

DESAIN DAN ANALISIS KINERJA ROUTING PROTOCOL OSPFV3 : SINGLE AREA VS MULTI AREA PADA MIKROTIK ROUTER-OS V6 MENGGUNAKAN GNS3

Beni Ari Hidayatulloh ¹, Jaka Septiadi ²

^{1,2} Pendidikan dan Sistem Teknologi Informasi, Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Purwakarta
Jln. Veteran No.8, Purwakarta, 41115, Jawa Barat

Email: ¹beniarih@upi.edu, ²jakaseptiadi@upi.edu

ABSTRAK

Performa routing protokol OSPFv3 sangat bergantung pada desain topologi jaringan, khususnya dalam skenario jaringan berskala besar yang menuntut efisiensi dan stabilitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja OSPFv3 dalam konfigurasi Single Area (SA) dan Multi Area (MA) terhadap parameter Quality of Service (QoS), yaitu throughput, delay, jitter, dan packet loss. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan desain uji coba langsung menggunakan GNS3 dan Mikrotik RouterOS v6. Data diperoleh dari simulasi ping dengan lima skenario (Ping 100 hingga Ping 1000) dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan perhitungan rata-rata dan interpretasi grafik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa OSPFv3 Multi Area memiliki kinerja lebih stabil dan efisien dibandingkan Single Area, dengan delay rata-rata lebih rendah (± 930 ms vs ± 3092 ms), jitter mendekati nol, dan tanpa packet loss. Sebaliknya, OSPFv3 SA mengalami delay ekstrem (hingga 11798 ms), jitter tinggi (maksimum 309,2 ms), dan 1% packet loss pada satu skenario. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat validitas pendekatan hierarkis dalam OSPFv3 sebagai strategi routing yang lebih unggul untuk jaringan berskala besar, serta memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan teori dan praktik desain jaringan modern berbasis IPv6.

Kata Kunci—OSPFv3, Multi Area, Single Area, Quality of Service, Mikrotik.

ABSTRACT

The performance of the OSPFv3 routing protocol highly depends on the design of the network topology, especially in large-scale network scenarios that demand high efficiency and stability. This study aims to compare the performance of OSPFv3 in Single Area (SA) and Multi Area (MA) configurations against Quality of Service (QoS) parameters, namely throughput, delay, jitter, and packet loss. The research method used is a quantitative experiment with a direct testing design using GNS3 and Mikrotik RouterOS v6. Data were obtained from ping simulations with five scenarios (Ping 100 to Ping 1000) and analyzed descriptively quantitatively with average calculations and graph interpretation. The research results show that OSPFv3 Multi Area has more stable and efficient performance compared to Single Area, with a lower average delay (± 930 ms vs ± 3092 ms), jitter approaching zero, and no packet loss. In contrast, OSPFv3 SA experiences extreme delays (up to 11798 ms), high jitter (maximum 309.2 ms), and 1% packet loss in one scenario. Overall, the results of this study reinforce the validity of the hierarchical approach in OSPFv3 as a superior routing strategy for large-scale networks, and significantly contribute to the development of theory and practice in modern IPv6-based network design.

Keywords—OSPFv3, Multi Area, Single Area, Quality of Service, MikroTik.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi jaringan komputer terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kebutuhan terhadap komunikasi data yang cepat, handal, dan efisien. Salah satu protokol routing yang secara luas digunakan untuk mendukung kebutuhan tersebut adalah Open Shortest Path First versi 3 (OSPFv3), yang merupakan pengembangan dari OSPFv2 dengan dukungan penuh terhadap Internet Protocol generasi keenam (IPv6) [1], [2]. OSPFv3 bekerja dengan menggunakan algoritma Dijkstra untuk menghitung jalur terpendek berdasarkan topologi jaringan, serta memiliki kemampuan untuk mengatur segmentasi jaringan dalam bentuk area-area yang saling terhubung secara hierarkis[3], [4].

Segmentasi area dalam OSPFv3 memiliki peran strategis dalam mengoptimalkan performa jaringan. Dalam konfigurasi single-area, seluruh router berada dalam satu wilayah routing tunggal (area backbone/area 0), sehingga semua informasi topologi harus dipertukarkan secara menyeluruh oleh seluruh router. Hal ini dapat menyebabkan beban komputasi yang tinggi dan proses konvergensi yang lebih lambat, terutama dalam jaringan berskala besar. Sebaliknya, konfigurasi multi-area memungkinkan pembagian jaringan ke dalam beberapa area terpisah yang terhubung melalui Area Border Router (ABR). Dengan pendekatan ini, penyebaran informasi topologi dibatasi pada masing-masing area, sehingga efisiensi routing dan skalabilitas jaringan dapat ditingkatkan [5].

