

Analisis Routing Protocol Is-Is Dengan MPLS Traffic Engineering Menggunakan GNS3

Hendra Bayu Suseno¹, Imam Tri Prabowo², Siti Umami Masruroh³, Dewi Khairani⁴, I'im Umamil Khoiri⁵

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Syarif Hidayatullah Jakarta

Jl. Ir H. Juanda No.95, Cempaka Putih, Kec. Ciputat Timur, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412
hendra.bayu@uinjkt.ac.id, imamtri.prabowo14@mhs.uinjkt.ac.id, ummi.masruroh@uinjkt.ac.id,
dewi.khairani@uinjkt.ac.id, iim.umamil16@mhs.uinjkt.ac.id

Abstract

In the digital era is , the internet becomes a necessity . the increasing number of internet usage by various parties encourages ISPs to improve their service quality . To overcome the problem the IETF has introduced a service Multiprotocol . MPLS-TE allows for schemes TE where the tip router of the label switched path (LSP) can calculate the many routes efficiently through the network to the router tip of the tail of the LSP. TE consists of three steps principal that is the size , model, and control . MPLS-TE allows for schemes TE where the tip router of the label switched path (LSP) can calculate the many routes efficiently through the network to the router tip of the tail of the LSP. ISIS is one of the routing protocol that was created for the OSI mode, using the method of link state as a method of collecting the route , ISIS also will perform the collection of information and the status of all the links that exist in the network . Analysis of the IS-IS routing protocol with the Multiprotocol label switch Traffic Engineering based on the parameters of quality of service (QoS), namely throughput and packet loss where the simulation uses the GNS3 network emulator. The test results prove that the values of throughput and packet loss are not much different.

Keyword: MPLS, Tunneling , QoS, throughput, packet loss, routing protocols, IS-IS, MPLSTE.

Abstrak

Di era digital ini, internet menjadi suatu kebutuhan. peningkatan jumlah penggunaan internet oleh berbagai pihak mendorong ISP untuk meningkatkan kualitas layanan mereka. Untuk mengatasi masalah tersebut IETF telah memperkenalkan layanan Multiprotocol. MPLSTE memungkinkan untuk skema TE di mana ujungnya router dari label switched path (LSP) dapat menghitung paling banyak rute efisien melalui jaringan menuju router ujung ekor dari LSP. TE terdiri dari tiga langkah utama yaitu adalah ukuran, model, dan kontrol. MPLS-TE memungkinkan untuk skema TE di mana ujungnya router dari label switched path (LSP) dapat menghitung paling banyak rute efisien melalui jaringan menuju router ujung ekor dari LSP. ISIS merupakan salah satu routing protocol yang diciptakan untuk OSI mode, menggunakan metode link state sebagai metode pengumpulan rutanya, IS-IS juga akan melakukan pengumpulan informasi dan status dari semua link yang ada dalam jaringannya. Analisis routing protocol IS-IS dengan Multiprotocol label switch Traffic Engineering berdasarkan parameter dari quality of Service (QoS) yaitu troughput dan paketloss dimana simulasi menggunakan network emulator GNS3. Hasil pengujian membuktikan bahwa nilai dari troughput dan paketloss tidak jauh berbeda.

Keyword: MPLS, Tunneling, QoS, throughput, packet loss, routing protocol, IS-IS, MPLS-TE.

