang baik. *Packet loss* yang sangat rendah (0.04% - 0.22%) dan *delay* yang sangat rendah (0.004 ms - 0.005 ms) dengan *jitter* yang stabil (sekitar -1.3E-04 ms) menunjukkan keandalan dan stabilitas jaringan yang tinggi, dengan nilai indeks QoS masing-masing mencapai 4. Ini mengindikasikan bahwa layanan TCP berjalan dengan sangat baik dalam skenario OSPF. Di sisi lain, skenario OSPF MPLS menunjukkan *throughput* yang sedikit lebih rendah, dengan nilai rata-rata antara

1615.53 b/s hingga 1900.92 b/s dan memiliki indeks 3.75 yang stabil. Meskipun *throughput* sedikit lebih rendah, performa ini masih cukup baik. *Packet loss* rendah (0.07% - 0.21%), *delay* yang sangat rendah (0.005 ms), dan *jitter* yang rendah (sekitar $-3.8E-05$ ms) juga menunjukkan kinerja yang cepat dan stabil. Meskipun memiliki *throughput* yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan skenario OSPF, OSPF MPLS menunjukkan performa yang sangat baik dalam hal keandalan dan stabilitas.

Ketika penelitian beralih ke layanan UDP dengan beberapa sesi waktu pengukuran, OSPF dan OSPF-MPLS masih menunjukkan kinerja yang sangat baik. Tidak ada *packet loss* yang terdeteksi dalam keduanya, yang menandakan tingkat keandalan yang tinggi dalam pengiriman paket data. Nilai *delay* dan *jitter* juga tetap rendah, menunjukkan pengiriman data yang cepat dan stabil. Meskipun skenario OSPF MPLS memiliki *throughput* yang sedikit lebih rendah daripada OSPF, hasil pengukuran menunjukkan kinerja yang konsisten dan baik untuk kedua skenario, dengan nilai indeks rata-rata 3.75 yang masih masuk dalam kategori "bagus" menurut TIPHON.

5. KESIMPULAN

Implementasi skenario OSPF maupun OSPF MPLS memberikan kinerja yang baik untuk layanan TCP dan UDP. Kinerja OSPF pada protocol TCP dalam pengukuran *throughput* mencapai kisaran 1832.82 b/s hingga 1939.91 b/s dengan nilai *index* 3, menunjukkan performa yang baik. Sementara *packet loss* sangat rendah, berkisar antara 0.04% hingga 0.22% dengan nilai *index* 4, menunjukkan keandalan yang tinggi. *delay* juga menunjukkan nilai sangat rendah (0.004 ms – 0.005 ms) dan *jitter* yang stabil (sekitar $-1.3E-04$ ms) dengan nilai *index* 4, mengindikasikan pengiriman data yang cepat dan stabil. Sementara Kinerja OSPF MPLS pada protocol TCP dalam pengukuran *throughput*, OSPF MPLS mencapai kisaran 1615.53 b/s hingga 1900.92 b/s dengan nilai *index* 3.75, menunjukkan performa yang stabil. Sementara *packet loss* rendah (0.07% - 0.21%) dan *delay* sangat rendah (0.005 ms) serta *jitter* juga yang rendah (sekitar $-3.8E-05$ ms), menandakan stabilitas yang baik. Secara umum untuk layanan TCP, OSPF memberikan performa yang memadai, dengan hasil pengukuran yang konsisten. Meskipun *throughput* sedikit lebih rendah daripada OSPF, kinerja OSPF MPLS tetap baik untuk layanan TCP.

Sementara untuk kinerja kedua protocol routing OSPF dan OSPF MPLS terhadap layanan UDP menunjukkan kinerja yang baik dalam pengukuran *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* untuk layanan UDP pada berbagai sesi waktu (15, 30, dan 60 detik). Tidak ada *packet loss* yang terdeteksi dalam kedua skenario, menunjukkan tingkat keandalan yang tinggi. Nilai *delay* dan *jitter* cenderung rendah, menunjukkan pengiriman data yang cepat dan stabil. Meskipun OSPF MPLS memiliki *throughput* sedikit

