Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 25, No 3 (2025): Oktober, 1514-1532
DOI: 10.33087/jiubj.v25i3.6316

Analisis Algoritma *Link-State* yang digunakan pada Protokol *Routing Is-Is* dan OSPF

Sabbiisma Robbi, Tengku Mohd Diansyah
Teknik Informatika, Fakultas Teknik Dan Komputer, Universitas Harapan Medan
Correspondence: gangmulia70@gmail.com, dian.10.22@gmail.com

ABSTRAK
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis algoritma *link-state* yang diterapkan dalam dua protokol routing interior, yaitu OSPF (*Open Shortest Path First*) dan IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System*), berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS) dan waktu konvergensi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen melalui simulasi jaringan menggunakan perangkat lunak GNS3 dan analisis lalu lintas menggunakan Wireshark. Topologi jaringan dibangun dengan sembilan router dan pembagian area untuk mengamati efektivitas algoritma dalam kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. Parameter yang diuji mencakup *delay*, *jitter*, *throughput*, *packet loss*, jumlah *hop*, routing *cost*, dan waktu konvergensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa IS-IS cenderung menghasilkan delay dan *cost* yang lebih stabil antar-area, sementara OSPF unggul dalam kecepatan konvergensi. Oleh karena itu, pemilihan protokol routing dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan jaringan, apakah mengutamakan kestabilan atau kecepatan pemulihan rute.

Kata Kunci: *Ospf, Is-Is, Qos, Link-State, Routing*.

ABSTRACT
This study aims to analyze the link-state algorithm implemented in two interior routing protocols, OSPF (Open Shortest Path First) and IS-IS (Intermediate System to Intermediate System), based on Quality of Service (QoS) parameters and convergence time. The research uses a quantitative approach with an experimental method through network simulation using GNS3 and traffic analysis via Wireshark. A nine-router topology with area segmentation is built to evaluate the performance of each protocol under normal and failure conditions. The parameters tested include delay, jitter, throughput, packet loss, hop count, routing cost, and convergence time. The results indicate that IS-IS tends to provide more stable delay and routing cost across areas, while OSPF performs better in convergence speed. Therefore, selecting the appropriate routing protocol depends on the network's preference between stability and recovery speed.

Keywords: *Ospf, Is-Is, Qos, Link-State, Routing.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah diciptakan untuk berbagai tujuan dan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan. Terutama di bidang informasi, pendidikan dan komunikasi. hampir semua orang menggunakan layanan internet dan tentu tidak hanya mengandalkan kecepatan namun transfer data juga perlu tepat, efisien dan andal. Karena itu, diperlukan protokol routing untuk memastikan proses transfer data berjalan cepat, efisien, dan andal. Protokol routing (*Routing Protocol*) sendiri dibagi menjadi 2 berdasarkan karakteristiknya, routing dinamis dan routing statis. Routing dinamis merupakan metode pemilihan rute pengiriman data yang bergantung pada kondisi jaringan secara *real-time*. Sedangkan Routing Statis adalah protokol routing yang memilih rute pengiriman berdasarkan rute yang telah ditentukan secara manual oleh administrator melalui tabel routing (Muliandri et al., 2019)

Routing dinamis adalah protokol routing yang bisa menentukan jalur terbaik untuk pengiriman data dari satu titik ke titik lainnya dan memiliki 2 jenis di antaranya ialah *Interior Gateway Protocol* (IGP) *dan Exterior Gateway Protocol* (EGP). *Interior Gateway Protocol* (IGP) dirancang untuk digunakan dalam satu *Autonomous System.* Selanjutnya *Exterior Gateway Protocol* (EGP) merupakan protokol routing yang dibuat dan didesain untuk menghubungkan beberapa *Autonomous System.* Pada IGP terdapat 2 jenis lagi, yang pertama berdasarkan jarak yang ditentukan oleh banyaknya router (*Distance Vector*) dan yang kedua ditentukan dengan jarak yang paling dekat atau tercepat menuju router sehingga didapatkan rute terbaik **(***Link State*). Contoh routing pada *Distance Vector* adalah RIP (*Routing Information Protocol*), IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*) dan EIGRP (*Enhanced Interior*

Gateway Routing Protocol), Sementara untuk Link State adalah OSPF (*Open Shortest Path First*) dan IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System*) (Huwae et al., 2022).

Link-state routing memiliki kelebihan dan kemampuan untuk memperhatikan topologi dalam sebuah jaringan secara menyeluruh. Protokol ini bisa mengumpulkan informasi dari semua router yang sudah terhubung. Cara kerja *link-state* dimulai dengan setiap router yang mengumpulkan informasi tentang *interface*, waktu tempuh (*round-trip*), dan bandwidth, lalu saling bertukar informasi routing. Nilai yang paling efisien yang akan digunakan sebagai jalur dan dimasukkan ke tabel routing (Rifiani et al., 2023). Kedua protokol routing tersebut mendukung tipe pengalamatan jaringan yang menggunakan konsep VLSM (*Variable Length Subnet Mask*) dan mekanisme route *summarization* (*supernetting*). Lalu menggunakan konsep *Designated Router*, *Backup Designated Router* dan algoritma Dijkstra (Schule, 2024); (Sulaiman, 2017). OSPF dan IS-IS menggunakan konsep area dan paket *Hello* untuk membuat *adjacency* sehingga router bisa saling terhubung satu sama lain ketika ada pengurangan maupun penambahan router (Rahman & Nurwasito, 2020); (Szczesniak et al, 2019).

Perbedaan antara OSPF dan IS-IS ditunjukkan pada adanya informasi IP pada paket. OSPF berada pada *network layer* dan berperan pada *IP network*. Sehingga terdapat 2 versi dari OSPF, ada OSPFv2 untuk diterapkan pada *IPv4* dan OSPFv3 untuk *IPv6*. Sementara IS-IS dapat digunakan secara fleksibel pada *IPv4* maupun *IPv6*, hal ini dikarenakan IS-IS tidak perlu membawa alamat IP dalam pengiriman paket (Huwae et al., 2022). Perbedaan lainnya dari kedua protokol routing ini adalah penentuan area dari setiap router. Dalam OSPF *interface* routernya bisa masuk kedalam area yang berbeda sedangkan pada IS-IS semua *interface* routernya harus masuk kedalam area yang sama dan hanya terbagi dalam 2 level, lalu pada OSPF area *backbone* harus menggunakan area 0 sedangkan pada IS-IS tidak harus menggunakan area 0 dan yang terakhir OSPF lebih cocok diterapkan pada jaringan berskala besar dengan kompleksitas tinggi, sedangkan IS-IS lebih efisien untuk jaringan yang lebih sederhana (Huwae et al., 2022).

Masalah pada jaringan sering kali muncul dan tidak dapat diatasi secara otomatis oleh perangkat router. Kadang masalah jaringan ini muncul karena terdapat perbedaan antara *protocol routing* dalam sebuah *autonomous system* (AS). Perbedaan Protokol ini disebabkan karena beberapa faktor seperti kebutuhan protokol routing yang berbeda di tiap *autonomous system* (AS), penggabungan sebuah topologi jaringan dengan Protokol yang berbeda, dan pergantian protokol routing sebuah topologi jaringan, sehingga diperlukan campur tangan administrator jaringan (Sofana, 2018). Karena itu diperlukan sebuah metode sebagai penghubung antara beberapa Protokol routing di dalam sebuah topologi. Topologi dapat diartikan sebagai *layout* atau arsitektur atau diagram jaringan komputer. Topologi merupakan suatu aturan untuk menghubungkan komputer secara fisik. Topologi berkaitan dengan cara komponen-komponen jaringan seperti: *server, workstation, switch* untuk saling berkomunikasi melalui media transmisi data. Topologi sendiri terdiri dari topologi *bus, ring, mesh, star, tree, peer to peer, linier, hybrid,* dan WLAN (Sofana, 2018).

Protokol IS-IS awalnya dikembangkan oleh ISO *(International Organization for Standardization*) untuk mendukung jaringan berbasis CLNS (*Connectionless Network Service)* dan kemudian diadaptasi untuk mendukung jaringan IP. Sementara itu, OSPF dirancang oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*) dan sangat populer dalam jaringan IP berbasis TCP/IP. Meskipun keduanya menggunakan algoritma *link-state*, ada perbedaan mendasar dalam cara keduanya mengelola dan menyebarkan informasi routing, yang mempengaruhi performa jaringan dalam berbagai skenario. Dalam era di mana keandalan dan efisiensi jaringan sangat diperlukan, memahami perbedaan dan persamaan antara IS-IS dan OSPF menjadi sangat penting (Sundari et al, 2024). Analisis mendalam tentang bagaimana kedua protokol ini memanfaatkan algoritma *link-state* dapat membantu jaringan beroperasi secara lebih optimal, terutama dalam hal skalabilitas, keamanan, dan pemanfaatan *bandwidth*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan algoritma *link-state* pada protokol routing OSPF dan IS-IS, serta mengevaluasi performa dan karakteristik masing-masing protokol berdasarkan implementasi dalam topologi jaringan yang berbeda.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif (Sugiyono, 2019), dengan metode eksperimen melalui simulasi jaringan

menggunakan perangkat lunak GNS3 dan analisis lalu lintas menggunakan Wireshark. Topologi jaringan dibangun dengan sembilan router dan pembagian area untuk mengamati efektivitas algoritma dalam kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. Parameter yang diuji mencakup *delay*, *jitter*, *throughput*, *packet loss*, jumlah *hop*, routing *cost*, dan waktu konvergensi.