Meskipun konsep pembagian area telah menjadi praktik umum dalam desain jaringan OSPFv3 [6], [7][8] pengaruhnya terhadap parameter performa jaringan, khususnya yang berkaitan dengan Quality of Service (QoS), masih memerlukan analisis lebih lanjut. QoS merupakan aspek penting dalam evaluasi kinerja jaringan dan mencakup parameter utama seperti throughput, delay, dan jitter [1], [9]. Dalam konteks jaringan berbasis IPv6, yang memiliki kompleksitas berbeda dibanding IPv4 [3] [10] pemahaman terhadap pengaruh struktur area OSPFv3 terhadap QoS menjadi semakin relevan dan krusial.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi dan analisis perbandingan kinerja OSPFv3 single-area dan multi-area pada jaringan IPv6 menggunakan MikroTik RouterOS v6 menggunakan Graphical Network Simulator-3 (GNS3). Pengujian dilakukan dengan melakukan pengiriman paket ICMPv6 (ping) dalam berbagai skenario percobaan pengiriman jumlah packet ICMP dan hasilnya dianalisis menggunakan tools packet monitoring untuk menghitung throughput, delay, jitter, dan packet loss yang digunakan sebagai acuan dalam pengukuran performa jaringan IPv6 [11].

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan desain

jaringan IPv6 yang lebih efisien, khususnya dalam konteks pemilihan arsitektur area OSPFv3. Selain itu, temuan yang diperoleh dapat menjadi referensi bagi akademisi, praktisi jaringan, dan pengembang infrastruktur teknologi informasi dalam menerapkan protokol routing yang adaptif terhadap kebutuhan performa tinggi dan stabilitas jaringan yang optimal.

II. METODELOGI PENELITIAN

Penulis menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental, dengan tujuan untuk membandingkan kinerja protokol OSPFv3 dalam konfigurasi Single Area (SA) dan Multi Area (MA) pada jaringan IPv6 menggunakan MikroTik RouterOS v6 menggunakan GNS3. Rancangan eksperimen dilakukan dengan membangun dua topologi jaringan yang identik dari sisi jumlah perangkat namun berbeda dalam struktur area.

A. Desain Topologi dan Spesifikasi Jaringan

Penelitian ini memanfaatkan dua skenario topologi jaringan untuk membandingkan efektivitas protokol OSPFv3 dalam konfigurasi Single Area (SA) dan Multi Area (MA). Keduanya dibangun menggunakan delapan node router MikroTik yang saling terhubung melalui antarmuka Ethernet virtual.

Untuk memastikan bahwa perbandingan performa antar topologi bersifat objektif dan terukur, semua parameter teknis jaringan dikonfigurasi secara identik pada kedua skenario. Hal ini mencakup pengaturan bandwidth link, ukuran Maximum Transmission Unit (MTU), rentang alamat IPv6, dan jenis media transmisi.

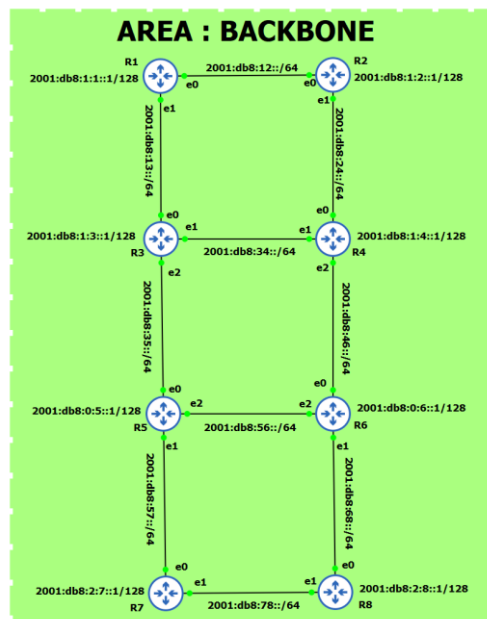
Adapun detail teknis dari jaringan simulasi yang digunakan pada penelitian ini dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 1 Spesifikasi Jaringan

