ANALISA PERFORMANSI JARINGAN MPLS *OVER* OSPF DAN IS-IS TERHADAP GANGGUAN *LINK FAILURE*

1st Ilham Surya Hanifan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ilhamsurya@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Leanna Vidya Yovita
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
leanna@telkomuniversity.ac.id

3rd Lia Hafiza
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
liahfza@telkomuniversity.ac.id

Abstrak **—** Dalam sejarah teknologi komunikasi, banyak inovasi telah ditemukan, termasuk perangkat lunak seperti IP dan protokol routing, serta perangkat keras seperti switch dan router. Perkembangan ini telah meningkatkan komunikasi dari area lokal menjadi skala benua. Namun, gangguan pada jaringan, baik dari bencana alam atau manusia, serta pemadaman listrik, tetap menjadi ancaman serius. Untuk mengatasi tantangan ini, teknologi seperti MPLS (Multi Protocol Label Service) telah muncul untuk meningkatkan pengiriman data dan manajemen trafik dengan protokol routing canggih seperti OSPF dan IS-IS. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan 10 skenario dengan 15 kali repetisi dalam jaringan MPLS yang disimulasikan di EVE-NG untuk mengevaluasi kualitas layanan antara protokol IS-IS dan OSPF saat terjadi gangguan. Dari pengamatan menunjukkan nilai performansi IS-IS yaitu 1,0 ms untuk rata-rata *delay*, 1,5 ms untuk rata-rata *jitter*, 0,8% untuk rata-rata *packet loss* dan 6242 kbps untuk rata-rata *throughput*. Untuk hasil performasi OSPF menujukkan nilai 2,0 ms untuk rata-rata *delay*, 2,8 ms untuk rata-rata *jitter*, 0,9% untuk rata-rata *packet loss* dan 4085 kbps untuk rata-rata *throughput*. Dengan demikian, nilai IS-IS lebih unggul 79,20% pada *delay*, 77,78% pada *jitter*, 7,57% pada *packet loss*, dan 35,37% pada *throughput* dibandingkan OSPF.

Kata kunci— *MPLS, Link Failure, OSPF, IS-IS, QoS*

Abstract **—** Throughout the course of history, numerous advancements have been made in the domain of communication technology. These innovations encompass a wide range of developments, including software such as IP and routing protocols, as well as hardware such as switches and routers. These advancements have enhanced communication from local to continental scales. However, network disruptions resulting from natural or human disasters, as well as power outages, persist as significant threats. In order to address these challenges, technologies such as MPLS (Multi Protocol Label Service) have emerged to improve data transmission and traffic management using advanced routing protocols such as OSPF and IS-IS. The present study utilizes an experimental approach, comprising 10 scenarios and 15 repetitions, within a simulated MPLS network on EVE-NG. This method is employed to assess the quality of service between IS-IS and OSPF protocols during disruptions. The observations indicate that the IS-IS performance values are 1.0 milliseconds for average delay, 1.5 milliseconds for average jitter, 0.8% for average packet loss, and 6242 kilobits per second for average throughput. The performance results for OSPF exhibited values of 2.0 milliseconds for average delay, 2.8 milliseconds for average jitter, 0.9% for average packet loss, and 4085 kilobits per second for average throughput. Consequently, IS-IS exhibits a 79.20% reduction in delay, 77.78% reduction in jitter, 7.57% reduction in packet loss, and 35.37% increase in throughput compared to OSPF.

Keywords— *MPLS, Link Failure, OSPF, IS-IS, QoS*

I. PENDAHULUAN

Sejak pertama kali diperkenalkan oleh IPTEKnet pada tahun 1994,[1] internet di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat, terbukti dengan jumlah pengguna internet yang mencapai 212 juta pada Januari 2023 dan kehadiran teknologi 5G sejak Mei 2021.[2] Internet Protocol (IP) yang menjadi komponen utama internet memiliki karakteristik sederhana dan mudah, namun justru menciptakan keterbatasan serius seiring pertumbuhan jaringan yang semakin besar dan kompleks,[3] khususnya dalam hal proses penerusan paket oleh routing protocol tradisional yang mengandalkan lookup tabel routing berdasarkan alamat IP tujuan, yang dapat memperlambat kinerja jaringan.[4] Untuk mengatasi keterbatasan ini, dikembangkanlah teknologi MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) yang memungkinkan router meneruskan trafik berdasarkan label sederhana dalam header IP dan menggunakan jalur khusus bernama *Label Switched Path* (LSP), yang menyederhanakan proses forwarding dengan memisahkan fungsi lookup dari routing protocol.[3] Meski demikian, gangguan jaringan seperti link failure tetap tak terhindarkan dan dapat mengganggu kenyamanan pengguna, sebagaimana dikaji oleh Arif Budiman dkk. dalam analisis QoS MPLS OSPF terhadap gangguan tersebut. [5] Sementara itu, Amanpreet Kaur dkk. menemukan perbedaan mencolok antara protokol OSPF dan IS-IS meskipun keduanya menggunakan algoritma yang sama.[6] Berdasarkan permasalahan ini, penulis terdorong untuk mengangkat isu tersebut guna mengevaluasi performansi kedua protokol routing pada jaringan MPLS dalam kondisi gangguan *link failure.*