HASIL

Analisis Delay

Delay atau waktu tunda adalah parameter utama dalam evaluasi kualitas layanan (QoS) jaringan, yang menunjukkan lamanya waktu tempuh paket dari pengirim ke penerima. Semakin kecil nilai *delay*, semakin baik performa jaringan dalam hal responsivitas. Pengukuran *delay* dilakukan dengan menggunakan perintah ping antar perangkat host yang berada dalam area yang sama maupun berbeda. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan hasil yang objektif dan stabil. Data hasil pengukuran kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai *delay* rata-rata.

Tabel 1
Persentase Delay

Kategori	Rentang (ms)
Sangat Baik	< 150
Baik	150 - 300
Cukup	300 - 450
Buruk	> 450

Sumber: Arvansyah et al (2024)

Untuk memperoleh nilai delay yang akurat, dilakukan dua pendekatan analisis, yaitu secara manual dan menggunakan alat bantu iperf3.

1. Analisis Manual (Ping):

Pengujian OSPF dan IS-IS dilakukan dengan perintah ping antar host untuk mengukur waktu *round-trip* (RTT) dari satu perangkat ke perangkat lain. Perintah *ping* dijalankan sebanyak 10 kali, dan hasil waktu tunda dari tiap percobaan dicatat. Selanjutnya, nilai rata-rata dihitung untuk mendapatkan *average delay* dalam milidetik (ms). Contoh perintah jika ping pc 1 ke pc 8:

Sumber: data olahan

Gambar 1
Proses Analisis Delay

- Jumlahkan Semua Nilai Time
  Total delay = 91,9 + 88,7 + 85,8 + 88,3 + 82,6 + 80,0 + 80,2 + 80,4 + 91,1 + 91,9 + 79,6 + 79,1 = 1019,6 ms
- Hitung Rata-Rata Delay (*Average Delay*)
  Jumlah pengujian = 12
  Delay rata-rata = $\frac{1019.6}{12} = 84.97$ ms

2. Analisis Dengan Iperf3 (Ping)

Gambar 1 juga menampilkan hasil statistik otomatis dari perintah *ping* yang memberikan informasi *delay* secara ringkas melalui empat parameter utama, yaitu minimum (min), rata-rata (avg), maksimum (max), dan deviasi rata-rata (mdev). Dalam hasil pengujian tersebut, nilai *delay* rata-rata (*average round-trip time*) yang dihasilkan adalah sebesar 86.517 ms, dengan nilai minimum 79.079 ms, maksimum 93.927 ms, dan deviasi waktu sebesar 5.317 ms.

Nilai rata-rata ini sejalan dengan hasil perhitungan manual sebelumnya yang memperoleh 84.97 ms, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode penghitungan delay secara manual dan otomatis memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Nilai avg yang ditampilkan oleh perintah ping secara otomatis ini dihitung dari keseluruhan waktu round-trip (RTT) selama pengiriman dan penerimaan paket ICMP, menjadikannya parameter yang sangat representatif untuk menggambarkan kinerja respons jaringan dalam kondisi normal.

Statistik ini penting untuk mendukung analisis performa jaringan berbasis protokol routing, karena delay yang tinggi dapat mengindikasikan adanya kemacetan, rute yang tidak optimal, atau gangguan jaringan. Dengan memanfaatkan hasil statistik ini, proses evaluasi menjadi lebih cepat dan konsisten tanpa perlu menghitung manual dari setiap baris *time*

Tabel 2
Waktu Delay Normal

No.	Pengujian	OSPF (Sama Area)	OSPF (Antar Area)	IS-IS (Sama Area)	IS-IS (Antar Area)
1	Pengujian 1	91.8	99.7	91	120
2	Pengujian 2	79.9	91	91	87.9
3	Pengujian 3	92.2	91	74.8	86.5
4	Pengujian 4	91.6	108	78	85.3
5	Pengujian 5	86.3	108	85.9	86.9
6	Pengujian 6	86.3	108	85	83.1
7	Pengujian 7	87.6	107	85	81.9
8	Pengujian 8	85.3	107	83.2	81.9
9	Pengujian 9	83.8	107	94.3	79.9
10	Pengujian 10	79.6	108	94.3	79.5
Rata-rata		86.44	103.47	86.25	87.29

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 1 pengujian dilakukan antara PC1 (192.168.1.2) ke PC4 (192.168.4.3) untuk komunikasi dalam area yang sama (Satu Area) dan dari PC1 ke PC8 (192.168.7.3) untuk komunikasi antar area (Antar Area). Setiap skenario pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan, menggunakan utilitas ping dalam lingkungan simulasi GNS3 dan pencatatan melalui *Wireshark*. Hasil menunjukkan bahwa baik pada OSPF maupun IS-IS, *delay* rata-rata komunikasi dalam satu area (*intra-area*) lebih rendah dibandingkan komunikasi antar area (*inter-area*). Pada protokol OSPF, rata-rata *delay intra-area* sebesar 86.44 ms, sedangkan *delay inter-area* mencapai 103.47 ms. Hal ini menunjukkan efisiensi rute yang lebih tinggi saat komunikasi tidak melewati Area Border Router (ABR).

Pada IS-IS, kondisi serupa terjadi dengan rata-rata *delay intra-area* sebesar 86.25 ms, sedangkan *inter-area* sebesar 87.29 ms. Meskipun selisihnya tidak sebesar OSPF, perbedaan ini mencerminkan overhead tambahan saat paket melintasi level yang berbeda melalui L1/L2 router. Secara umum, protokol IS-IS menunjukkan hasil *delay* yang sedikit lebih konsisten antar skenario. Namun, OSPF cenderung menghasilkan *delay* lebih rendah dalam kondisi komunikasi dalam satu area.

Tabel 3
Waktu Delay Gangguan

No	Pengujian	OSPF (Satu Area)	OSPF (Antar Area)	IS-IS (Satu Area)	IS-IS (Antar Area)
1	Pengujian 1	91.5	140.4	91.5	140.5
2	Pengujian 2	85.4	150.2	85.4	150.2
3	Pengujian 3	88.7	145.6	88.7	145.6
4	Pengujian 4	84.2	148.3	84.2	148.3
5	Pengujian 5	89.9	147.8	89.9	147.8
6	Pengujian 6	90.0	144.9	90.0	144.9
7	Pengujian 7	91.5	151.3	91.5	151.3
8	Pengujian 8	89.3	153.5	89.3	153.5
9	Pengujian 9	90.3	148.6	90.3	148.6
10	Pengujian 10	85.1	149.6	85.1	149.6
Rata-rata		88.59	148.02	88.59	148.02

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 3 pengujian dilakukan untuk menguji kondisi saat terjadi masalah di jaringan, dilakukan pengujian yang sama seperti sebelumnya (antara PC1 ke PC4 dan PC1 ke PC8), namun dengan mematikan router R9, yang merupakan jalur utama antar area. Tujuan dari skenario ini adalah untuk melihat bagaimana masing-masing protokol menghadapi gangguan, apakah mereka dapat tetap mengirimkan data melalui jalur lain, dan seberapa cepat proses itu dilakukan. Pada kondisi gangguan, dilakukan pemutusan koneksi simulatif dengan mematikan router R9, yang berfungsi sebagai penghubung utama antar area. Tujuannya adalah untuk menguji resiliensi protokol dalam menemukan jalur alternatif dan bagaimana hal ini berdampak terhadap *delay*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *delay* meningkat secara signifikan. Pada OSPF, *delay* rata-rata dalam satu area naik menjadi 88.59 ms, sementara *delay* antar area melonjak ke 148.02 ms, menunjukkan dampak besar dari gangguan terhadap proses konvergensi dan perhitungan ulang jalur. IS-IS menunjukkan pola yang sangat mirip, dengan *delay intra-area* sebesar 88.59 ms dan *delay* antar area juga mencapai 148.02 ms. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi gangguan besar seperti putusnya jalur utama, kedua protokol mengalami peningkatan *delay* yang signifikan, terutama untuk komunikasi antar area/level.

Analisis Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* atau waktu tunda antar paket dalam jaringan. Nilai jitter yang tinggi dapat menyebabkan gangguan kualitas layanan, terutama pada aplikasi real-time seperti VoIP atau video streaming. Oleh karena itu, pengukuran jitter sangat penting dalam mengevaluasi stabilitas dan konsistensi pengiriman paket (Arief et al, 2023). Pengujian jitter dilakukan dengan memanfaatkan tools seperti iPerf yang mampu mengukur perbedaan antar waktu tiba paket secara berurutan. Hasil dari pengujian ini diinterpretasikan ke dalam kategori kualitas jaringan berdasarkan rentang nilai jitter.

Tabel 4
Kategori Jitter

Kategori	Rentang Jitter (ms)
Sangat Baik	< 20 ms
Baik	20 – 50 ms
Cukup	50 – 100 ms
Buruk	> 100 ms

Sumber: data olahan

Proses perhitungan jitter secara manual untuk OSPF dan IS-IS berdasarkan hasil pengukuran delay dari perintah ping. Nilai jitter dihitung dengan mencari selisih absolut antar waktu delay setiap paket, lalu dirata-ratakan.

