

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI MPLS TUNNEL SERVICE LAYER 2 VIRTUAL PRIVATE NETWORK DENGAN METODE SEGMENT ROUTING-TRAFFIC ENGINEERING DI NOKIA SERVICE ROUTER 7750

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar
Sarjana Strata Satu (S1)**



Disusun Oleh :

Nama : Rukhi Ali Effendi

N.I.M : 41420110033

Program Studi : Teknik Elektro

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2022

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Rukhi Ali Effendi
NIM : 41420110033
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Optimasi MPLS Tunnel Service Layer 2 Virtual Private Network Dengan Metode Segment Routing - Traffic Engineering Di Nokia Service Router 7750

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat dan penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung-jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis, 01 Februari 2022



(Rukhi Ali Effendi)

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI MPLS TUNNEL SERVICE LAYER 2 VIRTUAL PRIVATE NETWORK DENGAN METODE SEGMENT ROUTING-TRAFFIC ENGINEERING DI NOKIA SERVICE ROUTER 7750



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : RUKHI ALI EFFENDI
N.I.M. : 41420110033
Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

UNIVERSITAS
Lukman Medriavin Silalahi
MERCU BUANA

(Lukman Medriavin Silalahi, A.Md., S.T., M.T)

Kaprodi Teknik Elektro

Koordinator Tugas Akhir

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

(Muhammad Hafidz Ibnu Hajar, ST. M.Sc.)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan ridho-Nyalah saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dan merupakan suatu karunia yang besar setelah masa - masa sulit dan melelahkan itu dapat terlewati sehingga Tugas Akhir ini yang berjudul **“Optimasi MPLS Tunnel Service Layer 2 Virtual Private Network Dengan Metode Segment Routing - Traffic Engineering Di Nokias Service Router 7750”** dapat terselesaikan dengan sebaik - baiknya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan dorongan baik moril maupun materil dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk-Nya kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Ayah, Ibu, dan Adik penulis yang tidak henti - hentinya selalu mendukung dan mendoakan serta merestui penulis dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. Eko Ihsanto, M. Eng. selaku kepala program studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, S.T, M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir program studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
5. Lukman Medriavin Silalahi, A.Md, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan saran, bimbingan, dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen serta staff Universitas Mercu Buana.
7. Rekan Kerja Datacomm Diangraha Divisi IT Infrastructure yang selalu membantu penulis dalam diskusi dan sharing mengenai matero Network. Terimakasih Rekan - Rekan.

8. The Best Consulting Engineer Mas Galih Dwi Prabowo, terimakasih atas sharing ilmu dan bantuannya sudah memberi pencerahan saat sudah mentok.
9. Terimakasih semua rekan-rekan di Tim MOP Indosat buat support dan sharing ilmu-nya, terkhusus buat Mas Arifin dan Mba Ermy yang sering diganggu dengan pertanyaan-pertanyaan.
10. Rekan seperjuangan kuliah saya Fernando dan Donny Fajar yang selalu jadi teman nongkrong saat sudah pusing dengan tugas dan skripsi.
11. Rekan seperjuangan Teknik Elektro Reguler 2 yang selalu berkerja sama dalam kuliah dan tugas, meskipun tidak pernah bertatap muka terimakasih atas bantuannya.
12. My support system Laras Wardiyanti, yang selalu memberi semangat dan mendukung dalam bentuk moril, terimakasih atas perhatiannya.
13. Para alumni Akademi Telkom Jakarta dan Universitas Mercu Buana yang selalu memberi semangat, pencerahan dan motivasi kepada penulis dalam menjalani semester akhir.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, walaupun penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 01 Februari 2022



(Rukhi Ali Effendi)

ABSTRAK

Penelitian ini dibuat berdasarkan permasalahan kebutuhan internet yang terus meningkat, dimana peningkatan QoS adalah hal yang penting, salah satu cara untuk dapat mengoptimalkan QoS yaitu dengan menerapkan sistem *traffic engineering* di dalam jaringan MPLS, penerapan metode *SR-TE* adalah solusi yang diharapkan dapat mengoptimalkan jaringan MPLS, karena penyederhanaan pada operasi *control plane*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk dapat menganalisa optimalisasi dari jaringan MPLS dengan menggunakan metode *Segment Routing - Traffic Engineering*, serta menganalisa penerapan jaringan yang lebih privat dan aman dengan menggunakan *service layer 2 Virtual Private Network* dalam jaringan MPLS SR-TE.

Metode penelitian yang diusulkan terdiri dari beberapa tahap pengujian antara lain: (1) Analisa Kebutuhan *Software* dan *Hardware*, (2) Desain Perancangan Skenario Jaringan, (3) Pengujian Skenario Simulasi, (4) Analisa Pengujian. Kemudian terdapat dua skenario pengujian antara lain : (1) *Dynamic Route*, (2) *Explicit Route*. Kontribusi dari penelitian ini yaitu diharapkan kedepannya bisa dijadikan referensi dalam implementasi sistem jaringan *service layer 2 VPN MPLS* dengan metode *Segment Routing - Traffic Engineering*.