II. KAJIAN TEORI

1. *Link Failure*

Link Failure merupakan sebuah bentuk gangguan jaringan yang disebabkan oleh putusnya jalur jaringan. Putusnya jaringan atau *Link Failure* ini menjadi tantangan utama bagi para *Network Administrastor* dalam mengidentifikasi dan memperbaiki kerusakan jaringan atau gagalnya *node* pada jaringan, sebab memastikan komunikasi yang kuat dan andal adalah sebuah hal yang sangat penting dalam keberhasilan sebuah jaringan komunikasi.[5]

2. *Multi Protocol Label Switching*

Multi Protocol Label Switching (MPLS) adalah metode *forwarding data* atau penerusan sebuah paket data yang melalui jaringan dengan menggunakan informasi dalam label paket IP. MPLS menggabungkan lapisan 2 (*data-link*) dan lapisan 3 (*network)* pada *layer* OSI sehingga sering disebut protokol 2,5 karena bekerja di antara 2 *layer* OSI. Label MPLS dikirim ke router sehingga mereka dapat membuat pemetaan *label-to-label*. Label ini melekat pada paket IP, memungkinkan router meneruskan trafik berdasarkan label daripada alamat IP tujuan. Label pengubah bukanlah pengubah IP yang mengirimkan paket. Jadi, fungsi MPLS pada jaringan mampu menyederhanakan proses *routing* dan mengoptimalkan pemilihan jalur pada *core network*.[7]

3. **OSPF**

Open Short Path First atau OSPF awalnya dikembangkan oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*) sebagai penganti routing protocol RIP pada routing IGP atau internal. Berbeda dengan routing protocol RIP, OSPF menggunakan algoritma Djikstra dan bersifat *open source* yang dapat digunakan tanpa tergantung oleh merk atau brand tertentu. Pada routing protocol OSPF terdapat sebuah pembagian jaringan ke dalam beberapa tingkatan yang disebut area, untuk area tersebut dibagi menjadi 2 area:

- Area *backbone*
  area pada OSPF ini merupakan area *default*, area ini diberi nomor yaitu 0 atau biasa disebut area 0, area *backbone* ini merupakan area OSPF yang dapat berkomunikasi ke seluruh area OSPF
- Area regular
  Merupakan area selain area *backbone*, area ini dapat diberi nomor 1-50.
- *Stub Area*
  Merupakan area yang tidak menerima rute eksternal agar menghemat *routing table*.
- *Totally Stubby Areas*
  Merupakan area yang tidak menerima rute eksternal dan rute inter-area/*backbone*.
- *Not-So-Stubby Areas*
  Mirp dengan stub area namun dapat menerima rute external secara terbatas.[8]

4. **IS-IS**

IS-IS atau *Intermediate System-Intermediate System* merupakan IGP atau *Internal Gateway Protocol* yang mirp dengan OSPF, yaitu sama-sama menggunakan algoritma SPF atau Djikstra untuk menentukan rute terbaik untuk mengirimkan data. IS-IS ini pada awalnya dikembangan ISO untuk digunakan pada CLNP (*Connectionless Network Protocol)* sesuai dengan ISO 10589 kemudian diadopsi oleh IETF pada RFC 1195 agar bisa dijalankan pada TCP/IP sehingga *routing protocol* ini dapat berjalan pada jaringan CLNP dan IP.[8]

5. **Perbedaan OSPF dan IS-IS**

Meskipun keduanya merupakan protokol *routing* berbasis *link-state*, OSPF (*Open Shortest Path First*) dan IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System*) berbagi informasi topologi dengan cara yang sangat berbeda. Berikut ini adalah ringkasan perbedaan utama antara OSPF LSAs dan IS-IS LSPs.[9]