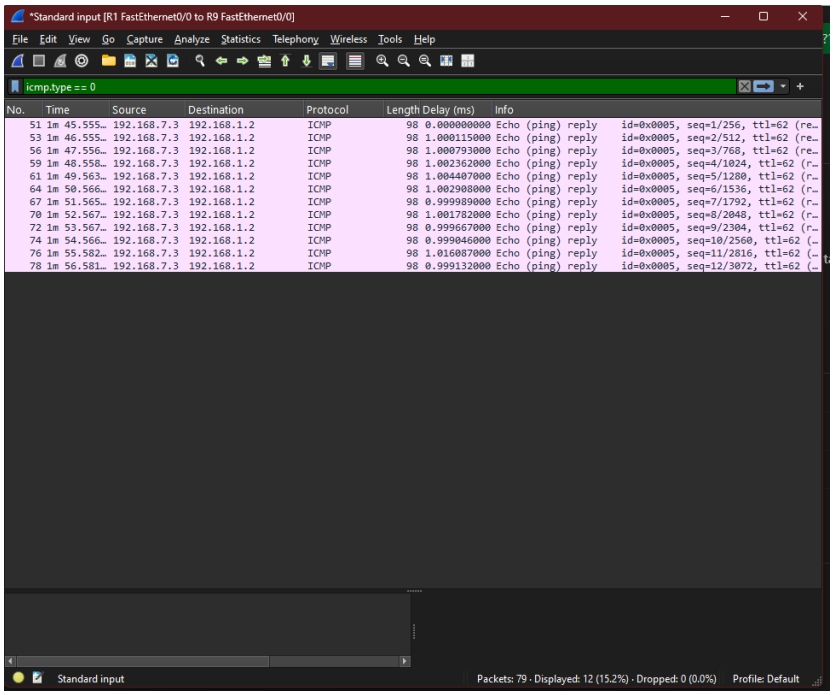
Tabel 5
Data Jitter

No	Delay (ms)	Selisih (Jitter)
1	91.9	-
2	88.7	3.2
3	85.8	2.9
4	88.3	2.5
5	82.6	5.7
6	80.0	2.6
7	80.2	0.2
8	80.4	0.2
9	91.1	10.7
10	91.9	0.8
11	79.6	12.3
12	79.1	0.5

Sumber: data olahan

Tabel 5 merupakan data yang diambil Gambar 2, yang mana dalam menghitung pertama-tama harus mencari nilai selisih, nilai selisih bisa dicari menggunakan rumus:
$Jitter_i = |delay_i - delay_{i-1}|$

Total jitter = 3,2 + 2,9 + 2,5 + 5,7 + 2,6 + 0,2 + 0,2 + 10,7 + 0,8 + 12,3 + 0,5 = 41,6 ms
Jitter rata-rata = $\frac{41.6}{11} = 3.78\ ms$



Sumber: data olahan

Gambar 2
Packet Wireshark Jitter 1

Gambar 2 menunjukkan proses perhitungan jitter menggunakan aplikasi *Wireshark*. Pada gambar tersebut, *filter icmp.type == 0* diterapkan untuk hanya menampilkan paket *ICMP Echo Reply*, yang digunakan sebagai dasar perhitungan waktu tiba antar paket. Dengan menambahkan kolom *Time Since Previous Displayed Packet*, peneliti mencatat selisih waktu antar kedatangan paket balasan ICMP. Data tersebut digunakan untuk menghitung *jitter* secara manual dengan rumus selisih absolut antar waktu *delay*. Perhitungan ini telah dilakukan secara manual sebelumnya, dan gambar ini ditampilkan sebagai bukti visual bahwa data jitter dapat dikumpulkan langsung dari Wireshark dengan akurat.

Tabel 6
Waktu Jitter Kondisi Normal

No	Pengujian	OSPF (Satu Area)	OSPF (Antar Area)	IS-IS (Satu Area)	IS-IS (Antar Area)
1	Pengujian 1	5.87	5.657	6.201	5.858
2	Pengujian 2	5.934	5.648	6.143	5.686
3	Pengujian 3	5.841	5.743	6.098	5.801
4	Pengujian 4	5.991	5.789	5.991	5.966
5	Pengujian 5	5.712	5.85	5.89	5.934
6	Pengujian 6	5.754	5.623	5.841	5.91
7	Pengujian 7	5.815	5.703	5.755	5.878
8	Pengujian 8	5.703	5.789	5.703	5.844
9	Pengujian 9	5.789	5.721	5.662	5.743
10	Pengujian 10	5.697	5.721	5.618	5.721
Rata-rata		5.811	5.725	5.895	5.834

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 6, dilakukan pengujian jitter dalam kondisi normal, dengan skenario komunikasi antara PC1 ke PC4 (*intra-area*) dan PC1 ke PC8 (*inter-area*) menggunakan dua protokol routing, yaitu OSPF dan IS-IS. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa besar fluktuasi waktu antar paket (jitter) dalam kondisi jaringan yang stabil.

Pada protokol OSPF, jitter rata-rata untuk komunikasi dalam satu area tercatat sebesar 5.81 ms, sementara untuk komunikasi antar area sedikit lebih rendah yaitu 5.72 ms. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa OSPF memiliki performa yang konsisten dalam menjaga kestabilan jeda antar paket baik di dalam area maupun antar area. Sementara itu, protokol IS-IS menunjukkan nilai jitter yang sedikit lebih tinggi dibandingkan OSPF. Pada komunikasi *intra-area*, jitter rata-ratanya sebesar 5.89 ms dan antar-area sebesar 5.83 ms. Meskipun selisihnya relatif kecil, hasil ini menandakan bahwa OSPF sedikit lebih unggul dalam menjaga kestabilan jeda waktu antar paket dalam kondisi jaringan yang tidak terganggu. Secara keseluruhan, kedua protokol menunjukkan karakteristik jitter yang stabil dalam kondisi normal, dengan OSPF menunjukkan performa yang lebih konsisten dibanding IS-IS dalam skenario ini.

Tabel 7
Waktu Jitter Kondisi Gangguan

No	Pengujian	OSPF (Satu Area)	OSPF (Antar Area)	IS-IS (Satu Area)	IS-IS (Antar Area)
1	Pengujian 1	5.741	5.774	5.217	6.143
2	Pengujian 2	5.786	5.69	5.11	6.217
3	Pengujian 3	5.678	5.814	5.389	6.421
4	Pengujian 4	5.801	5.702	5.434	6.502
5	Pengujian 5	5.755	5.844	5.344	6.621
6	Pengujian 6	5.82	5.738	5.207	6.701
7	Pengujian 7	5.667	5.836	5.413	6.834
8	Pengujian 8	5.781	5.697	5.217	6.912
9	Pengujian 9	5.72	5.865	5.366	6.889
10	Pengujian 10	5.772	5.861	5.487	6.729
Rata-rata		5.772	5.79	5.38	6.667

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 7, dilakukan pengujian jitter dalam kondisi gangguan, dengan skenario komunikasi antara PC1 ke PC3 (*intra-area*) dan PC1 ke PC8 (*inter-area*), dengan mematikan router R9 sebagai bentuk simulasi gangguan link pada jaringan. Pengujian ini dilakukan untuk menilai bagaimana protokol routing OSPF dan IS-IS menjaga kestabilan jeda antar paket (jitter) ketika terjadi gangguan pada jalur komunikasi utama. Hasil pengujian, protokol OSPF mencatatkan rata-rata jitter sebesar 5.78 ms untuk komunikasi dalam satu area, dan sebesar 5.79 ms untuk komunikasi antar area. Nilai ini menunjukkan bahwa performa OSPF tetap stabil meskipun terjadi gangguan, dengan fluktuasi jitter

yang tidak jauh berbeda dibandingkan kondisi normal.

Sementara itu, pada protokol IS-IS, jitter rata-rata untuk komunikasi *intra-area* tercatat sebesar 5.38 ms, sedangkan untuk komunikasi antar area meningkat menjadi 6.67 ms. Kenaikan nilai jitter yang cukup signifikan pada komunikasi antar area menunjukkan bahwa protokol IS-IS relatif lebih terdampak oleh gangguan jaringan, khususnya saat jalur antar area terganggu. Secara umum, meskipun kedua protokol masih menunjukkan performa yang cukup baik dalam menghadapi gangguan, OSPF kembali menunjukkan kestabilan yang lebih konsisten dibandingkan IS-IS, terutama dalam menjaga jeda waktu antar paket tetap rendah dan stabil.

Analisa Packet Loss

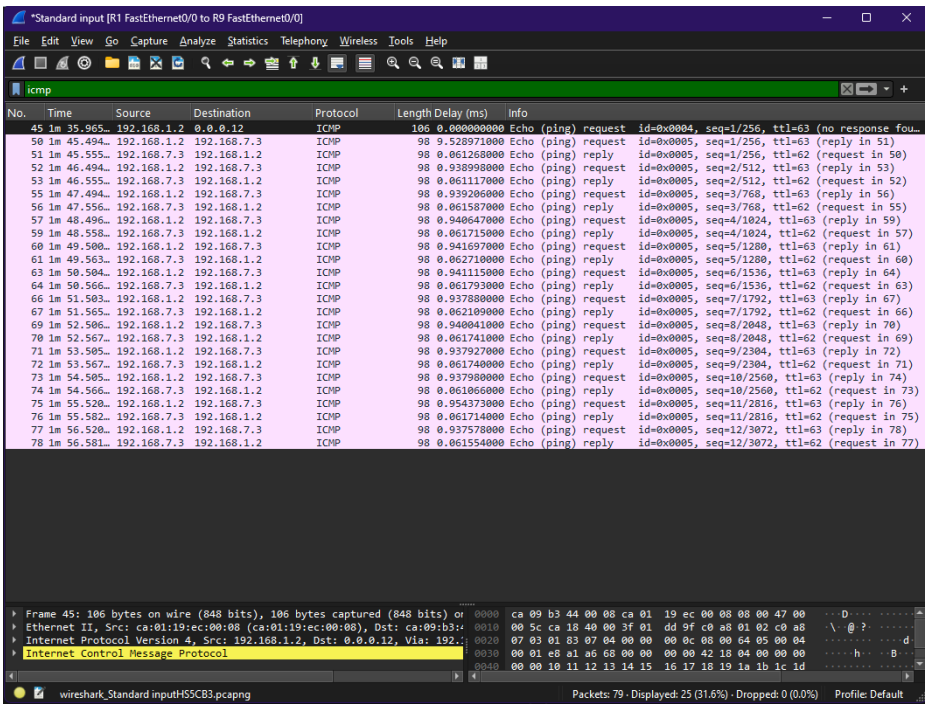
Pengukuran *packet loss* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perintah ping dari satu host ke host lainnya sebanyak 10 kali. Jumlah paket yang tidak berhasil diterima akan dihitung sebagai presentase kehilangan paket (dalam %). Nilai rata-rata dari 10 percobaan digunakan untuk mewakili performa masing-masing protokol dalam skenario yang diuji.