I. Pendahuluan

1. Latar belakang

Di era digital ini, internet menjadi suatu kebutuhan. Hal itu dapat dilihat dari peningkatan jumlah penggunaan internet yang kian hari semakin bertambah. Internet akan selalu berhubungan dengan jaringan, dan jaringan terdapat 3 macam yaitu *Local Area Network (LAN)*, *Metropolitan Area Network (MAN)*, *Wide Area Network (WAN)*[1]. berbagai pihak mendorong *Internet Service Provider (ISP)* untuk meningkatkan

kualitas layanan mereka. Masalah yang sering dialami oleh *ISP* yaitu terganggunya jalur komunikasi yang disebabkan oleh putus kabel. Jalur yang terputus tentu menyebabkan layanan bagi pelanggan terganggu. Oleh karena itu, kualitas koneksi khususnya pada backbone menjadi tantangan *Internet Service Provider (ISP)*. Pertumbuhan yang luar biasa pada bidang telekomunikasi beberapa tahun terakhir, telah menyebabkan traffic internet menjadi sangat besar, data yang diterima dan dikirim dari satu lokasi ke lokasi lain dengan kebutuhan dan persyaratan yang berbeda seperti transaksi bisnis online, video streaming dan lain lainnya. *Internet service provider (ISP)* seharusnya menjamin *quality of service (QoS)* yang tinggi dengan minimum *packet loss* dan *delay* antara *host* yang rendah. [2].

Belum lama ini muncul paradigma baru dalam *source routing* yang disebut *Segment Routing (SR)*. *Segment Routing* adalah teknologi penerusan paket dengan jalur yang ditentukan oleh *source node*, kemudian paket dikirim melalui *node* tertentu dan jalur penerusan yang disebut *Segment*. *IETF* mengatakan bahwa *Segment Routing* dapat langsung diterapkan ke arsitektur *MPLS* tanpa perubahan pada *forwarding plane*. *Segment Routing* dapat diterapkan pada jaringan *MPLS* sebagai pengganti *LDP* dalam hal pertukaran label dan *RSVP* dalam hal *traffic engineering*[3].

MPLS traffic engineering (MPLS-TE) adalah sebuah implementasi yang berkembang di penyedia layanan saat ini (*SP*) jaringan. Adopsi *MPLS* dalam jaringan *SP* telah meningkat sangat karena kemampuan *TE* yang melekat. *SP* menggunakan *MPLS-TE* untuk memastikan keandalan dan pergerakan data yang cepat melalui jaringan, karena itu penting bagi *SP* untuk mengenali jaringan yang perlu dikelola, diamankan dan dibuat dapat diandalkan untuk sumber daya jaringan bagi pelanggan [4].

MPLS-TE memungkinkan untuk skema *TE* di mana ujungnya router dari *label switched path (LSP)* dapat menghitung paling banyak *route* efisien melalui jaringan menuju router ujung ekor dari *LSP*. Prinsip *TE* lebih baik mengambil jalur yang tidak macet meskipun penundaannya mungkin lebih tinggi, daripada membuat jalur jalur terpendek menjadi padat sementara bandwidth yang tersedia tidak digunakan pada tautan lain[5]. *TE* terdiri dari tiga langkah utama yaitu adalah ukuran, model, dan kontrol. Operator mengukur tata letak fisik jaringan yang diperlukan untuk tugas-tugas seperti perencanaan kapasitas dan visualisasi jaringan diikuti oleh estimasi kemungkinan pengaturan tautan, mengetahui caranya banyak pengaturan *IGP* mempengaruhi aliran lalu lintas [6].

Protokol *IGP* adalah sebuah *protocol routing* yang digunakan dengan grup jaringan *IP* di bawah kendali satu entitas yang memberikan kesamaan kebijakan perutean untuk internet. *IP Cisco IOS* Pesan Kontrol Internet Perjanjian Tingkat Layanan (*SLA*) Operasi gema protokol (*ICMP*) digunakan untuk memantau waktu respons ujung-ke-ujung antara router dan perangkat *Cisco* menggunakan *IP*. *IP SLA* adalah portofolio dari teknologi yang tertanam di sebagian besar perangkat yang menjalankan *Cisco IOS* perangkat lunak, yang memungkinkan pelanggan *Cisco* untuk menganalisis *IP* tingkat layanan untuk aplikasi dan layanan *IP*, meningkatkan produktivitas, untuk menurunkan biaya operasional, dan untuk mengurangi frekuensi pemadaman jaringan.