lebih rendah, kinerja keduanya konsisten dan baik, dengan nilai *index* rata-rata 3.75, yang masuk dalam kategori "bagus" menurut TIPHON pada semua sesi waktu pengukuran.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kedua skenario *routing*, baik OSPF maupun OSPF MPLS, memiliki kinerja yang baik dan cocok untuk layanan TCP dan UDP, dengan OSPF MPLS menunjukkan keandalan dan stabilitas yang baik meskipun dengan *throughput* yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan OSPF.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. R. Doni, "Implementasi Manajemen Bandwidth pada Jaringan Komputer dengan Router Mikrotik," *Evolusi: Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 7, no. 2, pp. 52–57, Sep. 2019.
- [2] R. R. A. A. Pelealu, D. Wonggo, and O. Kembuan, "Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Smk Negeri 1 Tahuna," *JOINTER*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [3] D. Supriadi, A. H. Jatmika, I. Wayan, and A. Arimbawa, "Analisis Perbandingan Protokol Routing OSPF dan RIPv2 Berdasarkan Variasi Jumlah Router Pada Jaringan MPLS dan Tanpa MPLS Menggunakan Simulator GNS3," *J-COSINE*, vol. 3, no. 1, pp. 10–18, 2019, [Online]. Available: <http://jcosine.if.unram.ac.id/>
- [4] Firmansyah, A. Fadlil, and R. Umar, "Analisis Forensik Metarouter pada Lalu Lintas Jaringan Klien," *Edu Komputika Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 54–59, 2019, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edukom>
- [5] N. Hildayanti and I. Riadi, "Forensics Analysis of Router On Computer Networks Using Live Forensics Method," *International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics*, vol. 8, no. 1, pp. 74–81, 2019, doi: 10.17781/P002559.
- [6] A. Manzoor, M. Hussain, and S. Mehrban, "Performance Analysis and Route Optimization: Redistribution between EIGRP, OSPF & BGP Routing Protocols," *Comput Stand Interfaces*, vol. 68, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.csi.2019.103391.
- [7] M. D. Mendoza, E. Daryanto, and O. Y. Hutajulu, "Analisis Kinerja Jaringan Internet FT-Unimed Dengan Protocol Routing Open Shortest Path First (OSPF) Dan Border Gateway Protocol (BGP)," *Jurnal Insinyur Profesional*, vol. 2, no. 1, pp. 16–24, Jul. 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jip>

- [8] W. Yunus and M. E. Lasulika, "Security System Analysis against Flood Attacks Using TCP, UDP, and ICMP Protocols on Mikrotik Routers," *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 11–19, Apr. 2022, doi: 10.25008/ijadis.v3i1.1231.
- [9] L. Vidya Yovita, T. Ariefianto Wibowo, I. Dyah Irawati, I. Hedi Santoso, S. Astuti, and A. Aditya Ramadha, *Jaringan Komunikasi Data dan Perkembangannya*. 2023. [Online]. Available: www.penerbitwidina.com
- [10] Niana, A. Hidayat Jatmika, and A. Zubaidi, "Analisis Perbandingan Performa Mode Trafik TCP Dan UDP Menggunakan Protokol Routing AODV dan DSR pada Jaringan Manet," *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer dan Aplikasinya (JTIKA)*, vol. 4, no. 1, pp. 21–26, Mar. 2022, [Online]. Available: <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>
- [11] V. Putra Heryanto, A. Riza, M. T. St, and S. T. Gaatot, "Simulasi dan Analisa QoS Multiprotocol Label Switching untuk Layanan Metronet pada Jaringan Pt. Indonesia Comnets Plus," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 5, no. 3, pp. 3132–3142, 2019.
- [12] N. Iryani, A. D. Ramadhani, and M. K. Sari, "Analisis Performansi Routing OSPF menggunakan RYU Controller dan POX Controller pada Software Defined Networking," *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 11, no. 1, p. 73, Apr. 2021, doi: 10.22441/incomtech.v11i1.10187.
- [13] A. M. Lidya and A. Mulyani, "Implementasi Dinamik Routing Protocol OSPF Pada Router di Jaringan Yatim Mandiri," *Jurnal Ilmiah Sekolah Tinggi Teknologi Informasi NIIT*, vol. 17, no. 1, 2021.
- [14] Z. Abubakar Yau and K. Chandrasekaran Arun, "Comparative performance evaluation of RIP with OSPF routing protocol," *Journal of Applied Technology and Innovation*, vol. 5, no. 3, pp. 2600–7304, 2021.
- [15] R. Yohanes and H. Nurwarsito, "Analisis Perbandingan Kinerja Single Area dan Multi Area Menggunakan Protokol Routing OSPF," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 11, pp. 4179–4186, 2020, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [16] A. B. Jayaramu and M. K. Banga, "Delay aware routing protocol using optimized AODV with BBO for MPLSMANET," *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, vol. 13, no. 5, pp. 29–37, Oct. 2020, doi: 10.22266/ijies2020.1031.04.
- [17] D. Enda and M. Asep Subandri, "Analisis QoS (Quality of Service) Sistem Monitoring Pintar Mitigasi Penularan Covid-19 Berbasis IOT," *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*, vol. 8, no. 1, pp. 39–46, 2021.
- [18] M. Khairul Qalbi and I. Riadi, "Optimalisasi Jaringan Wireless Menggunakan Quality of Service (QoS) dan Algoritma Hierarchical Token Bucket (HTB)," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 7–13, 2019, [Online]. Available: <http://journal.uad.ac.id/index.php/JSTIF>
- [19] K. Kurniawan and A. Prihanto, "Analisis Quality Of Service (QoS) Pada Routing Protocol OSPF (Open Short Path First)," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 03, 2022.
- [20] M. Handika, H. Herwin, D. Haryono, and R. Muzawi, "Implementation Of Dynamic Routing With OSPF (Open Shortest Path First) Technique In Local Area Network (LAN) At SMKN 2 Teluk Kuantan," *Jurnal Teknologi dan Open Source*, vol. 4, no. 1, pp. 65–70, Jun. 2021, doi: 10.36378/jtos.v4i1.1382.
- [21] A. Aji Bhuwana, U. Ali Ahmad, and R. Erfa Saputra, "Pengukuran Infrastruktur Jaringan Komputer di Kawasan Asrama Universitas Telkom Menggunakan Metode QoS | Computer Network Infrastructure Measurement in Telkom University Dormitory Area Using QoS Method," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 1974–1981, 2021.
- [22] R. Gatra and B. Sugiantoro, "Analisis Pengembangan Jaringan Komputer UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta menggunakan Perbandingan Protokol Routing Statik dan Routing Dinamis OSPF | Computer Network Development Analysis Of UIN Sunan Kalijaga With Comparison of Static Routing Protocols and OSPF Dynamic Routing," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 8, no. 2, pp. 235–244, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202182983.
- [23] Z. Bonok, "Pemanfaatan Teknologi Digital pada Praktikum Sistem Telekomunikasi Lanjut," *KNOWLEDGE: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*, vol. 3, no. 1, pp. 13–23, 2023.
- [24] A. Bilawal Ath Thoriqy, "Monitoring Jaringan dengan Spicework di CV. Mulya XX," *Jurnal PROSISKO*, vol. 9, no. 2, pp. 70–82, 2022, doi: <https://doi.org/10.30656/prosisko.v9i2.5381>.
- [25] M. Thae Naing, T. Thitsar Khaing, and A. Htein Maw, "Evaluation of TCP and UDP