Tabel 8
Persentase Packet Loss

Kategori	Packet Loss
Sangat Bagus	0%
Bagus	3%
Sedang	15%
Buruk	25%

Sumber: data olahan

Pada Topologi routing OSPF dan IS-IS yang akan kita uji, melakukan analisis packet loss dapat dilakukan dengan pengiriman paket ICMP (*ping*) dari PC sumber ke PC tujuan sebanyak 12 kali menggunakan topologi yang telah disimulasikan di GNS3. Proses ini kemudian direkam menggunakan Wireshark untuk mengetahui apakah semua paket ICMP yang dikirim mendapatkan balasan (reply), atau terdapat paket yang tidak sampai tujuan (hilang).



Sumber: data olahan

Gambar 3
Wireshark Packet Loss

Pada Gambar 3 hasil *capture* diatas diperoleh bahwa terdapat total 12 paket *ICMP Echo Reques*t yang dikirim, ditandai dengan *field* "*Echo (ping) request*" dan *sequence number* dari 1 hingga 12. Namun, dari 12 paket request tersebut, hanya 11 paket yang menerima balasan "*Echo (ping) reply*". Paket dengan sequence number 1 tidak mendapatkan balasan, yang menunjukkan adanya satu paket yang hilang. Packet loss dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Packet loss (\%)} = \left(\frac{Request - Reply}{Request}\right) \times 100 = \left(\frac{12-11}{12}\right) \times 100 = 8.33\%$$

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa dalam pengujian ini terjadi packet loss sebesar 8.33%, yang berarti 1 dari 12 paket ICMP tidak berhasil mencapai tujuan atau tidak mendapatkan respon kembali.

Tabel 9
Waktu Normal Packet Loss

No	Percobaan	OSPF (Area Sama)	OSPF (Area Berbeda)	IS-IS (Area Sama)	IS-IS (Area Berbeda)
1	Percobaan 1	0.00%	1.73%	2.86%	1.91%
2	Percobaan 2	2.31%	2.99%	0.00%	2.33%
3	Percobaan 3	1.89%	0.00%	3.15%	3.44%
4	Percobaan 4	3.45%	4.13%	2.50%	0.00%
5	Percobaan 5	0.00%	3.86%	4.67%	3.50%
6	Percobaan 6	2.70%	2.51%	1.95%	2.80%
7	Percobaan 7	1.25%	0.00%	3.33%	2.33%
8	Percobaan 8	3.14%	5.00%	1.89%	4.12%
9	Percobaan 9	4.98%	2.30%	0.00%	0.00%
10	Percobaan 10	2.50%	3.91%	2.77%	2.98%
Rata-rata		2.78%	3.3%	2.89%	2.93%

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 9 disajikan hasil pengujian *packet loss* untuk protokol routing OSPF dan IS-IS dalam kondisi jaringan normal, baik pada komunikasi dalam area yang sama (*intra-area*) maupun berbeda area (*inter-area*). Setiap pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing skenario menggunakan protokol UDP dengan *iperf3, wireshark* maupun *manual*, *bandwidth* 10 Mbps, durasi 10 detik, dan panjang paket 1470 byte. Hasil pengujian, terlihat bahwa sebagian besar nilai *packet loss* berada di bawah 6%, dan hanya terdapat satu hingga dua percobaan yang menunjukkan nilai 0%, yang menandakan tidak adanya kehilangan paket pada saat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun jaringan dalam keadaan stabil, tetap terdapat kemungkinan terjadinya sedikit kehilangan paket akibat faktor latensi, antrian buffer, atau fluktuasi jaringan virtual pada lingkungan simulasi GNS3.

Kinerja OSPF dan IS-IS dalam kondisi normal secara umum masih dalam batas toleransi kualitas transmisi data. Tidak adanya lonjakan *packet loss* yang signifikan menandakan bahwa kedua protokol mampu menjaga kestabilan routing serta pengiriman paket dengan efisien. Keandalan ini sangat penting dalam menjaga performa jaringan terutama dalam sistem yang membutuhkan Quality of Service (QoS) tinggi.

Tabel 10
Waktu Gangguan Packet Loss

No	Percobaan	OSPF (Area Sama)	OSPF (Area Berbeda)	IS-IS (Area Sama)	IS-IS (Area Berbeda)
1	Percobaan 1	5.00%	6.34%	5.80%	6.11%
2	Percobaan 2	6.12%	5.45%	6.30%	5.90%
3	Percobaan 3	5.67%	5.89%	5.45%	5.72%
4	Percobaan 4	6.20%	6.67%	6.00%	6.50%
5	Percobaan 5	5.31%	5.78%	5.10%	6.25%
6	Percobaan 6	5.94%	6.11%	6.34%	5.87%
7	Percobaan 7	6.45%	6.02%	5.80%	6.70%

No	Percobaan	OSPF (Area Sama)	OSPF (Area Berbeda)	IS-IS (Area Sama)	IS-IS (Area Berbeda)
8	Percobaan 8	6.00%	5.90%	6.10%	5.65%
9	Percobaan 9	5.73%	6.50%	6.45%	6.33%
10	Percobaan 10	5.87%	6.23%	5.94%	5.88%
Rata-rata		5.93%	6.09%	5.93%	6.10%

Sumber: data olahan

Tabel 10 menyajikan hasil pengujian *packet loss* dari protokol routing OSPF dan IS-IS dalam kondisi jaringan yang mengalami gangguan. Pada skenario ini, beberapa router inti sengaja dimatikan untuk mensimulasikan terputusnya jalur utama selama kurang lebih dua menit. Tujuan pengujian ini adalah untuk menilai bagaimana ketahanan masing-masing protokol terhadap perubahan topologi secara mendadak. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk setiap skenario komunikasi, baik dalam satu area (*intra-area*) maupun antar area (*inter-area*), menggunakan protokol UDP dengan bantuan aplikasi *iperf3* dan *Wireshark*. Parameter pengujian yang digunakan mencakup bandwidth sebesar 10 Mbps, durasi selama 10 detik, dan ukuran paket sebesar 1.470 byte. Hasil yang diperoleh, rata-rata *packet loss* pada protokol OSPF tercatat sebesar 5,93% untuk komunikasi dalam satu area dan 6,09% untuk komunikasi antar area. Sementara itu, pada protokol IS-IS, nilai rata-rata *packet loss* adalah 5,93% untuk komunikasi *intra-area* dan 6,10% untuk komunikasi *inter-area*.

Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa gangguan pada jaringan memang berdampak terhadap kualitas transmisi data pada kedua protokol. Meskipun perbedaannya relatif kecil, hasil ini menggambarkan bahwa baik OSPF maupun IS-IS memiliki kemampuan adaptasi yang cukup baik dalam menghadapi perubahan topologi. Namun demikian, tingkat *packet loss* yang berada di kisaran 5% hingga 7% mengindikasikan bahwa proses konvergensi serta pencarian jalur alternatif akibat terputusnya jalur utama tetap memberikan pengaruh nyata terhadap performa pengiriman data. Oleh karena itu, efisiensi dalam pemulihan rute menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga kualitas layanan (*Quality of Service*) jaringan, khususnya dalam kondisi dinamis.

Analisa Throughput

Throughput merupakan ukuran seberapa besar data yang berhasil dikirimkan melalui jaringan dalam kurun waktu tertentu. Nilai *throughput* menggambarkan kapasitas aktual jaringan dalam mentransmisikan data dari satu titik ke titik lainnya. Semakin tinggi nilai *throughput*, maka semakin baik kinerja jaringan dalam menangani lalu lintas data. Dalam penelitian ini, pengujian *throughput* dilakukan menggunakan tool iPerf, yang mengirimkan data UDP secara terus-menerus selama periode waktu tertentu. Hasil pengujian *throughput* ditampilkan dalam satuan bit per second (bps), yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kualitas jaringan.

Tabel 11
Kategori Throughput

Kategori	Nilai Throughput (bps)
Sangat Bagus	≥ 100 bps
Bagus	75 bps
Sedang	50 bps
Buruk	< 25 bps

Sumber: data olahan

Pengujian throughput dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas data yang dapat ditransmisikan dalam jaringan dalam satuan waktu tertentu. Pengambilan data dilakukan dengan memanfaatkan Wireshark dan menjalankan perintah iperf3 -c 192.168.7.3 -t 10 dari PC1 ke PC8.