Parameter	Nilai/Deskripsi
Jumlah Router	8 node (R1-R8)
Jumlah Area (MA)	3 (Area 1, Area 0, Area 2)
Kapasitas bandwidth link	10 Mbps
Jenis koneksi	Ethernet virtual
MTU (Maximum Transmission Unit)	1500 bytes (default MikroTik)
Rentang alamat IP	IPv6 (prefix 2001:db8::/64 per link point-to-point)

1. Topologi OSPFv3 Single Area (SA)

Seluruh router tergabung dalam satu area (Area 0). Informasi link-state disebarkan secara menyeluruh tanpa segmentasi wilayah, yang menyebabkan seluruh router harus menyimpan informasi topologi penuh.



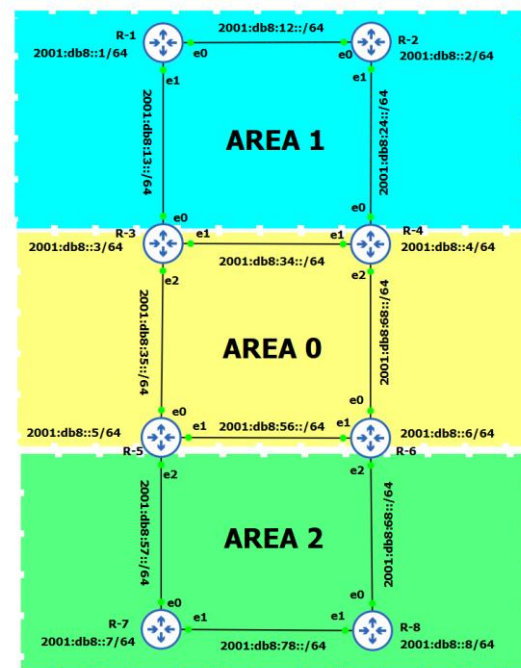
Gambar 1 Topologi OSPFv3 SA

Tabel 2 Sebaran IPv6 pada topologi SA

Router	Area	Peran	IPv6
R1↔R2	0	Backbone	2001:db8:12::/64
R1↔R3	0	Backbone	2001:db8:13::/64
R2↔R1	0	Backbone	2001:db8:12::/64
R2↔R4	0	Backbone	2001:db8:24::/64
R3↔R1	0	Backbone	2001:db8:13::/64
R3↔R4	0	Backbone	2001:db8:34::/64
R3↔R5	0	Backbone	2001:db8:35::/64
R4↔R2	0	Backbone	2001:db8:24::/64
R4↔R3	0	Backbone	2001:db8:34::/64
R4↔R6	0	Backbone	2001:db8:46::/64
R5↔R3	0	Backbone	2001:db8:35::/64
R5↔R6	0	Backbone	2001:db8:56::/64
R5↔R7	0	Backbone	2001:db8:57::/64
R6↔R4	0	Backbone	2001:db8:46::/64
R6↔R5	0	Backbone	2001:db8:56::/64
R6↔R8	0	Backbone	2001:db8:68::/64
R7↔R5	0	Backbone	2001:db8:57::/64
R7↔R8	0	Backbone	2001:db8:78::/64
R8↔R6	0	Backbone	2001:db8:68::/64
R8↔R7	0	Backbone	2001:db8:78::/64

1. Topologi OSPFv3 Multi Area (MA)

Jaringan dibagi ke dalam beberapa area (Area 1, Area 0, dan Area 2) dan terhubung melalui Area Border Router (ABR). Setiap area hanya menyimpan informasi topologi lokal, sementara rute antar-area dipertukarkan secara agregat. Hal ini bertujuan untuk mengurangi ukuran LSDB (Link State Database) dan meningkatkan efisiensi konvergensi.