Routing IP adalah nama yang agak umum untuk kumpulan *protocol* yang menyelesaikan perutean dengan mengimplementasikan spesifik algoritma *routing*. *Routing* adalah transfer paket dari sebuah perangkat di satu jaringan ke perangkat di jaringan yang berbeda. *IP protocol routing* memungkinkan *router* untuk membangun tabel penerusan yang sesuai dengan tujuan akhir dan hop berikutnya alamat. Beberapa *protocol routing* adalah: *IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)* yang beroperasi dalam suatu *autonomous system (AS)* yaitu sistem di bawah tunggal administrasi.

ISIS merupakan bagian besar yang digunakan di jaringan berskala besar oleh karena itu, lebih populer digunakan dalam jaringan *Internet Service Provider (ISP)*[7]. *ISIS* juga merupakan salah satu *routing protocol* yang diciptakan untuk *OSI mode*, menggunakan metode link state sebagai metode pengumpulan rutenya[8]. *ISIS* juga akan melakukan pengumpulan informasi dan status dari semua link yang ada dalam jaringannya. *Distance Vector* melakukan pengumpulan *route* dengan cara melakukan penghitungan jumlah perangkat *router* yang terbentang dari titik asal menuju ke tujuannya. Metode *Link State* melakukan *tracking* atau penyelidikan terhadap semua koneksi yang ada dalam jaringan. Status dari koneksi-koneksi tersebut, jenis dan tipe koneksi, bahkan kecepatan dari koneksi tersebut semuanya dikumpulkan menjadi sebuah informasi Terdapat banyak simulator jaringan yang telah ada saat ini yang dapat digunakan oleh pengguna. Salah satunya adalah *Graphical Network Simulator 3 (GNS3)*[9]. *GNS3* adalah software simulasi jaringan computer berbasis *Graphical User Interface (GUI)*. *GNS3* memungkinkan simulasi jaringan yang kompleks karena menggunakan sistem operasi asli dari perangkat jaringan, tetapi untuk dapat digunakan pengguna harus menyediakan sistem operasinya sendiri. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penulis mengambil judul "ANALISIS PROTOCOLROUTING IS-IS DENGAN MPLS Traffic Engineering MENGGUNAKAN GNS3"

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisis routing protocol ISIS dengan MPLS traffic engineering menggunakan GNS3. dengan parameter throughput dan packet loss untuk mengetahui skenario yang mana yang lebih baik untuk digunakan sebagai sarana penelitian ataupun pembelajaran.

3. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan [10] yang berjudul Analisis dan Implementasi *Virtual Private Network (VPN)* Dengan *Multiprotocol Label Switching (MPLS)* menyebutkan kelebihan dari penelitian ini dalam penulisannya menggunakan *IPSec* sebagai proses *encapsulation* dan dapat menambahkan *service video streaming*. Sedangkan kekurangan dari penelitian ini adalah Penulis tidak menjelaskan *backbone* yang digunakan pada MPLS VPN tersebut menggunakan *Layer 3* atau menggunakan *Layer 2* dan penulis tidak menjelaskan parameter apa saja yang diujikan. Penelitian yang dilakukan [11] yang berjudul Evaluasi Kinerja Jaringan DMVPN Menggunakan Routing Protocol RIPv2, OSPF, EIGRP dengan BGP menyebutkan kelebihan dari penelitian ini adalah peneliti menggunakan jaringan DMVPN yang berada pada *Layer 2* dan pengujian menggunakan variasi *routing protocol* IGP dengan BGP. Sedangkan kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya *service MPLS* pada penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan [12] yang berjudul Implementasi dan Analisis QoS Pada Jaringan MPLSVPN Berbasis MPLS-TE Menggunakan Routing Protokol OSPF menyebutkan kelebihan dari penelitian ini adalah pengujian yang dilakukan menggunakan MPLS-TE dan menggunakan *service FTP* dengan *FileZilla*. Sedangkan kekurangan pada penelitian ini hanya menggunakan *routing protocol* OSPF. Penelitian yang dilakukan [13] yang berjudul *A Comparative Simulation Study of IP, MPLS, MPLS-TE for Latency and Packet Loss Reduction over a WAN* menyebutkan kelebihan dari penelitian ini adalah peneliti menggunakan MPLS dan MPLS-TE. Sedangkan kekurangannya adalah menggunakan *protocol routing*. Penelitian yang dilakukan [14] yang berjudul *Survey on the RIP, OSPF, EIGRP Routing Protocols* menyebutkan kelebihan dari penelitian ini adalah menggunakan 3 *routing protocol*. sedangkan kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya *service MPLS-TE*.

II. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode simulasi yang artinya dengan percobaan sistem *failover* link terhadap kombinasi *routing protocol*. Ada tiga skenario dan setiap skenario memiliki empat area yang berbeda dari kombinasi *routing protocol* yang akan dianalisis untuk mendapatkan nilai *throughput* dan *packet loss*. Menurut [15] tahapan-tahapan proses pengembangan pemodelan dan simulasi pada penelitian adalah sebagai berikut:

a. Problem Formulation

Tahapan ini akan menentukan permasalahan utama yang penulis dapatkan setelah melakukan studi pustaka dan studi penelitian sejenis, yaitu terletak pada percobaan kinerja sistem *failover* link dari setiap *routing protocol* IGP dan gabungan dari beberapa IGP dan EGP dengan masing-masing IGP berbeda area. Dengan demikian dibutuhkannya jaringan yang sangat kompleks dan meminimalisir saat terjadinya gangguan atau *down*, agar jaringan tetap stabil. Penulis menggunakan kombinasi antara *Internal Gateway Protocol* yaitu *IS-IS* dengan *External Gateway Protocol* yaitu *BGP* untuk mengetahui *protocol* mana yang terbaik untuk mengatasi ketika terjadi gangguan atau *down* dalam suatu jaringan.

b. Conceptual Model

Tahapan ini penulis akan merancang konsep desain simulasi yang dilakukan. Desain topologi yang akan dirancang pada simulasi ini terdiri dari 11 unit *router* dan 3 buah *Virtual PC* yang dijalankan pada *VMware Workstation*. Rancangan topologi yang akan dilakukan terbagi dari 3 buah area dengan *AS Number* berbeda yang akan dikonfigurasi dengan kombinasi protokol *routing Interior Gateway Protocol (IS-IS)* dan akan menggunakan *routing protocol BGP* sebagai area eksternal yang menghubungkan antar internal. Rancangan topologi tersebut akan dilakukan pada simulasi jaringan *GNS3*.

c. Input Output Data

Tahapan ini penulis akan membuat *input* dan *output* apa saja yang diterapkan pada simulasi. Atribut yang akan diperlukan sebagai *input* adalah *node*, *bandwidth*, *windows size*. *Output* berupa parameter dilihat berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi dengan menggunakan perhitungan *throughput* dan *packet loss*.

d. **Modelling**

Proses *modelling* ini akan menentukan parameter dan karakteristik yang digunakan selama simulasi, yang dinamakan dengan variabel. Tahapan ini juga dilakukan pembuatan skenario yang akan digunakan untuk simulasi. Skenario yang akan dirancang terdiri dari 3 skenario dimana masing-masing skenario akan dilakukan perhitungan sesuai *input* dan *output* data yang telah ditetapkan pada tahapan sebelumnya.