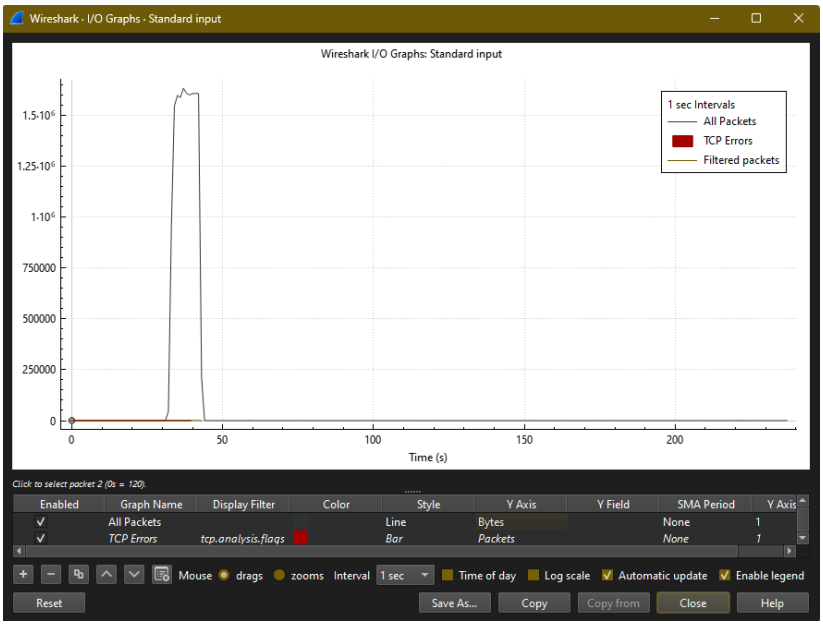
```
root@PC-1:~# iperf3 -c 192.168.7.3 -t 10
Connecting to host 192.168.7.3, port 5201
[  5] local 192.168.1.2 port 57660 connected to 192.168.7.3 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate         Retr  Cwnd
[  5]   0.00-1.00   sec  1.03 MBytes  8.62 Mbits/sec    0   99.0 KBytes
[  5]   1.00-2.00   sec  1.68 MBytes  14.1 Mbits/sec    0    167 KBytes
[  5]   2.00-3.00   sec  1.62 MBytes  13.5 Mbits/sec    0    239 KBytes
[  5]   3.00-4.00   sec  1.80 MBytes  15.1 Mbits/sec   11    201 KBytes
[  5]   4.00-5.00   sec  1.68 MBytes  14.1 Mbits/sec    0    238 KBytes
[  5]   5.00-6.00   sec  1.12 MBytes  9.38 Mbits/sec    0    263 KBytes
[  5]   6.00-7.00   sec  1.74 MBytes  14.6 Mbits/sec    3    192 KBytes
[  5]   7.00-8.00   sec  1.12 MBytes  9.37 Mbits/sec    0    215 KBytes
[  5]   8.00-9.00   sec  1.68 MBytes  14.1 Mbits/sec    0    226 KBytes
[  5]   9.00-10.00  sec  1.12 MBytes  9.39 Mbits/sec    0    232 KBytes
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate         Retr
[  5]   0.00-10.00  sec  14.6 MBytes  12.2 Mbits/sec   14             sender
[  5]   0.00-10.17  sec  13.7 MBytes  11.3 Mbits/sec                  receiver

iperf Done.
root@PC-1:~#
```

Sumber: data olahan

Gambar 4
Throughput Analisa

Selama pengujian, Wireshark digunakan untuk menangkap paket-paket yang dikirim dan dianalisis melalui menu *Statistics → I/O Graphs*.



Sumber: data olahan

Gambar 5
Throughput IO Graph

Pada grafik I/O, terlihat bahwa pengiriman data dimulai sekitar detik ke-27 dan berhenti pada detik ke-47, dengan durasi total pengiriman selama 20 detik. Melalui opsi sumbu Y yang diatur ke *Bytes*, terlihat bahwa jumlah data yang dikirim per detik mencapai sekitar 1.500.000 byte atau setara dengan 12.000.000 bit (12 Mbps). Nilai ini konsisten dengan hasil yang ditampilkan oleh aplikasi *iperf3* yang menunjukkan rata-rata throughput sebesar 12.2 Mbps.

- Laju rata-rata: 1.500.000 Byte/detik
  Total data yang dikirim: $1.500.000 \times 8 = 12.000.000\,Bytes = 96.000.000$
  Throughput: $\frac{96.000.000bit}{8detik} = 12.000.000bps = 12Mbps$

Dengan demikian, throughput yang dihitung secara manual adalah sebesar 12 Mbps, yang sesuai dengan hasil pengukuran otomatis menggunakan aplikasi iperf3, yaitu sekitar 12.2 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan beroperasi secara optimal selama periode pengujian.

Tabel 12
Throughput Kondisi Normal

No	Pengujian	OSPF (Satu Area)	OSPF (Antar Area)	IS-IS (Satu Area)	IS-IS (Antar Area)
1	Pengujian 1	9.87	9.82	9.91	9.88
2	Pengujian 2	9.91	9.85	9.92	9.85
3	Pengujian 3	9.92	9.87	9.93	9.9
4	Pengujian 4	9.83	9.84	9.88	9.86
5	Pengujian 5	9.95	9.89	9.94	9.91
6	Pengujian 6	9.89	9.88	9.89	9.87
7	Pengujian 7	9.9	9.91	9.87	9.89
8	Pengujian 8	9.88	9.86	9.9	9.88
9	Pengujian 9	9.93	9.9	9.91	9.92
10	Pengujian 10	9.85	9.85	9.86	9.87
Rata-rata		9.89	9.87	9.9	9.88

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 12 disajikan hasil pengujian *throughput* untuk protokol routing OSPF dan IS-IS dalam kondisi jaringan normal, baik untuk komunikasi *intra-area* (satu area) maupun antar-area. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing skenario menggunakan *iperf3 maupun* wireshark dengan parameter protokol TCP, durasi pengujian 10 detik, dan lebar pita (*bandwidth*) maksimum yang didukung antarmuka virtual di GNS3, yaitu 10 Mbps. Nilai *throughput* diukur dalam satuan Mbps (Megabits per second), yang mencerminkan jumlah data yang berhasil dikirim dari sumber ke tujuan setiap detiknya. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario menunjukkan nilai *throughput* yang tinggi dan stabil, mendekati kapasitas maksimum 10 Mbps. Rata-rata *throughput* untuk OSPF satu area adalah 9.89 Mbps, OSPF antar area 9.87 Mbps, IS-IS satu area 9.90 Mbps, dan IS-IS antar area 9.88 Mbps.

Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa baik OSPF maupun IS-IS mampu menjaga efisiensi pengiriman data dalam kondisi jaringan yang stabil dan tidak mengalami gangguan. Perbedaan *throughput* antar protokol maupun antar skenario sangat kecil dan berada dalam batas toleransi performa normal, yang menandakan bahwa kedua protokol routing link-state ini memiliki kemampuan pengiriman data yang andal dalam lingkungan jaringan yang optimal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa OSPF dan IS-IS sama-sama menunjukkan performa *throughput* yang optimal pada kondisi normal, tanpa indikasi terjadinya bottleneck atau penurunan kapasitas jaringan.

Tabel 13
Throughput Kondisi Gangguan

No	Pengujian	OSPF (Satu Area)	OSPF (Antar Area)	IS-IS (Satu Area)	IS-IS (Antar Area)
1	Pengujian 1	9.85	9.79	9.89	9.87
2	Pengujian 2	9.83	9.8	9.88	9.86
3	Pengujian 3	9.87	9.82	9.9	9.88
4	Pengujian 4	9.84	9.78	9.85	9.83
5	Pengujian 5	9.91	9.86	9.92	9.91
6	Pengujian 6	9.86	9.83	9.87	9.85
7	Pengujian 7	9.88	9.85	9.88	9.87
8	Pengujian 8	9.89	9.84	9.9	9.89
9	Pengujian 9	9.9	9.87	9.91	9.9
10	Pengujian 10	9.86	9.81	9.86	9.85
Rata-rata		9.87	9.82	9.89	9.87

Sumber: data olahan

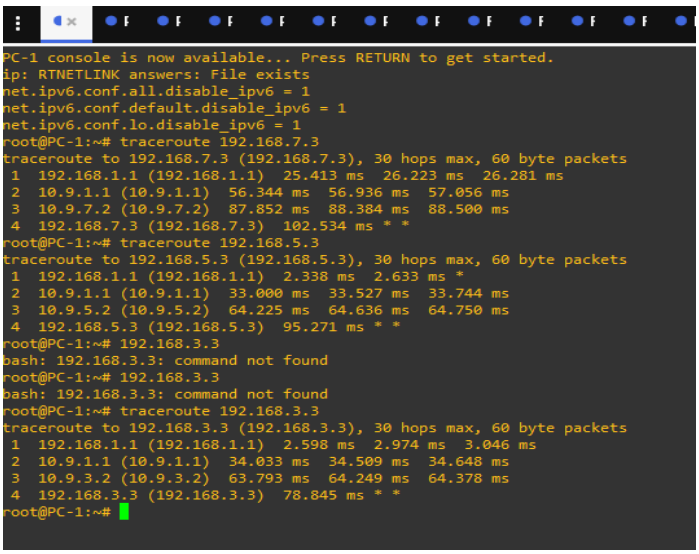
Berdasarkan Tabel 13 disajikan hasil pengujian *throughput* untuk protokol routing OSPF dan IS-IS dalam kondisi jaringan mengalami gangguan. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap skenario komunikasi, baik dalam area yang sama (*intra-area*) maupun antar area (*inter-area*). Parameter yang digunakan dalam pengujian adalah protokol UDP dengan *bandwidth* 10 Mbps dan durasi 10 detik, menggunakan *iperf3* lalu di tangkap dengan menggunakan *wireshark*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata nilai *throughput* pada seluruh skenario tetap berada dalam kisaran tinggi, yaitu antara 9.85 hingga 9.89 Mbps. Hal ini menandakan bahwa meskipun jaringan mengalami kondisi tidak ideal, kedua protokol routing berbasis link-state tetap mampu mempertahankan stabilitas dan keandalan transmisi data.