Fitur	**OSPF LSAs**	**IS-IS LSPs**
Istilah	*Link-State Advertisements* (LSAs)	*Link-State PDUs* (LSPs)
OSI Layer	Bekerja di *Layer* 3 OSI	Bekerja di *Layer* 2 OSI
Struktur Hirarki	Semua area harus terhubung ke area *backbone*. (Area 0)	*Router* dapat menjadi bagian dari *Level 1 (intra-area)* dan/atau *Level 2 (inter-area)*
Tipe *Advertisements*	Berbagai jenis LSAs (Tipe 1-5, 7) dan beberapa jenis lainnya	LSPs menyimpan data status tautan di dalam PDU dengan sub-TLV.
Area Border Routers (ABRs)	OSPF menggunakan *Area Border Routers* (ABR) untuk *summary* rute antara area.	IS-IS menggunakan *router Level-1/Level-2* untuk pertukaran rute antar area.
Routing Scope	LSAs dibagi menjadi rute intra-area, rute antar-area, dan rute eksternal.	LSP dibagi menjadi Level 1 (intra-wilayah) dan Level 2 (antar-wilayah)
Flooding Mechanism	OSPF menyebarkan LSAs dengan hierarki yang ketat antara area (area *backbone* yang terhubung ke area lain).	IS-IS menyebarkan LSPs di seluruh jaringan *Level 1* dan *Level 2*; tidak diperlukan area *backbone*.
Enkapsulasi	OSPF menggunakan IP (Protokol 89) untuk enkapsulasi LSA.	IS-IS beroperasi di lapisan tautan data menggunakan Protokol Jaringan Tanpa Sambungan ISO dan dikapsulasi dalam Ethernet.
External Routes	OSPF menggunakan LSAs Tipe 5 untuk rute eksternal.	IS-IS menggunakan LSP *Level 2* untuk rute eksternal.
Metric Structure	OSPF menggunakan *cost* sebagai metrik.	IS-IS mendukung berbagai jenis metrik (misalnya, *wide metrics)*

Fitur	OSPF LSAs	IS-IS LSPs
LSP Fragmentation	OSPF LSAs tidak mendukung fragmentasi	IS-IS mendukung fragmentasi LSP untuk skalabilitas dalam jaringan skala besar.

6. **QoS (*Quality of Service*)**

Quality Of Service (*QOS*) adalah mekanisme jaringan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas layanan dengan memanfaatkan parameter QoS seperti throughput, packet loss, jitter, dan delay. Menurut Rahmat, kualitas layanan (QoS) didefinisikan sebagai kemampuan jaringan untuk mengelola parameter yang terkait dengan QoS. Fahmi menjelaskan bahwa Kualitas Layanan (QoS) adalah kerangka kerja metodologis untuk mengukur dan menggambarkan karakteristik dan sifat-sifat suatu jaringan.[10] Berikut ini adalah nilai-nilai dari parameter QoS berdasarkan standar TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network).

- Packet Loss

  Packet Loss dapat didefinisikan sebagai persentase transmisi paket data yang gagal dan hilang sebelum mencapai tujuan.[10] Indeks parameter *packet loss* pada standarisasi TIPHON dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Kategori Degradasi	***Packet Loss***	Indeks
Sangat Baik	0-2 %	4
Baik	3-14 %	3
Cukup	15 – 24 %	2
Buruk	>25%	1

- *Delay*

  Delay didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk data menyelesaikan proses, mulai dari saat paket dikirim hingga saat paket diterima.[10] Indeks parameter *delay* pada standarisasi TIPHON dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Kategori Degradasi	***Delay***	Indeks
Sangat Baik	<150 ms	4
Baik	150 s/d 300 ms	3
Cukup	300 s/d 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

- *Jitter*

  Jitter didefinisikan sebagai variasi dalam penundaan paket data dari titik awal transmisi hingga titik akhir transmisi.[10] Indeks parameter *jitter* pada standarisasi TIPHON dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Kategori Degradasi	***Jitter***	Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	0 s/d 75 ms	3
Cukup	75 s/d 125 ms	2
Buruk	125 s/d 225 ms	1

- *Throughput*

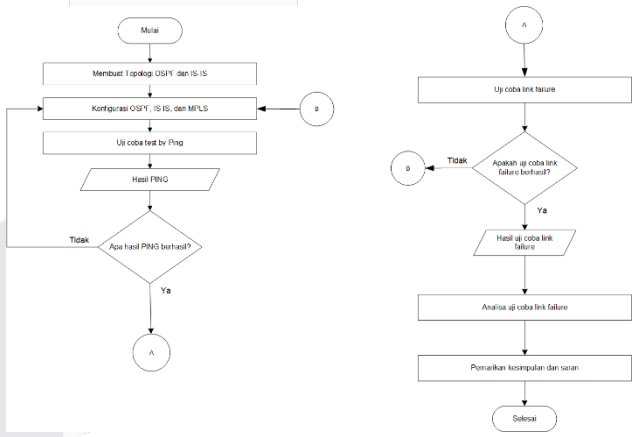
  Throughput adalah metrik kuantitatif yang mengukur volume data yang berhasil ditransfer dalam jangka waktu tertentu.[10] Indeks parameter *througput* pada standarisasi TIPHON dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Kategori Degradasi	***Throughput***	Indeks
Sangat Baik	>2,1 Mbps	4
Baik	1,2 - 2,1 Mbps	3
Cukup	700 - 1200 Kbps	2
Kurang Baik	338 - 700 Kbps	1
Buruk	>450 Kbps	0