e. **Simulation**

Tahapan ini akan melakukan pengimplementasian atau penerapan model yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya. Penulisan ini, implementasinya akan disimulasikan dengan variabel atau parameter-parameter yang sudah ditemukan dan mengkonfigurasi dari setiap perangkat yang terhubung. Proses komunikasi data yang berjalan pada perangkat simulasi *GNS3* akan direkam dengan menggunakan *Wireshark* dan *Iperf3*. Setelah proses simulasi dilakukan, maka hasil rekaman komunikasi data tersebut diproses sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan yang akan menghasilkan sebuah informasi untuk proses analisa.

f. **Verification and Validation**

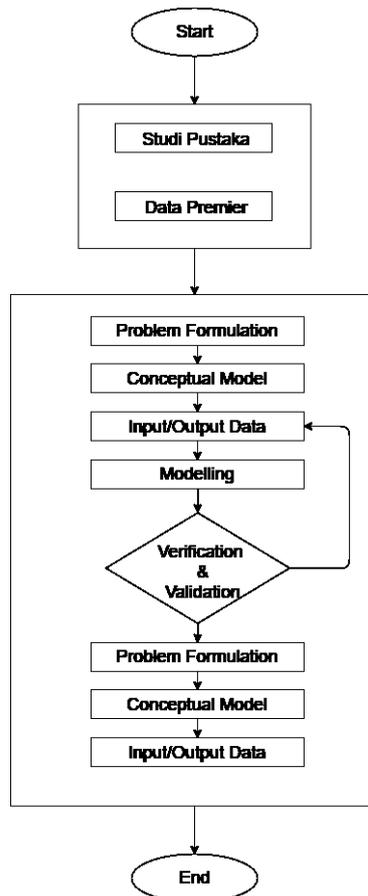
Tahap ini akan melakukan sebuah proses pemeriksaan data serta menilai apakah layak untuk dilakukan pada tahapan selanjutnya. Tahap ini akan menguji konfigurasi pada *router* dengan melakukan perintah "*show running-configuration*", menguji konfigurasi *IP Address* dan pengecekan *route* pada *Virtual PC* dengan melakukan perintah "*ipconfig*" dan "*tracert*"

g. **Experimentation**

Proses ini penulis akan melakukan percobaan dengan semua skenario yang telah dirancang pada tahapan selanjutnya.

h. **Output Analysis**

Tahapan ini akan menganalisis data-data hasil rata-rata perhitungan dari nilai *throughput*, *packet loss* yang telah dilakukan.



Gambar 1. Kerangka penelitian

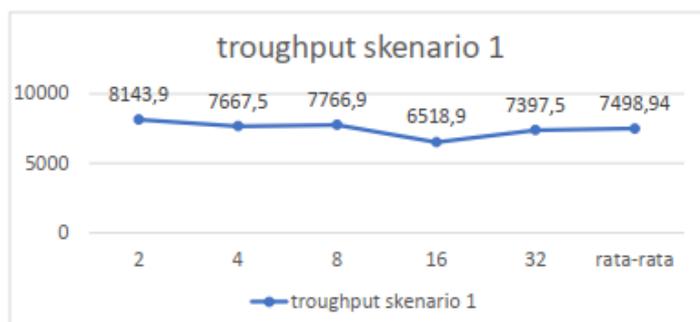
III. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang ditampilkan merupakan *output* dari pengujian performa jaringan dengan parameter *throughput* dan *packet loss*. Setiap skenario akan dilakukan pengujian dengan menggunakan dua aplikasi untuk mengukur kinerja jaringan yaitu *Iperf3* untuk mengukur parameter *throughput* dan *packet loss* menggunakan *Wireshark* dari masing-masing skenario. *Iperf3* dijalankan pada *Windows XP* yang telah terpasang di *VMware*, kemudian melakukan proses pengiriman dari *PC Client* ke *PC Server* melalui *port 5201* dengan menggunakan paket *TCP* dan *UDP*. Dari proses pengiriman data pada paket *TCP* hasil yang didapat adalah *throughput* dan *packet loss*. Sedangkan *Wireshark* dijalankan pada sistem operasi utama yakni *Windows 10* untuk melakukan *capture packet* pada jaringan yang telah dipilih di simulator *GNS3*.