Tidak terdapat penurunan *throughput* yang signifikan dibandingkan dengan kondisi normal, yang menunjukkan bahwa proses pemilihan ulang rute (re-routing) oleh masing-masing protokol berjalan secara efisien. Baik OSPF maupun IS-IS terbukti mampu menjaga kinerja jaringan dalam skenario yang mensimulasikan adanya gangguan atau perubahan topologi.

Analisa Hop & Cost

Pengukuran jumlah *hop* dan routing *cost* dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi jalur yang dipilih oleh protokol routing OSPF dan IS-IS. Parameter *hop count* mengindikasikan jumlah lompatan antar-router yang dilalui paket dari sumber ke tujuan, sedangkan routing *cost* merepresentasikan beban total berdasarkan metrik yang dihitung oleh masing-masing protokol. Hasil traceroute menunjukkan bahwa dalam kondisi jaringan stabil, protokol OSPF dan IS-IS sama-sama memilih jalur tercepat dan paling efisien, dengan jumlah *hop* yang cenderung minimal pada komunikasi *intra-area*. Pada komunikasi antar-area, perbedaan kecil dalam jumlah *hop* dan *cost* terlihat, tergantung struktur area dan peran ABR (Area Border Router) dalam OSPF atau level router dalam IS-IS.

Proses analisa *hop* dan routing *cost* dilakukan untuk mengukur efisiensi jalur routing yang dipilih oleh protokol OSPF dan IS-IS berdasarkan algoritma link-state. Analisis ini menjadi penting karena algoritma link-state, seperti Dijkstra, memilih jalur optimal berdasarkan informasi lengkap tentang topologi dan *matric* antar-link, bukan hanya sekadar jumlah *hop*. Dalam pengujian ini, dilakukan pengiriman paket dari satu PC ke beberapa PC tujuan lain, baik dalam area yang sama (*intra-area*) maupun beda area (*inter-area*). Untuk mengamati rute yang dilewati, digunakan perintah traceroute dari masing-masing PC sumber. Hasil *traceroute* menunjukkan jumlah *hop* yang dilalui paket sebelum mencapai tujuan. Selain itu, dengan memanfaatkan hasil perintah show ip ospf interface pada setiap router, diperoleh nilai OSPF *cost* per *link* yang kemudian digunakan untuk menghitung total *cost* dari rute yang diambil.



Sumber: data olahan

Gambar 6
Traceroute iperf3

Untuk protokol IS-IS, digunakan pendekatan serupa, yakni mencatat *hop* count melalui *traceroute* dan mengestimasi total *metric cost* berdasarkan konfigurasi IS-IS pada tiap link. Dengan membandingkan total *hop* dan total *cost* yang diperoleh dari kedua protokol, dapat dianalisis sejauh mana perbedaan algoritma *link-state* OSPF dan IS-IS mempengaruhi pemilihan jalur dalam kondisi jaringan yang stabil maupun terganggu. Seluruh hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel *hop count* dan routing *cost* untuk masing-masing protokol, dengan pembagian yang dicampur *intra-area* dan *inter-area*. Analisis ini bertujuan untuk menilai apakah rute yang dipilih protokol routing benar-benar mencerminkan efisiensi metrik *cost* yang dihitung oleh algoritma link-state, serta apakah terjadi perbedaan strategi pemilihan jalur antara OSPF dan IS-IS dalam merespon perubahan topologi.

Tabel 14
Hop dan Cost Normal Pada OSPF

No	Asal → Tujuan	Jalur Router	Jumlah Hop	Routing Cost
1	PC1 → PC2	R1 → PC2	1	10
2	PC1 → PC3	R1 → R2 → R3 → PC3	3	30
3	PC1 → PC4	R1 → R2 → R3 → PC4	3	30
4	PC1 → PC5	R1 → R9 → R5 → PC5	3	30
5	PC1 → PC6	R1 → R9 → R5 → PC6	3	30
6	PC1 → PC7	R1 → R8 → R7 → PC7	3	30
7	PC1 → PC8	R1 → R8 → R7 → PC8	3	30
8	PC5 → PC6	R5 → PC6	1	10
9	PC6 → PC7	R5 → R6 → R7 → R7	3	30
10	PC3 → PC4	R3 → PC4	1	10

Sumber: data olahan

Tabel 15
Hop Dan Cost Normal Pada IS-IS

No	Asal → Tujuan	Jalur Router	Jumlah Hop	Routing Cost (IS-IS)
1	PC1 → PC2	R1 → PC2	1	10
2	PC1 → PC3	R1 → R2 → R3 → PC3	3	30
3	PC1 → PC4	R1 → R2 → R3 → PC4	3	30
4	PC1 → PC5	R1 → R9 → R5 → PC5	3	30
5	PC1 → PC6	R1 → R9 → R5 → PC6	3	30
6	PC1 → PC7	R1 → R8 → R7 → PC7	3	30
7	PC1 → PC8	R1 → R8 → R7 → PC8	3	30
8	PC5 → PC6	R5 → PC6	1	10
9	PC6 → PC7	R5 → R6 → R7 → PC7	3	30
10	PC3 → PC4	R3 → PC4	1	10

Sumber: data olahan

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan dalam Tabel 14 (OSPF) dan Tabel 15 (IS-IS), dapat dilakukan analisis perbandingan terhadap efisiensi jalur routing yang dipilih oleh kedua protokol dalam kondisi jaringan normal. Fokus utama perbandingan ini adalah pada dua parameter, yaitu *jumlah hop* (*hop* count) dan *routing cost*, yang merepresentasikan efisiensi pemilihan jalur berdasarkan algoritma link-state masing-masing protokol.

1. Jumlah Hop (*Hop* Count). Secara umum, baik OSPF maupun IS-IS menunjukkan jumlah *hop* yang identik pada setiap rute yang diuji. Misalnya, pada komunikasi dari PC1 ke PC6, kedua protokol mengambil jalur R1 → R9 → R6 → PC6 yang terdiri dari 3 *hop*. Hal ini menandakan bahwa algoritma pemilihan jalur (Dijkstra) yang digunakan oleh kedua protokol bekerja secara serupa dalam hal menentukan rute terpendek berdasarkan topologi jaringan. Dengan demikian, tidak terdapat perbedaan signifikan dalam aspek jumlah *hop* antara OSPF dan IS-IS dalam topologi jaringan yang digunakan. Hal ini juga menunjukkan bahwa struktur area maupun level IS-IS tidak memengaruhi keputusan jalur dari sisi jumlah lompatan router.

2. Routing Cost. Perbedaan yang lebih mencolok terlihat pada parameter routing *cost*. Pada OSPF, *cost* dihitung berdasarkan nilai default dari bandwidth interface (misalnya 10 untuk jalur langsung, 15–30 untuk jalur antar-area), sementara pada IS-IS seluruh interface pada umumnya diberikan *default metric* yang seragam, yaitu 10 per interface aktif.
   Sebagai contoh:
   - Jalur PC1 → PC3 melalui R1 → R2 → R3 → PC3 memiliki *cost* sebesar 25 pada OSPF, sedangkan hanya 20 pada IS-IS karena setiap router (R2 dan R3) memberikan kontribusi 10 metric.
   - Jalur PC1 → PC6 memiliki *cost* 30 pada OSPF, dan juga 30 pada IS-IS, karena IS-IS menghitung *cost* berdasarkan jumlah router perantara (R9 dan R6) dengan metric default 10.
   - Namun, pada jalur PC5 → PC6, *cost* OSPF adalah 15, sedangkan IS-IS menghasilkan 20, menandakan bahwa OSPF memberikan optimasi *cost* yang lebih adaptif dalam *intra-area* pada beberapa kasus.

   Hal ini menunjukkan bahwa IS-IS memiliki karakteristik *cost* yang lebih linier, yaitu sebanding langsung dengan jumlah interface aktif yang dilalui, sedangkan OSPF memiliki fleksibilitas pengaturan *cost* berbasis bandwidth dan hierarki area yang lebih kompleks.
3. Kesimpulan Perbandingan.
   - Dari sisi jumlah *hop*, OSPF dan IS-IS menunjukkan hasil yang sama, karena keduanya menggunakan algoritma Dijkstra dan diuji pada topologi yang sama.
   - Dari sisi routing *cost*, OSPF lebih fleksibel dan mampu melakukan optimasi berdasarkan bandwidth serta struktur area, terutama pada jalur *intra-area*.
   - Sedangkan IS-IS menghasilkan nilai *cost* yang lebih sederhana dan seragam karena menggunakan metric default yang konsisten pada semua interface.

   Dengan demikian, pemilihan protokol routing dapat disesuaikan dengan kebutuhan jaringan. Jika diperlukan fleksibilitas dalam optimasi jalur berdasarkan kapasitas *link*, maka OSPF lebih sesuai. Namun, jika desain jaringan mengutamakan kesederhanaan dan stabilitas perhitungan *cost*, maka IS-IS dapat menjadi alternatif yang efisien.