Gambar 2 Design Topologi OSPFv3 Multi Area

Tabel 3 Sebaran IPv6 pada topologi SA

Router	Area	Peran	IPv6
R1↔R2	1	Router Internal	2001:db8:12::/64
R1↔R3	1	Router Internal	2001:db8:13::/64
R2↔R1	1	Router Internal	2001:db8:12::/64
R2↔R4	1	Router Internal	2001:db8:24::/64
R3↔R1	1	ABR	2001:db8:13::/64
R3↔R4	0	Backbone	2001:db8:34::/64
R3↔R5	0	Backbone	2001:db8:35::/64
R4↔R2	1	ABR	2001:db8:24::/64
R4↔R3	0	Backbone	2001:db8:34::/64
R4↔R6	0	ABR	2001:db8:46::/64
R5↔R3	0	ABR	2001:db8:35::/64
R5↔R6	0	Backbone	2001:db8:56::/64
R5↔R7	2	ABR	2001:db8:57::/64
R6↔R4	0	ABR	2001:db8:46::/64
R6↔R5	0	Backbone	2001:db8:56::/64
R6↔R8	2	ABR	2001:db8:68::/64
R7↔R5	2	Router Internal	2001:db8:57::/64
R7↔R8	2	Router Internal	2001:db8:78::/64
R8↔R6	2	Router Internal	2001:db8:68::/64
R8↔R7	2	Router Internal	2001:db8:78::/64

B. Alat dan Perangkat

Penelitian ini menggunakan simulasi virtual yang dilakukan pada lingkungan GNS3, sebuah emulator jaringan berbasis GUI. Router virtual yang digunakan adalah MikroTik RouterOS v6, karena mendukung konfigurasi OSPFv3 berbasis IPv6.

Untuk monitoring lalu lintas dan pengukuran performa, digunakan Wireshark sebagai alat bantu analisis paket ICMPV6 yang dikirim dari router sumber ke tujuan. ICMPV6 dipilih karena merupakan metode

standar untuk mengukur delay dan respons jaringan secara langsung.

Tabel 4 alat dan perangkat

Komponen	Keterangan
Emulator	GNS3
Sistem Operasi	MikroTik RouterOS v6
Protokol Routing	OSPFv3
Tools Monitoring	Wireshark

C. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui proses pengujian eksperimental dengan mengirimkan paket ICMP Echo Request (ping) dari router sumber R1 ke router tujuan R8. Tujuan utama dari pengiriman ini adalah untuk mengukur parameter QoS seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss.

Untuk menjamin variasi beban trafik, pengujian dilakukan dengan enam skenario jumlah ping dan tiga skenario durasi waktu simulasi. Seluruh skenario diuji dalam dua jenis topologi, yaitu OSPFv3 Single Area dan Multi Area. Data lalu lintas yang dihasilkan ditangkap dan dianalisis menggunakan Wireshark, yang memberikan informasi detail waktu kirim, waktu terima, dan kehilangan paket secara real-time.

Tabel berikut merangkum skema pengumpulan data yang digunakan:

Tabel 5 Skema pengumpulan data

Jumlah Ping	Durasi Simulasi	Jenis Data yang Dikumpulkan	Alat Bantu
100	3 menit	Delay, Jitter, Throughput, Packet Loss	Wireshark
200	5 menit	Delay, Jitter, Throughput, Packet Loss	Wireshark
300	7 menit	Delay, Jitter, Throughput, Packet Loss	Wireshark
400	9 menit	Delay, Jitter, Throughput, Packet Loss	Wireshark
500	10 menit	Delay, Jitter, Throughput, Packet Loss	Wireshark
1000	20 menit	Delay, Jitter, Throughput, Packet Loss	Wireshark

D. Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan membandingkan performa jaringan IPv6 dengan OSPFv3 menggunakan dua pendekatan konfigurasi area, yaitu Single Area (SA) dan Multi Area (MA). Teknik analisis dilakukan secara kuantitatif deskriptif dengan pendekatan empiris berdasarkan hasil pengukuran parameter Quality of Service (QoS) menggunakan Wireshark.

Tiga parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini adalah throughput, delay, dan jitter, yang masing-masing dihitung berdasarkan data real-time dari hasil pengiriman paket ICMP (ping).

Untuk memperkuat reliabilitas data eksperimen, dilakukan perhitungan margin of error untuk setiap parameter menggunakan rumus :

$$MoE = z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- z = nilai Z-score sesuai tingkat kepercayaan (misalnya 1,96 untuk 95% confidence level)
- σ = standar deviasi populasi (atau estimasi dari sampel)
- n = ukuran sampel

E. Implementasi

Pada masing-masing router MikroTik. Konfigurasi dilakukan melalui CLI (Command Line Interface) dengan langkah-langkah mencakup aktivasi IPv6, pengaturan alamat interface, pembuatan instance OSPFv3, pengaturan ID router, penentuan area, serta pengiklanan jaringan. Untuk topologi multi area, konfigurasi ABR menjadi fokus utama karena memainkan peran dalam pertukaran rute antar area. Setelah konfigurasi selesai, dilakukan validasi terhadap tabel routing dan stabilitas jaringan.