- Traffic over Software-Defined Networking,” in *International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)*, 2019, pp. 7–12. doi: 10.1109/AITC.2019.8921086.
- [26] S. Takabayashi and Y. Ito, “A Study on QoE Improvement of Online Games with UDP Multipathization by SDN,” *SHS Web of Conferences*, vol. 7, 2020, doi: 10.1051/onf/20.
- [27] A. R. Maulana, Walidainy Hubbul, Irhamsyah Muhammad, Fathurrahman, and Akhyar, “Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Pada Website e-Learning Universitas Syiah Kuala Berbasis Wireshark,” *KITEKTRO: Jurnal Komputer, Teknologi Informasi, dan Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 27–30, 2021, doi: <https://doi.org/10.24815/kitektro.v6i2.2228>.
- [28] A. Yudhana, I. C. Kurniawan, I. Anshori, and I. Mufandi, “Performance evaluation of communication methods on electric wheelchairs as assistive technology for persons with disabilities,” *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 15, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.2478/ijssis-2022-0016.
- [29] N. Nayoan, T. M. Diansyah, and S. Khairani, “Implementasi Routing Protokol OSPFv3 pada IPv6 dengan Menggunakan Metode QoS,” 2020. [Online]. Available: www.snastikom.com
- [30] A. Budiman, M. Ficky Duskarnaen, and H. Ajie, “Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Internet SMK Negeri 7 Jakarta,” *Jurnal Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 32–36, 2020.
- [31] A. A. W. Aisyah, H. Pujiharsono, and M. A. Afandi, “Sistem Monitoring dan Kontrol Pakan Budidaya Ikan Lele menggunakan NodeMCU berbasis IoT,” *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, Jul. 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.533.
- [32] H. Adi Saputra, Pohny, and G. Mahendra Saputra, “Analisis QOS Jaringan 4G Dengan Menggunakan Aplikasi Wireshark (Studi Kasus: Tepian Samarinda, Taman Samarinda, dan Taman Cerdas),” *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [33] S. Aminah, “Manajemen Bandwidth dalam Mengoptimalkan Penggunaan Router Mikrotik terhadap Pelayanan Koneksi Jaringan,” *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, pp. 102–106, Sep. 2022, doi: 10.37034/infec.v4i3.144.
- [34] R. S. Hadikusuma, H. G. Sitindjak, and M. H. Assubhi, “Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Provider Tri Melalui Drive Test di Purwakarta,” *Barometer*, vol. 6, no. 2, pp. 387–394, 2021, doi: <https://doi.org/10.35261/barometer.v6i2.5205>.
- [35] R. A. Sianturi, F. Larosa, A. Gea, and H. Artikel, “Analisis QoS Routing OSPF IP Versi 4 dan OSPF IP Versi 6 Pada Mikrotik OS,” *Methodika: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 98–103, Oct. 2022, [Online]. Available: <http://ojs.fikom-methodist.net/index.php/methodika>
- [36] A. Ginanjar and K. A. Santoso, “Analisis Perbandingan Performance Video Streaming dengan Metode Routing Protocol Open Shortest Path First Routing Information Protocol, Intermediate System-Intermediate System,” *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.52447/jkte.v6i1.5727>.