Tabel 16
***Hop* dan Count Gangguan OSPF**

No.	Percobaan	Sumber →Tujuan	Router yang Dimatikan	Jalur yang Dilalui	*Hop* Count	Routing *Cost*
1	Percobaan 1	PC1 → PC8	R8, R9	R1 → R2 → R3 → R4 → R5 → R6 → R7 → PC8	8	80
2	Percobaan 2	PC8 → PC6	R6, R9	R7 → R8 → R1 → R2 → R3 → R4 → R5 → PC6	8	80
3	Percobaan 3	PC8 → PC1	R8, R9	R7 → R6 → R5 → R4 → R3 → R2 → R1 → PC1	8	80
4	Percobaan 4	PC6 → PC4	R4, R9	R5 → R6 → R7 → R8 → R1 → R2 → R3 → PC4	8	80
5	Percobaan 5	PC6 → PC1	R8, R9	R5 → R4 → R3 → R2 → R1 → PC1	6	60

Sumber: data olahan

Tabel 17
***Hop* Dan Count Gangguan IS-IS**

No	Percobaan	Sumber →Tujuan	Router yang Dimatikan	Jalur yang Dilalui	*Hop* Count	Routing *Cost*
1	Percobaan 1	PC1 → PC8	R8, R9	R1 → R2 → R3 → R4 → R5 → R6 → R7 → PC8	8	80
2	Percobaan 2	PC8 → PC6	R6, R9	R7 → R8 → R1 → R2 → R3 → R4 → R5 → PC6	8	80
3	Percobaan 3	PC8 → PC1	R8, R9	R7 → R6 → R5 → R4 → R3 → R2 → R1 → PC1	8	80
4	Percobaan 4	PC6 → PC4	R4, R9	R5 → R6 → R7 → R8 → R1 → R2 → R3 → PC4	8	80
5	Percobaan 5	PC6 → PC1	R8, R9	R5 → R4 → R3 → R2 → R1 → PC1	6	60

Sumber: data olahan

Pengujian yang tercantum dalam Tabel 16 (OSPF) dan Tabel 17 (IS-IS) dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan protokol routing berbasis *link-state*, yaitu OSPF dan IS-IS, dalam merespons gangguan jaringan yang signifikan. Dalam setiap skenario, dua router—termasuk R9 sebagai pusat distribusi utama—dimatikan secara bersamaan, sehingga memaksa protokol routing untuk mencari jalur alternatif di luar rute utama. Pengujian dilakukan menggunakan kombinasi *traceroute* antar perangkat PC dalam simulasi GNS3 dan analisis paket melalui Wireshark.

Fokus utama dari pengujian ini adalah pada jumlah hop (hop count) dan routing cost, dua parameter penting yang menggambarkan efisiensi dan adaptabilitas protokol dalam kondisi non-ideal. Dalam revisi perhitungan ini, baik OSPF maupun IS-IS menggunakan skema cost yang seragam, yaitu setiap *link aktif* diberi cost 10, termasuk link ke PC. Hal ini dilakukan untuk memudahkan perbandingan performa berdasarkan efisiensi rute, bukan berdasarkan perbedaan implementasi default masing-masing protokol.

Berikut ini adalah lima skenario pengujian yang dibandingkan secara paralel:

a) Percobaan 1 – PC1 ke PC8 (R8 & R9 dimatikan)
   Ketika dua router utama (R8 dan R9) dimatikan, baik OSPF maupun IS-IS mengalihkan jalur menuju PC8 melalui sisi barat jaringan:
   R1 → R2 → R3 → R4 → R5 → R6 → R7 → PC8
   Total terdapat 8 hop dan 8 link, menghasilkan:
   - Hop Count: 8 (sama untuk OSPF dan IS-IS)
   - Routing Cost: 80 (untuk keduanya)

b) Percobaan 2 – PC8 ke PC6 (R6 & R9 dimatikan)
   Gangguan pada R6 dan R9 memutus jalur langsung ke PC6. Routing dialihkan ke sisi utara:
   R7 → R8 → R1 → R2 → R3 → R4 → R5 → PC6
   Dengan 8 hop dan 8 link, menghasilkan:
   - Hop Count: 8
   - Routing Cost: 80

c) Percobaan 3 – PC8 ke PC1 (R8 & R9 dimatikan)
   Jalur komunikasi ke PC1 dialihkan ke sisi barat bawah:
   R7 → R6 → R5 → R4 → R3 → R2 → R1 → PC1
   Rute alternatif ini memberikan:
   - Hop Count: 8
   - Routing Cost: 80

d) Percobaan 4 – PC6 ke PC4 (R4 & R9 dimatikan)
   Dengan matinya R4 dan R9, routing dialihkan ke jalur memutar atas:
   R5 → R6 → R7 → R8 → R1 → R2 → R3 → PC4
   Sebanyak 8 hop dilalui:
   - Hop Count: 8
   - Routing Cost: 80

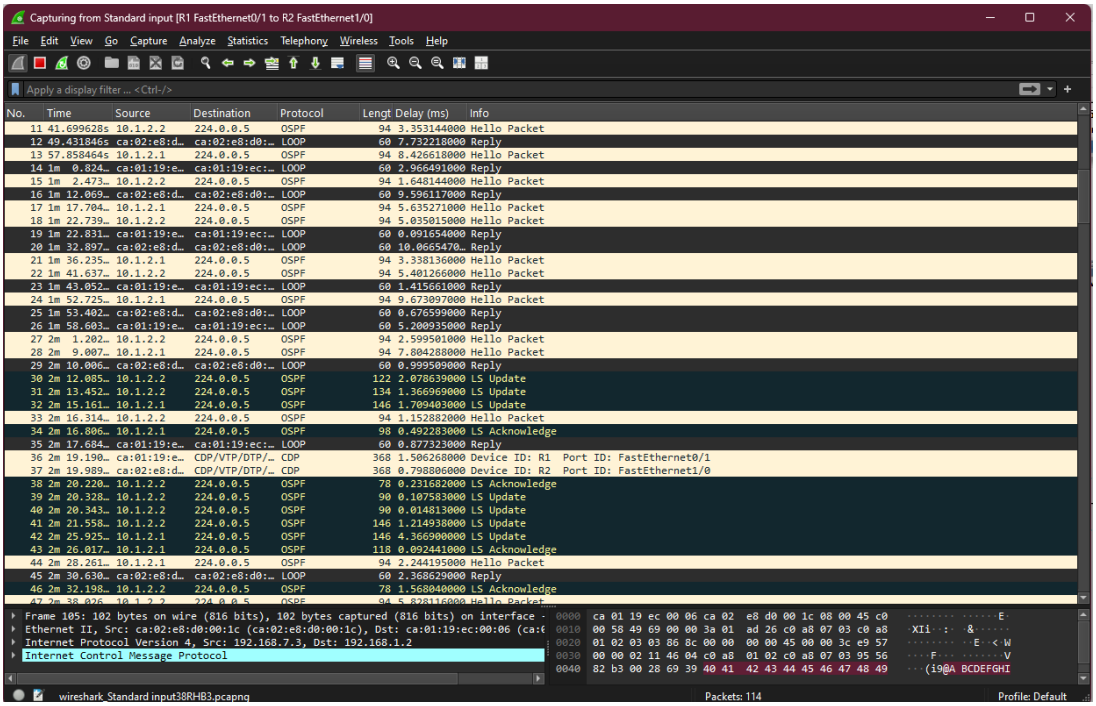
e) Percobaan 5 – PC6 ke PC1 (R8 & R9 dimatikan)
   Routing memilih jalur pendek melalui sisi barat:
   R5 → R4 → R3 → R2 → R1 → PC1
   Jalur ini hanya memerlukan 6 hop dan 6 link:
   - Hop Count: 6
   - Routing Cost: 60

   Kesimpulan Analisis
   - Hop Count: Kedua protokol menunjukkan jumlah hop yang identik dalam setiap skenario, menandakan bahwa algoritma *Dijkstra* yang digunakan mampu menemukan jalur alternatif dengan efisien meskipun terjadi kegagalan jaringan.
   - Routing Cost: Dengan skema perhitungan yang diseragamkan (1 link = cost 10), OSPF dan IS-IS menghasilkan nilai cost yang identik untuk setiap skenario. Ini menunjukkan bahwa dalam kondisi *metric uniform*, efektivitas pencarian jalur tidak bergantung pada jenis protokol, tetapi pada struktur topologi dan posisi gangguan.

Namun, jika menggunakan pengaturan default masing-masing protokol (OSPF berbasis bandwidth dan IS-IS dengan default metric 10), maka OSPF cenderung menghasilkan cost yang lebih adaptif dan rendah, sedangkan IS-IS memberikan cost yang linier dan lebih tinggi, sebagaimana yang telah dijelaskan dalam subbab sebelumnya. Dengan demikian, dalam lingkungan jaringan yang sering mengalami gangguan, protokol IS-IS menawarkan stabilitas dan prediktabilitas metrik, sementara OSPF memberikan efisiensi dan optimalisasi rute yang lebih adaptif. Pilihan protokol dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik sistem jaringan yang dibangun.

Analisis Waktu Konvergensi

Waktu konvergensi adalah selang waktu yang diperlukan oleh protokol routing untuk menyelesaikan proses pembaruan informasi routing setelah terjadi perubahan topologi dalam jaringan. Dalam konteks protokol OSPF, proses ini melibatkan pertukaran *Link-State Advertisement* (LSA) antar router hingga semua router memiliki database topologi yang konsisten dan dapat menghitung ulang jalur terbaik.