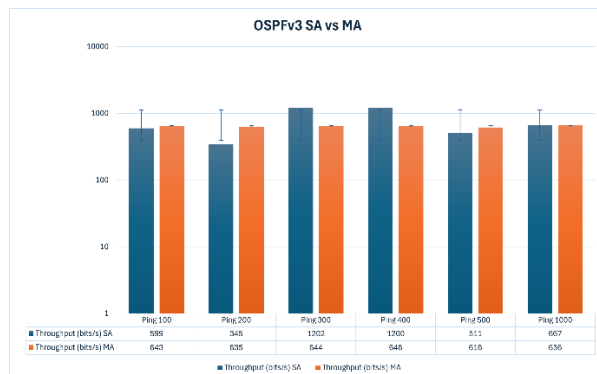
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dilakukan dengan melakukan evaluasi kualitas kinerja layanan Quality of Service (QoS) dengan mengukur empat parameter utama, yaitu throughput, delay, jitter, dan packet loss berdasarkan hasil simulasi OSPFv3 dalam dua skema topologi: Single Area (SA) dan Multi Area (MA) menggunakan GNS3.

A. Throughput : SA vs MA

Throughput adalah ukuran aktual dari jumlah data atau pekerjaan yang berhasil diproses atau dikirim oleh suatu sistem dalam satuan waktu tertentu, dan merupakan indikator utama kinerja sistem jaringan, sistem komunikasi, maupun proses industri. Nilai throughput yang tinggi menunjukkan sistem yang efisien dan cepat dalam memproses data atau menghasilkan output [12].

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Total Transmission Time (second)}}{\text{Total Data Received (bit)}}$$



Gambar 3 Throughput SA vs MA

Rata-rata throughput SA adalah 755,67 bits/s, dengan nilai tertinggi 1202 bits/s (Ping 300 dan 400) dan terendah 345 bits/s (Ping 200). Nilai throughput sangat fluktuatif. **Rata-rata throughput MA** adalah 637,5 bits/s, dengan rentang yang lebih sempit dan stabil, terendah 511 bits/s dan tertinggi 656 bits/s.

Skema MA memberikan throughput yang jauh lebih stabil, yang berarti jalur routing antar area diatur dengan efisien. Sementara SA mengalami fluktuasi tinggi, menunjukkan ketidakefisienan rute akibat penumpukan LSDB (Link-State Database). Walau SA sempat mencatat nilai throughput tertinggi, fluktuasi besar menunjukkan ketidakstabilan transmisi data. MA lebih konsisten, mendukung performa yang lebih dapat diprediksi dan stabil. TIPHON tidak menetapkan ambang throughput absolut, tetapi menekankan kestabilan dan konsistensi. MA memenuhi syarat ini, sementara SA tidak stabil.

B. Delay SA vs MA

Delay merujuk pada terlambatnya pengiriman data dari satu titik ke titik lain, diukur dalam satuan waktu (milidetik/ms). Delay menjadi indikator penting dalam menilai kinerja transmisi data pada jaringan computer [13].

$$\text{Delay} = \frac{\sum(\text{Waktu Sampai Paket} - \text{Waktu Kirim Paket})}{\text{Jumlah total paket (n)}}$$



Gambar 4 Delay SA vs MA

Simulasi SA menunjukkan delay tertinggi terjadi pada Ping 100 sebesar 11798 ms, dan nilai terendah 472 ms pada Ping 300. Rata-rata delay SA sangat tinggi dan tidak konsisten yaitu sebesar 2729,786 ms. Delay pada MA berkisar antara 874 ms hingga 904 ms, dengan rata-rata 897,866 ms, menunjukkan kestabilan lebih yang baik. MA memberikan performa yang jauh lebih efisien dalam mengirimkan paket data dibanding SA. Nilai delay ekstrem pada SA (Ping 100) dapat menandakan overload LSDB atau routing loop.