III. METODE

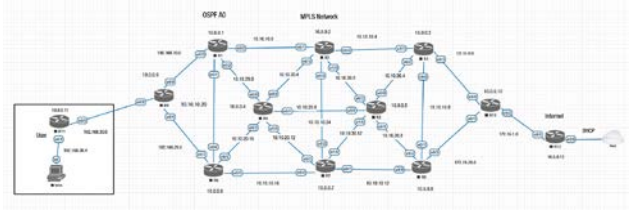
1. **Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan simulasi pada simulator EVE-NG dalam 10 skenario dengan repitisi 15 kali dalam 1 menit untuk membandingkan QoS antara protokol OSPF dan IS-IS pada jaringan MPLS saat terjadi gangguan *link failure*. Data dikumpulkan melalui metode observasi dengan mengamati hasil simulasi berupa grafik dan tabel. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan metode perbandingan dengan membandingkan hasil dari 10 skenario simulasi berdasarkan parameter QoS yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

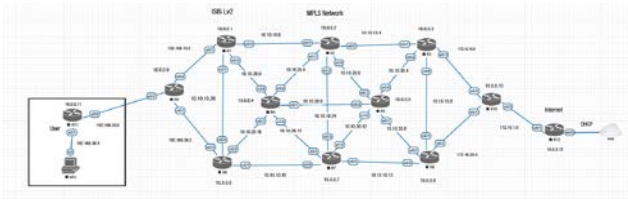


Gambar 1 (Diagram Alir Proses Penelitian)

2. **Topologi Jaringan**



Gambar 2 (*Topologi MPLS* dengan protokol *OSPF*)



Gambar 3 (*Topologi MPLS* dengan protokol *IS-IS*)

3. Spesifikasi

Pada bagian ini, penulis akan menjelaskan spesifikasi yang akan digunakan dalam pengujian ini yang terbagi menjadi 2 bagian yaitu spesifikasi *hardware* dan *software* yang di gunakan, yang akan dijelaskan pada berikut ini

- *Hardware*

  Pada bagian hardware penulis akan menggunakan 1 buah laptop yaitu Thinkpad T470p yang akan digunakan dalam penelitian ini, berikut detail spesifikasinya:

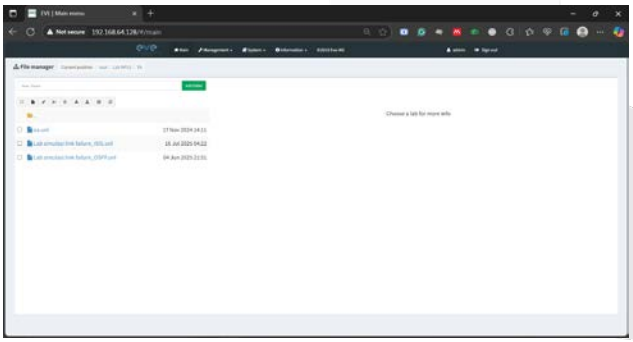
  - Prosessor : Intel(R) Core(TM) i7-7820HQ CPU @ 2.90GHz
  - Ram : 16 GB RAM DDR4
  - HDD: 1 TB HDD 2.5 Inch
  - SSD : 250 GB SSD

- *Software*

  Berikut adalah *software* yang akan digunakan penulis dalam penelitian ini, berikut detailnya:

a. EVE-NG

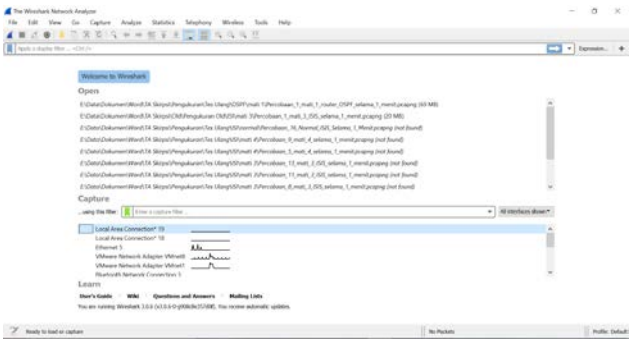
EVE-NG adalah perangkat lunak virtualisasi yang mendukung berbagai perangkat jaringan dan operasi system untuk melakukan simulasi jaringan atau server dengan nyata, dan emulator jaringan grafis yang mendukung gambar router komersial. Selain itu juga sudah support untuk multi vendor IOS nya seperti (Mikrotik, Cisco, Juniper dll). Dibawah ini merupakan gambar interface EVE-NG.