1. Skenario 1 Pengujian Throughput

wind ows	nama	percobaan troughput (kbits/sec)										rata rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	pc client	6470	19.884	8456	3477	4386	8796	8553	8342	7443	5632	8143,9
4	pc client	9237	8405	8921	6456	7556	9221	6896	6453	5664	7866	7667,5
8	pc client	6063	8628	8354	7351	5248	8712	6771	8821	8271	9450	7766,9
16	pc client	5770	3041	4858	6834	8238	6234	8390	9850	8756	3218	6518,9
32	pc client	4221	8118	9470	8591	7225	6304	8345	8022	7423	6256	7397,5
rata-rata											7498,94	

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa hasil pengujian troughput dengan *window size* 2, 4, 8, 16, 32 *Kbyte* di *GNS3* memiliki nilai rata-rata sebesar 8143.9, 7667.5, 7766.5, 6518.9, dan 7397.5 *kbps* dengan nilai rata-rata keseluruhan 7498.94*kbps*. Hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali menunjukkan bahwa hasil pengujian *Troughput* memiliki nilai yang bervariasi. *Window size* pada pengujian ini tidak berpengaruh banyak pada hasil yang dihasilkan. Karena nilai hasil pengujian dengan *window size* 2, 4, 8, 16, 32 *Kbyte* menghasilkan hasil yang bervariasi, terkadang hasil pengujian dengan *window size* 2kb lebih besar dari pada 32kb terkadang *window size* 32kb memiliki hasil yang lebih besar dari 2kb. Dari tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa nilai *Troughput* pada perngujian ,2k , 4k, 8k, 16k, dan 32k memiliki perbedaan yang tidak terlalu besar.



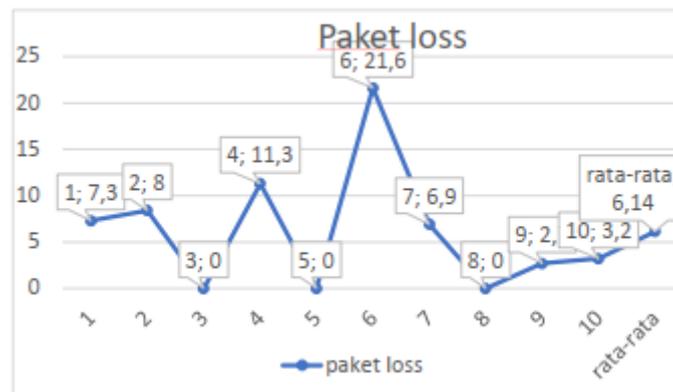
Gambar 2. Grafik troughput scenario 1

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa dapat menghasilkan nilai *throughput* yang cukup baik, karena semakin besar nilai *throughput* maka semakin baik.

2. Skenario 1 Pengujian *Packet Loss*

file Paket	nama	paket loss (%)										rata rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5 mb	pc client	7,3	8	0	11,3	0	21,6	6,9	0	2,7	3,2	6,14

Pada tabel berikut merupakan tampilan dari hasil penelitian *Packet Loss* (%) simulasi pada skenario. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan bandwidth 5 mb, dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 6,14 % untuk Grafik dari hasil penelitian *packet loss* adalah sebagai berikut.



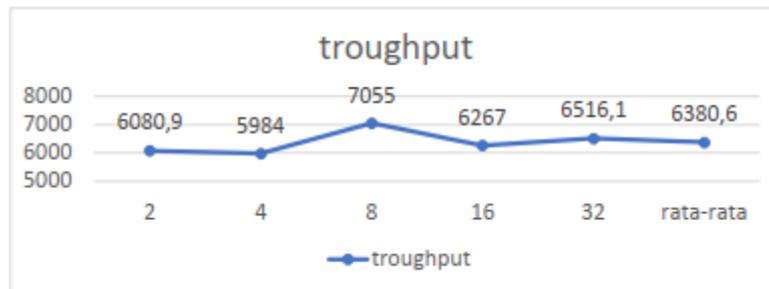
Gambar 2. Grafik paket loss scenario 1

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan bandwidth 5mb dapat menghasilkan nilai *packet loss* yang cukup baik, karena semakin kecil nilai *packet loss* maka semakin baik.