C. Jitter SA vs MA

Jitter merupakan variasi delay atau perbedaan waktu kedatangan paket data di jaringan. Dalam konteks ini, jitter mengukur seberapa besar perbedaan waktu antara satu paket data dengan paket berikutnya yang diterima pada tujuan. Semakin besar variasi tersebut, semakin tinggi nilai jitter [14]

$$\text{Jitter} = \frac{\sum |D_i - D_{i-1}|}{n - 1}$$

Nilai jitter bervariasi drastis, dari 0,0 ms (Ping 1000) hingga 309,2 ms (Ping 200), menunjukkan ketidakonsistenan pengiriman paket. Pada simulasi MA menghasilkan nilai jitter 0,0 ms hampir ke semua skenario simulasi kecuali Ping 200 yang hanya 0,1 ms. MA menunjukkan stabilitas waktu antar paket yang sangat tinggi, penting untuk aplikasi real-time seperti VoIP atau video streaming. Sebaliknya, SA kurang layak digunakan untuk trafik sensitif terhadap jitter.

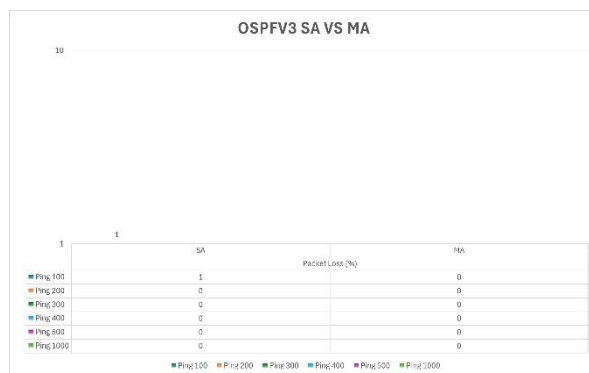


Gambar 5 Jitter SA vs MA

D. Packet Loss SA vs MA

Packet loss adalah banyaknya paket data yang gagal mencapai tempat tujuan dari total paket yang dikirimkan dalam suatu jaringan [15].

$$\text{Packet Loss (\%)} = \left(\frac{\text{Jumlah Paket Hilang}}{\text{Jumlah Paket yang Dikirim}} \right) \times 100\%$$



Gambar 6 Jitter SA vs MA

Pada simulasi SA terjadi 1% packet loss pada Ping 100 artinya dari 100 paket yang dikirim terdapat 1 paket yang hilang dan paket yang diterima sebanyak 99 dan pada skenario berikutnya menunjukkan tidak terjadi packet loss atau sisanya 0%. Simulasi MA menunjukkan tidak terjadi packet loss pada semua pengujian packet loss = 0%. MA lebih handal dalam menjaga keutuhan paket data, memperlihatkan efisiensi routing dan stabilitas jaringan yang lebih baik dibandingkan SA.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen yang disajikan dalam grafik dan tabel, terlihat bahwa protokol OSPFv3 dengan skenario Multi Area (MA) secara konsisten menunjukkan performa yang lebih stabil dan efisien dibandingkan dengan skenario Single Area (SA) dalam

hal throughput, delay, jitter, dan packet loss. Rata-rata throughput MA mencapai 637 bps, sedikit lebih tinggi dibandingkan SA yang hanya 755 bps namun dengan variabilitas yang tinggi, seperti terlihat pada lonjakan ekstrem throughput 1202 bps pada Ping 300 (SA). Delay pada SA menunjukkan nilai maksimum hingga 11798 ms (Ping 100), sedangkan pada MA nilai delay berkisar lebih rendah antara 874–1123 ms. Rata-rata jitter pada SA mencapai 89,82 ms dengan deviasi besar, sedangkan MA menunjukkan stabilitas optimal dengan jitter mendekati nol pada seluruh skenario.

Dari sisi packet loss, SA mengalami satu kasus kehilangan paket (1%) pada Ping 100, sementara MA tidak menunjukkan adanya packet loss sama sekali. Hasil ini menunjukkan bahwa MA mampu mengelola trafik secara lebih efisien dan konsisten, mendukung hipotesis bahwa pembagian area pada OSPFv3 dapat meningkatkan kinerja jaringan, terutama dalam mengurangi delay dan jitter. Temuan ini sejalan dengan teori topologi hierarkis OSPF yang menyatakan bahwa penggunaan area multipel dapat menurunkan beban pemrosesan LSDB dan mempercepat konvergensi. Implikasi dari hasil ini menunjukkan bahwa implementasi OSPFv3 dengan pendekatan multi-area direkomendasikan untuk jaringan berskala besar dan kompleks guna memastikan stabilitas dan performa jaringan yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penulisan paper ini. Terima kasih khusus disampaikan kepada Prof. Dr. Yayan Nurbayan selaku Direktur UPI Kampus Purwakarta dan tim pengujian yang telah menyediakan fasilitas dan bantuan teknis selama proses simulasi dan pengumpulan data. Penghargaan juga diberikan kepada rekan-rekan dosen atas masukan konstruktif yang memperkaya analisis dan penyusunan paper ini. Semoga kontribusi kecil ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik dalam bidang jaringan komputer.