Gambar 4(*Dashboard* EVE-NG)

b. Wireshark

Wireshark adalah perangkat lunak yang dapat melakukan pengukuran trafik yang sedang berjalan pada jaringan internet maupun jaringan tertutup, *software* ini dapat menangkap trafik yang dapat mengukur parameter QoS seperti *delay, packet loss, jitter* dan *throughput*. Berikut ini adalah gambar interface pada Wireshark serta cara membaca data QoS seperti *delay, packet loss, jitter* dan *throughput.*



Gambar 5 (*Interface Dashboard* Wireshark)

4. Skenario Pengujian

Pada bagian ini, penulis akan menjelaskan tentang skenario pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yang terdiri dari 10 skenario dengan 15 kali repitisi dalam 1 menit. Dari skenario inilah penulis akan mengambil data yang akan dianalisa pada bab selanjutnya. Berikut adalah ringkasan dari skenario-skenario tersebut:

Skenario	*Router Down*	*Routing* Protokol	Durasi dan Repitisi Pengujian	Trafik yang diukur
1	Tidak ada	OSPF	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
2	R1	OSPF	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
3	R1, R2	OSPF	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
4	R1, R2, R7	OSPF	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
5	R1, R2, R7, R8	OSPF	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
6	Tidak ada	IS-IS	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
7	R1	IS-IS	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
8	R1, R2	IS-IS	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
9	R1, R2, R7	IS-IS	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p
10	R1, R2, R7, R8	IS-IS	1 Menit dan 15 kali pengujian	Video Youtube 1080p

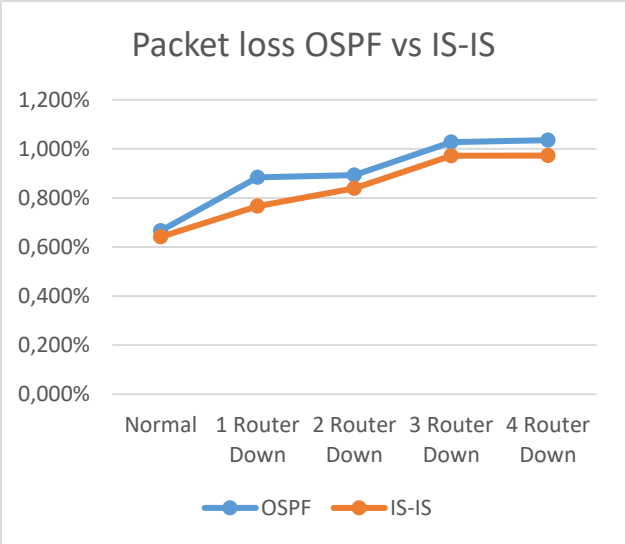
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah pembahasan analisa perbandingan kinerja atau QoS pada protokol OSFP dan IS-IS saat terjadi *Link Failure*. Analisa ini akan mencakup perbandingan parameter QoS yaitu: *packet loss, delay, jitter, dan throughput*.

1. *Packet Loss*

Tabel dan gambar di bawah ini adalah tabel hasil pengujian yang merupakan rata-rata dari 15 kali pengujian untuk parameter QoS *packet loss* selama 1 menit pada 10 skenario *link failure* yang telah di implementasikan pada protokol OSPF dan IS-IS.

Kondisi	Rata-Rata Packet Loss OSPF (%)	Rata-Rata Packet Loss IS-IS (%)
Normal	0,666%	0,641%
1 Router Down	0,884%	0,767%
2 Router Down	0,893%	0,839%
3 Router Down	1,028%	0,972%
4 Router Down	1,036%	0,973%



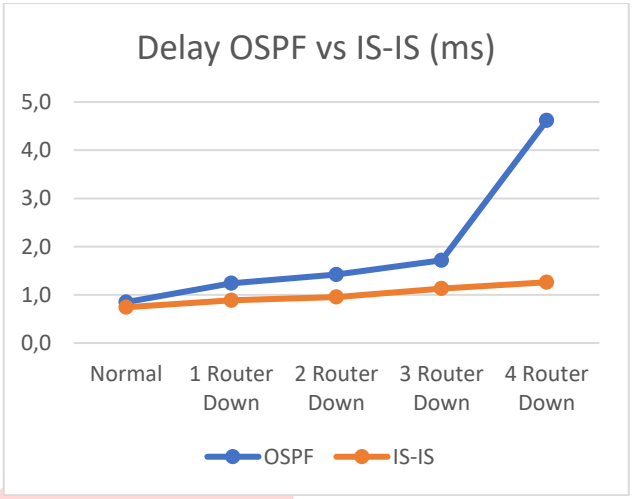
Gambar 6(Grafik Perbandingan Rata-Rata *Paket Loss* OSPF dan IS-IS)