3. Skenario 2 Pengujian *Troughput*

windows size (kb)	nama	percobaan troughput (kbits/sec)										rata rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	pc client	4824	4.931	7463	4923	4386	5077	8347	6903	7566	6389	6080,9
4	pc client	3489	5244	6344	6456	7556	5823	7209	6453	5076	6190	5984
8	pc client	7412	6431	6393	7351	5248	9574	7268	7312	6211	7350	7055
16	pc client	5861	6947	6448	5925	5721	6234	6478	6421	7543	5092	6267
32	pc client	4782	5209	7212	5021	7421	6221	7488	6022	6029	7756	6516,1
ra											6380,6	

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa hasil pengujian *throughput* dengan *window size* 2, 4, 8, 16, 32 *Kbyte* di *GNS3* memiliki nilai rata-rata sebesar 6080,9, 5984, 7055, 6267, dan 6516 *kbps* dengan nilai rata-rata keseluruhan 6380,6 *kbps*. Hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali menunjukkan bahwa hasil pengujian *Throughput* memiliki nilai yang bervariasi. *Window size* pada pengujian ini tidak berpengaruh banyak pada hasil yang dihasilkan. Karena nilai hasil pengujian dengan *window size* 2, 4, 8, 16, 32 *Kbyte* menghasilkan hasil yang bervariasi, terkadang hasil pengujian dengan *window size* 2kb lebih besar dari pada 32kb terkadang *window size* 32kb memiliki hasil yang lebih besar dari 2kb. Dari tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa nilai *Throughput* pada pengujian ,2k , 4k, 8k, 16k, dan 32k memiliki perbedaan yang tidak terlalu besar.



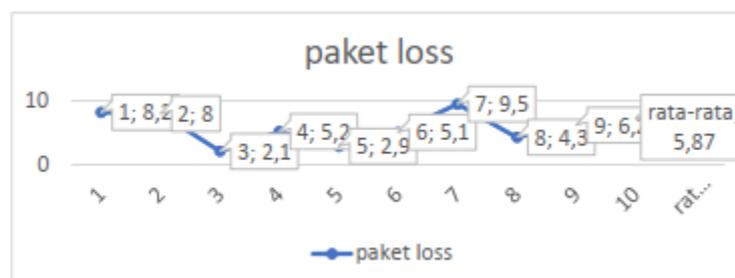
Gambar 3. Grafik *throughput* scenario 2

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa dapat menghasilkan nilai *throughput* yang cukup baik, karena semakin besar nilai *throughput* maka semakin baik.

4. Scenario 2 Packet Loss

file Paket	nama	paket loss (%)										rata rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	pc client	8,2	8	2,1	5,2	2,9	5,1	9,5	4,3	6,2	7,2	5,87

Pada tabel berikut merupakan tampilan dari hasil penelitian *Packet Loss* (%) simulasi pada skenario. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan bandwidth 10 mb, dengan hasil rata-rata yang didapatkan sebesar 5,87 % untuk Grafik dari hasil penelitian *packet loss* adalah sebagai berikut



Gambar 4. Grafik *paket loss* scenario 2

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan *bandwidth* 10mb dapat menghasilkan nilai *packet loss* yang cukup baik, karena semakin kecil nilai *packet loss* maka semakin baik.