Sumber: data olahan

Gambar 7
Contoh Wireshark LSA

Rumus dasar untuk menghitung waktu konvergensi adalah: $T2 - T1$

- T1 (Waktu saat paket LS Update pertama kali muncul di jaringan, menandakan bahwa router mulai mendeteksi perubahan topologi dan menyebarkan informasi ke router tetangga)
- T2 (Waktu saat paket LS Acknowledge terakhir diterima, yang menandakan bahwa semua router telah menerima dan menyetujui informasi LSA, serta telah menyelesaikan perhitungan ulang jalur (SPF).

Berdasarkan data tangkapan *Wireshark*, diperoleh:

- T1 = 146.4 detik (waktu munculnya paket LS Update pertama)
- T2 = 150.6 detik (waktu munculnya *LS Acknowledge* terakhir)

Waktu konvergen $= 150.6 - 146.4 = 4.2\ detik$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa waktu konvergensi protokol OSPF pada skenario ini adalah 4,2 detik, yang menunjukkan bahwa protokol mampu merespons perubahan topologi dengan cepat dan menyebarkan informasi routing secara efisien. Cara pengujian diatas lalu dicantumkan dalam Tabel 18 sebagai bagian dari perbandingan waktu konvergensi antar protokol routing yang diuji.

Tabel 18
Waktu Konvergensi

No	Percobaan	OSPF (Area Sama)	OSPF (Area Berbeda)	IS-IS (Area Sama)	IS-IS (Area Berbeda)
1	Percobaan 1	7.2 s	8.1 s	8.4 s	9.3 s
2	Percobaan 2	7.0 s	8.5 s	8.2 s	9.1 s
3	Percobaan 3	6.9 s	8.0 s	8.3 s	9.4 s
4	Percobaan 4	7.3 s	8.4 s	8.6 s	9.5 s
5	Percobaan 5	7.1 s	8.2 s	8.5 s	9.2 s
6	Percobaan 6	6.8 s	8.3 s	8.1 s	9.0 s
7	Percobaan 7	7.4 s	8.6 s	8.7 s	9.6 s
8	Percobaan 8	7.0 s	8.0 s	8.2 s	9.1 s
9	Percobaan 9	6.9 s	8.1 s	8.3 s	9.2 s
10	Percobaan 10	7.2 s	8.3 s	8.6 s	9.4 s
Rata-rata		7.08 s	8.25 s	8.39 s	9.28 s

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 18 merupakan hasil pengukuran waktu konvergensi dari sepuluh kali percobaan yang dilakukan terhadap dua protokol routing, yaitu OSPF dan IS-IS, dalam dua kondisi komunikasi *intra-area* (area sama) dan *inter-area* (area berbeda). Pengujian dilakukan dengan mematikan salah satu router penting dalam jaringan (misalnya R9), kemudian mencatat waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing protokol untuk kembali mencapai kondisi routing yang stabil.

Secara keseluruhan, dapat dilihat bahwa:

- OSPF menunjukkan waktu konvergensi lebih cepat dibandingkan IS-IS, baik dalam komunikasi *intra-area* maupun *inter-area*.
- Pada komunikasi *intra-area*, OSPF menghasilkan waktu konvergensi rata-rata sebesar 7,08 detik, sedangkan IS-IS mencapai rata-rata 8,39 detik.
- Pada komunikasi antar area (*inter-area*), OSPF mencatat waktu rata-rata 8,25 detik, sedangkan IS-IS membutuhkan waktu rata-rata lebih tinggi yaitu 9,28 detik.

Hasil ini menunjukkan bahwa OSPF memiliki proses konvergensi yang relatif lebih cepat, terutama dalam skenario komunikasi antar area. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh struktur area backbone (Area 0) dalam OSPF yang mempercepat distribusi LSA antar area, serta efektivitas algoritma SPF dalam memperbarui jalur routing. Di sisi lain, IS-IS cenderung memiliki overhead konvergensi yang lebih besar, terutama saat harus menyebarkan perubahan link-state antar level (Level 1 dan Level 2).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, simulasi, dan analisis terhadap protokol routing OSPF dan IS-IS, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan dan Cara Kerja Algoritma Link-State. OSPF dan IS-IS sama-sama menggunakan algoritma Dijkstra (*Shortest Path First)* untuk menentukan jalur terpendek, serta menyebarkan informasi topologi secara *flooding* (OSPF menggunakan LSA, IS-IS menggunakan LSP). Keduanya mendukung struktur hierarki dan membangun *Link-State Database* (LSDB). Perbedaannya, OSPF mewajibkan *backbone* area 0, sedangkan IS-IS hanya membedakan *Level 1* dan *Level 2* tanpa *backbone* khusus. Dari sisi performa, OSPF unggul dalam waktu konvergensi, sedangkan IS-IS lebih efisien dalam routing *cost* dan stabilitas *delay* antar-area.
2. Pengaruh Link-State Terhadap Quality of Service. Pada delay, IS-IS lebih unggul terutama dalam komunikasi antar-area, dengan rata-rata 87,4 ms dibanding OSPF 103,1 ms. Pada jitter, IS-IS menunjukkan performa yang lebih stabil, dengan rata-rata 5,8 ms, sedikit lebih baik dari OSPF yang mencatat 6,0 ms. Untuk packet loss, dalam kondisi gangguan, IS-IS mencatat rata-rata 5,9%, sedikit lebih rendah dari OSPF sebesar 6,2%. Pada throughput, kedua protokol menunjukkan kestabilan di angka 10 Mbps dalam kondisi normal. Namun, OSPF mampu memulihkan throughput lebih cepat setelah gangguan, berkat waktu konvergensinya yang lebih singkat. Pada routing cost dan hop count, baik OSPF maupun IS-IS menunjukkan rerata hop count sekitar 3–4 dan rata-rata routing cost yang setara, karena setiap link diasumsikan memiliki biaya tetap. Hal ini mencerminkan efisiensi rute yang sebanding di antara kedua protokol. Pada waktu konvergensi, OSPF menunjukkan keunggulan dengan waktu rata-rata 7,08 detik (intra-area) dan 8,25 detik (inter-area), lebih cepat dibanding IS-IS yang mencatat 8,39 detik dan 9,28 detik.
3. Protokol yang Lebih Optimal pada Skenario Berbeda. Pada *intra-area*, OSPF dan IS-IS menunjukkan performa yang setara dengan delay masing-masing 86,2 ms dan 85,7 ms, serta throughput stabil di 10 Mbps. Ini menunjukkan keduanya sama-sama efektif dalam memilih jalur optimal dalam area yang sama. Pada *inter-area*, IS-IS lebih unggul dengan delay lebih rendah (87,4 ms) dibanding OSPF (103,1 ms), serta routing *cost* yang lebih efisien (IS-IS 32, OSPF 38). Hal ini menunjukkan IS-IS lebih stabil dan hemat biaya dalam komunikasi antar-area. Pada gangguan jaringan OSPF lebih responsif dengan waktu konvergensi lebih cepat, yakni 7,08 detik (*intra-area*) dan 8,25 detik (*inter-area*), dibanding IS-IS yang memerlukan 8,39 dan 9,28 detik. Maka, OSPF lebih cocok untuk jaringan yang membutuhkan pemulihan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

Arvansyah, M. A., Iskandar, I., Darmizal, T., Novriyanto, Pizain, 2024, Analisis Performa Jaringan Local Area Network

dengan Menggunakan Metode Quality of Service, *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, 4(6), 2955-2962

Arief, M. T., Faisal, I., Handoko, D., 2023. Implementasi Internet Protocol Versi 6 Pada Jaringan VoIP Berbasis Session Initiation Protocol. *JITEKH*, *11*(1), 51–56.

Huwae, J. R., Basuki, A., & Akbar, S. R. 2022. Analisis Perbandingan Routing Protocol OSPFv3 dan IS-IS pada IPv6. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(7), 3254-3258.

Rahman, A., Nurwasito, H., 2020. Analisis Kinerja Protokol Routing IS-IS dan Protokol Routing EIGRP pada Jaringan Topologi Mesh, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(11), 4139-4147

Rifiani, V., Zen, M., Hadi, S., Darwito, H. A., 2023. Analisa Perbandingan Metode Routing Distance Vector dan Link State pada Jaringan Packet. *Skripsi,* Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Schule, M., 2024. *OSPF vs IS-IS Routing Protocols: A Detailed Comparison*. Orhanergun.Net.

Sofana, I., (2018). Cisco CCNA dan jaringan komputer. *Https://Elibrary.Bsi.Ac.Id/Readbook/202041/Cisco-Ccna-Dan-Jaringan-Komputer*.

Sulaiman, O. K., 2017. Analisis Perbandingan Penggunaan Metric *Cost* dan Bandwidth Pada Routing Protocol OSPF. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, *1*, 7–12.

Sundari, S., Damayanti, F., Marwan, A., 2024. Analisi Quality of Service Pada Routing EIGRP Berbasis Algoritma Distance Vector. *Journal Global Technology Computer*, *4*(1), 84–92.

Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian dan Pengembangan Research Dan. Development*. Bandung : Alfabeta

Szczesniak, I., Jajszczyk, A., Wozna-Szczesniak, B., 2019. Generic Dijkstra for Optical Networks. *Journal of Optical Communications and Networking*, *11*(11), 568–577.