Berdasarkan Tabel dan Gambar di atas terlihat bahwa protokol IS-IS konsisten unggul dibandingkan OSPF dalam hal packet loss pada lima skenario yang diuji, di mana IS-IS menunjukkan tingkat *packet loss* yang lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian Amanpreet Kaur yang menyatakan bahwa meskipun OSPF dan IS-IS menggunakan algoritma jalur terbaik yang sama, IS-IS memiliki performa QoS yang lebih baik, termasuk waktu konvergensi lebih cepat (3 detik dibanding 5 detik pada OSPF), yang berdampak langsung pada efisiensi *packet loss*.[6] Secara keseluruhan, IS-IS menunjukkan kinerja 7,57% lebih baik dari OSPF dalam parameter ini, meskipun keduanya masih berada dalam kategori sangat baik menurut indeks *packet loss*.

2. *Delay*

Tabel dan gambar di bawah ini adalah tabel hasil pengujian yang merupakan rata-rata dari 15 kali pengujian untuk parameter QoS *delay* selama 1 menit pada 10 skenario *link failure* yang telah di implementasikan pada protokol OSPF dan IS-IS.

Kondisi	Rata-Rata Delay OSPF (ms)	Rata-Rata Delay IS-IS (ms)
Normal	0,8 ms	0,7 ms
1 Router Down	1,2 ms	0,9 ms
2 Router Down	1,4 ms	1,0 ms
3 Router Down	1,7 ms	1,1 ms
4 Router Down	4,6 ms	1,3 ms



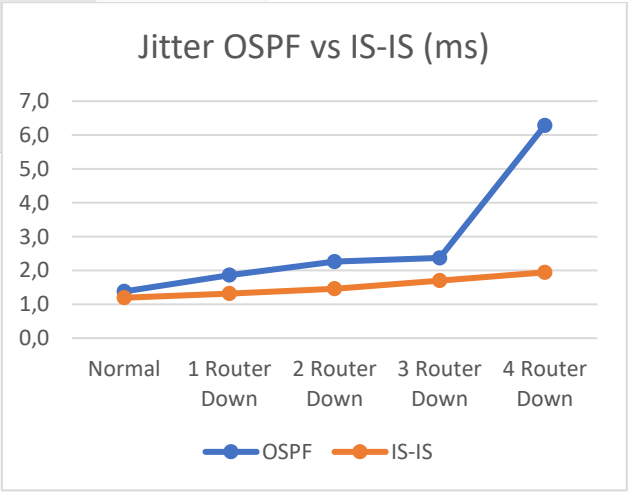
Gambar 7 (Grafik Perbandingan Rata-Rata *Delay* OSPF dan IS-IS)

Berdasarkan Tabel dan Gambar di atas terlihat bahwa protokol IS-IS memiliki kinerja *delay* yang lebih baik dibandingkan OSPF pada lima skenario berbeda, di mana IS-IS konsisten menghasilkan *delay* lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Amanpreet Kaur yang menunjukkan bahwa IS-IS memiliki waktu konvergensi lebih cepat (3 detik) dibanding OSPF (5 detik), sehingga memberikan respon jaringan yang lebih efisien.[6] Secara keseluruhan, IS-IS menunjukkan performa 79,20% lebih baik dari OSPF dalam parameter *delay*, terutama saat menghadapi kondisi *link failure*, meskipun keduanya masih tergolong sangat baik menurut indeks *delay*.

3. *Jitter*

Tabel dan grafik di bawah ini adalah tabel hasil pengujian yang merupakan rata-rata dari 15 kali pengujian untuk parameter QoS *jitter* selama 1 menit pada 10 skenario *link failure* yang telah di implementasikan pada protokol OSPF dan IS-IS.

Kondisi	Rata-Rata Jitter OSPF (ms)	Rata-Rata Jitter IS-IS (ms)
Normal	1,4 ms	1,2 ms
1 Router Down	1,9 ms	1,3 ms
2 Router Down	2,3 ms	1,5 ms
3 Router Down	2,4 ms	1,7 ms
4 Router Down	6,3 ms	1,9 ms