5. Evaluasi

Dengan apa yang telah dijabarkan sebelumnya terkait skenario yang digunakan dalam penelitian ini, terkait dengan nilai rata-rata per masing – masing skenario meliputi *QoS throughput* dan *packet loss*, yang di mana hasilnya ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, agar lebih mudah dalam memahami data, dan berikut merupakan hasil dari keseluruhan rata-rata pengujian penelitian skenario 1 dan skenario 2 pada penelitian *protocol routing* IS-IS menggunakan *MPLS Traffic Engineering* menggunakan *windows* paket size 2, 4, 8, 16, 32 dengan bantuan *iperf3*.



Gambar 2. Perbandingan *throughput* skenario 1 dan 2

Pada gambar ini pengujian *throughput* skenario 1 dan skenario 2 dimana pada hasil pengujian skenario 1 menghasilkan 7498,94 kbps lebih tinggi dari pada skenario 2 yang menghasilkan 6380,6 kbps



Gambar 2. Perbandingan paket *loss* skenario 1 dan 2

Pada gambar ini pengujian *throughput* skenario 1 dan skenario 2 dimana pada hasil pengujian skenario 1 menghasilkan 6,14% lebih tinggi dari pada skenario 2 yang menghasilkan 5,87% dimana masuk dalam kategori degradasi sedang.

IV. Daftar Pustaka

- [1] M. Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer*. 2020.
- [2] Gumn, "Comparative Analysis of MPLS Layer 3vpn and MPLS," *Int. J. Comput. Sci. Trends Technol.*, 2015.
- [3] D. Ariyanti, "Analisis Perbandingan Performa Traffic Engineering Dengan Resource Reservation Protocol (RSVP) dan Segment Routing," vol. 8, no. November, 2019, doi: 10.34148/teknika.v8i2.176.
- [4] N. Adewale, Adagunodo, John, "Improvement of Quality of Service (QoS) over a Wide," *Int. J. Comput. Appl.*, 2014.
- [5] E. V. O. C and B. M. Emewu, "A Model Of Mpls-Te Based Wireless Mesh And Mobile Global Communications Internetwork System," no. 3, pp. 82–89, 2017.
- [6] & N. Ike, Charles, "A Comparative Simulation Study of IP, MPLS, MPLS-TE for Latency and Packet Loss Reduction over a WAN," *Int. J. Networks Commun.*, 2016.
- [7] A. B. Ali, M. Tabassum, and K. Mathew, "A Comparative Study of IGP and EGP Routing Protocols , Performance Evaluation along Load Balancing and Redundancy across Different AS," vol. II, 2016.
- [8] O. Pada, I. Untuk, and L. Video, "protocol routing," vol. 5, no. 1, pp. 18–32, 2014.

- [9] D. F. K, J. Teknik, E. Universitas, A. Video, and B. V. Conference, "Quality Of Service (Qos) Layanan Video Conference Pada Jaringan High Speed Packet Access (HSPA) Menggunakan Emulator Graphical Network Simulator (GNS) 3 ."
- [10] B. Khan, "Implementing VPN over MPLS," *IOSR J. Electron. Commun. Eng.*, 2015.
- [11] P. Harits, Rizal, "Performance Analysis of Frame Relay Network Using OSPF (Open Shortest Path First) and MPLS (Multi-Protocol Label Switching) based on GNS3.," *Int. J. Appl. Inf. Technol.*, 2017.
- [12] T. Kusuma, Jusak, "A Comparative Simulation Study of IP, MPLS, MPLS-TE for Latency and Packet Loss Reduction over a WAN," *Int. J. Networks Commun.*, 2016.
- [13] A. R. . Charles, "Improvement of Quality of Service (QOS) over a Wide," *Int. J. Comput. Appl.*, 2016.
- [14] M. M. V.Vetriselvan, R.Patil, "Survey on the RIP, OSPF, EIGRP Routing Protocols," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, 2014.
- [15] S. A. Madani and S. Mahlknecht, "Wireless sensor networks : modeling and simulation," no. 2004, [Online]. Available: www.intechopen.com.