REFERENSI

- [1] Fahmi, Muladi, M. Ashar, A. P. Wibawa, and Purnawansyah, "IPv6 vs IPv4 Performance Simulation and Analysis using Dynamic Routing OSPF," in *Proceedings - 2021 4th International Conference on Computer and Informatics Engineering: IT-Based Digital Industrial Innovation for the Welfare of Society, IC2IE 2021, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, 2021, pp. 452–456. doi: 10.1109/IC2IE53219.2021.9649228.
- [2] Md. A. Hossain and Mst. S. Akter, "Study and Optimized Simulation of OSPFv3 Routing Protocol in IPv6 Network," *Global Journal of Computer Science*

- and Technology, pp. 11–16, Mar. 2019, doi: 10.34257/gjestevol19is2pg11.
- [3] O. Kurniawan, A. Taufik, and F. Ariani, “Perancangan Routing OSPF Mikrotik pada PT. Arsen Kusuma Indonesia,” *Journal of Information System, Informatics and Computing*, vol. 8, no. 2, p. 354, Dec. 2024, doi: 10.52362/jisicom.v8i2.1682.
- [4] M. Huda and W. Andriyani, “Multi-Area OSPF Analysis Using Virtual Link and GRE Tunnel,” *Eduvest-Journal of Universal Studies*, vol. 5, no. 2, pp. 1804–1819, 2025, [Online]. Available: <http://eduvest.greenvest.co.id>
- [5] N. Chandan and Rohan N, “OSPF (Open Short Path First) Multi-Area Configuration and Verification,” *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net
- [6] N. T. Hadi, M. P. Muslim, N. Maulana, and H. K. Prabu, “Performance Analysis of IPv6 Dynamic Routing Protocol Using Mikrotik Routers,” in *Proceedings - 6th International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System, ICIMCIS 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024, pp. 1067–1071. doi: 10.1109/ICIMCIS63449.2024.10956345.
- [7] M. F. Irawan, M. A. Nugroho, and I. Asror, “Comparative Analysis Performance of Dynamic Routing OSPF and Segment Routing,” in *2024 12th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, 2024, pp. 93–100. doi: 10.1109/ICoICT61617.2024.10698049.
- [8] A. N. Shah and S. Kang, “A Practical Analysis Report of Rip, EIGRP, And an OSPF Dynamic Routing Protocol using the Network Simulator Tool GNS-3,” *International Journal of Distributed and Parallel systems*, vol. 13, no. 5, pp. 1–17, Sep. 2022, doi: 10.5121/ijdps.2022.13501.
- [9] S. U. Masrurah, 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,” in *2022 10th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/CITSM56380.2022.9935989.
- [10] N. W. A. Majid and S. Fuada, “RIP VS. OSPF ROUTING PROTOCOLS: WHICH ONE IS THE BEST FOR A REAL-TIME COMPUTER NETWORK?,” *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 249–256, Apr. 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3796.
- [11] I. M. A. P. J. D et al., “Video Streaming QoS Analysis with TIPHON Standard NDNs,” in *2023 9th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 2023, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICWT58823.2023.10335399.
- [12] M. Rifki Wardana and D. B. Santoso, “Analisis Throughput Distribusi Jaringan Nirkabel Pada Politeknik Bumi Akpelni,” *Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika (JURASIK)*, vol. 8, no. 2, pp. 558–567, 2023, [Online]. Available: <https://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jurasik>
- [13] F. Fakhrusy, S. Sadeli, and D. Aryanta, “Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi SNETO 2021 Kinerja Delay Transmisi Jaringan Komputer menggunakan Wireshark Pada Topologi Star.”
- [14] M. Hasbi and N. R. Saputra, “ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) JARINGAN INTERNET KANTOR PUSAT KING BUKOPIN DENGAN MENGGUNAKAN WIRESHARK,” 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- [15] A. rizky and P. Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi, “ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QoS) LAYANAN JARINGAN DATA INTERNET PADA GAME ONLINE,” *JURNAL TEKTRON*, vol. 5, no. 1, p. 43, 2021.