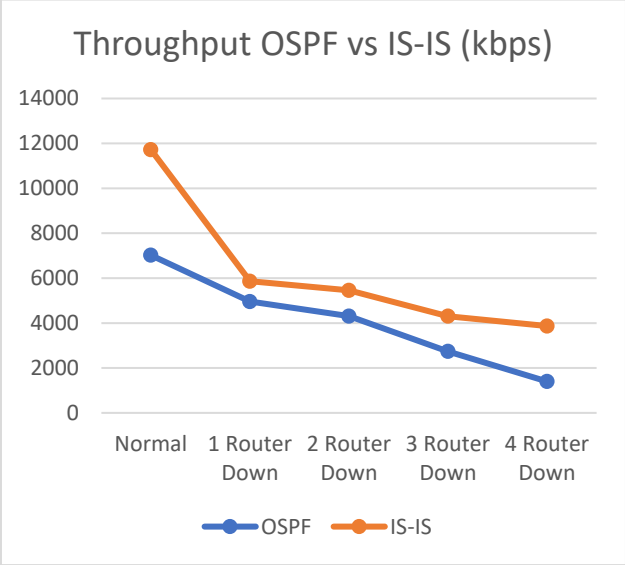
Gambar 8 (Grafik Perbandingan Rata-Rata *Jitter* OSPF dan IS-IS)

Berdasarkan Tabel dan Gambar di atas terlihat bahwa protokol IS-IS menunjukkan kinerja *jitter* yang lebih baik dibandingkan OSPF pada lima skenario yang diuji, dengan hasil yang sejalan dengan penelitian Amanpreet Kaur yang menyatakan bahwa IS-IS memiliki waktu konvergensi lebih cepat (3 detik) dibanding OSPF (5 detik). Dalam keseluruhan skenario, IS-IS unggul sebesar 77,78% dalam parameter jitter, menunjukkan kestabilan yang lebih baik terutama saat menghadapi kondisi *link failure*.[6] Meski demikian, hasil dari kedua protokol masih berada dalam kategori sangat baik berdasarkan indeks *jitter*.

4. Throughput

Tabel dan gambar di bawah ini adalah tabel hasil pengujian yang merupakan rata-rata dari 15 kali pengujian untuk parameter QoS delay pada 10 skenario *link failure* yang telah di implementasikan pada protokol OSPF dan IS-IS.

Kondisi	Rata-Rata OSPF (kbps)	Rata-Rata IS-IS (kbps)
Normal	7021 kbps	11719 kbps
1 Router Down	4957 kbps	5861 kbps
2 Router Down	4309 kbps	5457 kbps
3 Router Down	2737 kbps	4305 kbps
4 Router Down	1399 kbps	3868 kbps



Gambar 8 (Grafik Perbandingan Rata-Rata *throughput* OSPF dan IS-IS)

Berdasarkan Tabel dan Gambar di atas protokol IS-IS menunjukkan kinerja *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan OSPF pada lima skenario yang diuji. Hal ini disebabkan oleh waktu konvergensi IS-IS yang lebih cepat, serta *delay* yang lebih rendah, yang memungkinkan aliran data berjalan lebih cepat dan stabil. Temuan ini konsisten dengan penelitian Amanpreet Kaur yang menyebutkan IS-IS memiliki waktu konvergensi 3 detik, lebih cepat dibanding OSPF yang membutuhkan 5 detik.[6] Secara keseluruhan, IS-IS unggul sebesar 35,37% dalam parameter *throughput* dibanding OSPF, meskipun keduanya masih berada dalam kategori bagus dan sangat bagus.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa implementasi routing protocol OSPF dan IS-IS dalam jaringan MPLS berhasil dilakukan menggunakan simulator EVE-NG, dengan konfigurasi router yang berjalan baik dan trafik jaringan yang dapat diukur. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa protokol IS-IS memberikan kinerja lebih unggul dibanding OSPF berdasarkan empat parameter QoS, yaitu packet loss (7,57% lebih baik), delay (79,20%), jitter (77,78%), dan throughput (35,37%).

REFERENSI

M. Teniwut, “Sejarah Internet, Kapan Mulai Masuk Indonesia?,” mediaindonesia.com. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://mediaindonesia.com/teknologi/531578/sejarah-internet-kapan-mulai-masuk-indonesia

[2] M. A. Rizati, “Pengguna Internet di Indonesia Sentuh 212 Juta pada 2023,” dataindonesia.id. Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: Monavia Ayu Rizaty Artikel ini telah tayang di Dataindonesia.id dengan judul “Pengguna Internet di Indonesia Sentuh 212 Juta pada 2023”., Author: Monavia Ayu Rizaty. Editor: Dimas Bayu. Klik selengkapnya di sini: https://dataindonesia.id/internet/detail/pengguna-internet-di-indonesia-sentuh-212-juta-pada-2023.

[3] G. Warnock and A. Nathoo, *Alcatel-Lucent network routing specialist II (NRS II) self-study guide - preparing for the NRS II certification exams*. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

[4] L. De Ghein, *Cisco.Press.MPLS.Fundamentals.Nov.2006*. Indianapolis, USA: Cisco Press, 2006.

[5] A. Budiman, A. Sucipto, and A. Rosyid Dian, “Analisis Quality of Service Routing MPLS OSPF Terhadap Gangguan Link Failure Analysis of Service Quality for Routing MPLS OSPF Against Link Failure Interference.”

[6] A. Kaur and E. Dinesh Kumar, “Comparative Analysis of Link State Routing Protocols OPSF and IS-IS,” *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, vol. 3, 2013, [Online]. Available: www.ijcstjournal.org

[7] A. Budiman, A. Sucipto, and A. Rosyid Dian, “Analisis Quality of Service Routing MPLS OSPF Terhadap Gangguan Link Failure Analysis of Service Quality for Routing MPLS OSPF Against Link Failure Interference.”

[8] D. Aditya, D. Perdana, and R. Muldina, “PERANCANGAN DAN ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN MPLS PADA NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION DENGAN HYPERVISOR VMWARE DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF MPLS NETWORK ON NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION WITH VMWARE AS HYPERVISOR.”

[9] I. Faruqi, D. Rendy Munadi, and S. H. Naning, “IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KONVERGENSI PROTOKOL OSPFv3 DAN IS-IS PADA IPv6 IMPLEMENTATION AND ANALYSIST OF OSPFv3 AND IS-IS PROTOCOL CONVERGENCE ON IPv6.”

[10] H. Ming, “What Is IS-IS? How Does IS-IS Work?” Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available: https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/en/IS-IS.html

[11] N. Bhagat, “A Comparative Performance Evaluation of OSPF and IS-IS for Enterprise and Service Provider Networks Nikhil Bhagat,” 2020. [Online]. Available: www.ijfmr.com

[12] I. S. N. Nisa, Rahmat Miyarno Saputro, Tegar Fatwa Nugroho, and Alfirna Rizqi Lahitani, “Analisis Quality of Service (QoS) Menggunakan Standar Parameter Tiphon pada Jaringan Internet Berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya,” *Teknomatika: Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2024, doi: 10.30989/teknomatika.v17i1.1307.

[13] M. Mardianto, “Analisis Quality Of Service (QoS) pada Jaringan VPN dan MPLS VPN Menggunakan GNS3,” *Jurnal Sains*

dan Informatika, vol. 5, no. 2, pp. 98–107, Dec. 2019, doi: 10.34128/jsi.v5i2.191.

[14] 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 (Comparative Analysis of OSPF and RIPv2 Routing Protocols Based on Variations in The Number of Routers on MPLS and Non-MPLS Networks Using GNS3 Simulator)." [Online]. Available: http://jcosine.if.unram.ac.id/

[15] A. Kahfi and P. W. Purnawan, "SIMULASI DAN ANALISIS QOS PADA JARINGAN MPLS IPV4 DAN IPV6 BERBASIS ROUTING OSPF," *Jurnal Maestro*, vol. 1, pp. 73–79, 2018.

[16] N. Fadhilah and S. Soim, "ANALISA PERFORMANSI QOS LAYANAN VIDEO STREAMING PADA JARINGAN MPLS-DIFFSERV DAN MPLS-INTSERV QOS PERFORMANCE ANALYSIS OF VIDEO STREAMING SERVICES ON MPLS-DIFFSERV AND MPLS-INTSERV NETWORK," 2018.

[17] B. Listya Arisiha, D. Irawati, M. Iqbal, P. D3, and T. Telekomunikasi, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS JARINGAN MENGGUNAKAN MPLS (MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING) DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK REDUNDANSI VRRP (VIRTUAL ROUTER REDUNDANCY PROTOCOL) Implementation and Analysis of the Network using MPLS (Multiprotocol Label Switching) using VRRP redundancy technique (Virtual Router Redundancy Protocol)."

[18] Y. Nurdiansyah, N. Pratama, M. I. Putra, and M. A. Sya'roni, "Analisis Perbandingan Metode Interior Gateway Protocol RIP Dengan OSPF Pada Jaringan MPLS-VPLS," 2020.

[19] A. Ahmed Qureshi, M. Ibrahim Channa, M. Nawaz Lakhmir, M. Ibrahim Channa, F. Ahmed Jokhio, and S. Nizamani, "Performance Evaluation of Link State Routing Protocol in an Enterprise Network," *Bahria University Journal of Information & Communication Technologies*, vol. 8, no. 1, 2015, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/289166661

[20] F. Barreto, "Fast Emergency Paths Schema to Overcome Transient Link Failures in OSPF Routing," *International journal of Computer Networks & Communications*, vol. 4, no. 2, pp. 17–34, Mar. 2012, doi: 10.5121/ijcnc.2012.4202.