Sehingga kesimpulan dan analisa dari penelitian ini yaitu didapat beberapa hasil parameter pada pengujian jaringan SR-TE seperti penyederhanaan proses pelabelan trafik data yang bersifat *global labelling*, kemudian rata-rata pengiriman paket ICMP baik skenario 1 dan 2 sekitar 11.173 ms. Untuk rata-rata *service rate SDP tunnel* baik skenario 1 dan 2 sekitar 5.847 ms. Untuk rata-rata *throughput* pada skenario 1 baik *upload* dan *download* sekitar 55.23% dari *bandwidth*, pada skenario 2 baik *upload* dan *download* sekitar 30.91% dari *bandwidth*. Untuk rata-rata *delay* pada skenario 1 baik *upload* dan *download* sekitar 5.57 ms, pada skenario 2 baik *upload* dan *download* sekitar 8.07 ms. Berdasarkan standar TIPHON berada pada kategori sangat baik dengan indeks 4.

Kata Kunci : *Segment, Routing, QoS, MPLS, Nokia, GNS3, TIPHON*

ABSTRACT

This research was made based on the problem of increasing internet needs, where increasing QoS is important, one way to optimize QoS is by implementing a traffic engineering system in the MPLS network, the application of the SR-TE method is a solution that is expected to optimize the MPLS network. , due to the simplification of the control plane operation. The purpose of this study is to analyze the optimization of the MPLS network by using the Segment Routing - Traffic Engineering method and to analyze the application of a more private and secure network using the service layer 2 Virtual Private Network in the MPLS SR-TE network.

The proposed research method consists of several stages of testing, including (1) Software and Hardware Requirements Analysis, (2) Network Scenario Design, (3) Simulation Scenario Testing, (4) Testing Analysis. Then there are two test scenarios, including (1) Dynamic Route, (2) Explicit Route. The contribution of this research is that it is hoped that in the future it can be used as a reference in the implementation of the MPLS VPN service layer 2 network system using the Segment Routing - Traffic Engineering method.

So that the conclusions and analysis of this research are obtained several parameter results in testing the SR-TE network such as simplification of the global labeling data traffic labeling process, then the average ICMP packet delivery in both scenarios 1 and 2 is around 11,173 ms. The average SDP tunnel service rate for both scenarios 1 and 2 is around 5,847 ms. The average throughput in scenario 1 for both upload and download is around 55.23% of bandwidth, in scenario 2, both upload and download are around 30.91% of bandwidth. The average delay in scenario 1 for both upload and download is around 5.57 ms, in scenario 2 both upload and download are around 8.07 ms. Based on the TIPHON standard, it is in the very good category with an index of 4.

Kata Kunci : *Segment, Routing, QoS, MPLS, Nokia, GNS3, TIPHON*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xviii
DAFTAR ISTILAH	xx
DAFTAR PERSAMAAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Metodologi Penelitian.....	5
1.5.1. Studi Literatur	5
1.5.2. Analisa Kebutuhan Software dan Hardware.....	5
1.5.3. Perancangan Skenario Simulasi.....	5
1.5.4. Pengujian Skenario Simulasi	6
1.5.5. Analisa Pengujian	6
1.5.6. Penyusunan Laporan.....	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1. Kajian Literatur Referensi Penelitian	8
2.2. Pembaharuan Penelitian	21
2.3. Jaringan Komputer	23
2.4. Topologi Jaringan.....	24
1. Topologi Bus.....	24

2.	Topologi Ring	24
3.	Topologi Star	25
4.	Topologi Mesh	26
2.5.	Routing Protokol	26
1.	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)	28
2.	Open Shortest Path First (OSPF)	28
3.	Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)	28
4.	Border Gateway Protocol (BGP)	29
2.6	Arsitektur Multi-Protocol Label Switching (MPLS)	29
1.	Komponen MPLS	30
2.	MPLS Label	32
3.	Label Switching Path (LSP)	33
4.	Label Distribution Protocol (LDP)	33
5.	Cara Kerja MPLS	34
2.7	Multi-Protocol Label Switching – Virtual Private Network	35
2.8	Virtual Private LAN Services (MPLS VLPS)	36
2.9	Model Traffic Engineering	37
1.	Metode MPLS RSVP-TE	38
2.	Metode MPLS SR-TE	38
2.10.	Arsitektur Segment Routing	39
1.	Data Plane MPLS Segment Routing	40
2.	Control Plane MPLS Segment Routing	42
3.	Cara Kerja Segment Routing	43
4.	Klasifikasi Segment Pada SR Domain	44
5.	Keuntungan Segment Routing	45
2.11.	Quality of Service (QoS)	46
1.	Throughput	46
2.	Delay (Latency)	47
2.12.	Aplikasi Simulasi	48
1.	Graphic Network Simulator 3 (GNS 3)	48
2.	Wireshark	49
BAB III METODE PENELITIAN		50
3.1.	Diagram Alir Skenario Perancangan Simulasi MPLS SR-TE	51

3.2.	Diagram Alir Skenario Instalasi Aplikasi Simulasi.....	53
3.3.	Blok Diagram	53
3.4.	Perancangan Desain Topologi Jaringan	54
3.5.	Perancangan Label Segment Routing.....	58
3.6.	Perancangan Tunnel SDP Dan Service Layer 2 VPN	59
3.7.	Skenario Implementasi Perancangan	60
1.	Analisa Masalah.....	62
2.	Pemecahan Masalah	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		63
4.1.	Implementasi Jaringan	63
4.2.	Verifikasi Pengalamatan IP Address	64
1.	Router UMB-AN1	64
4.3.	Verifikasi Routing Protokol OSPF	65
1.	Router UMB-AN1	65
4.4.	Verifikasi Protokol MPLS	66
1.	Router UMB-AN1	66
4.5.	Verifikasi Ping End to End MPLS Network.....	67
1.	Verifikasi UMB-AN1 ke Arah UMB-EN1	67
2.	Verifikasi UMB-AN2 ke Arah UMB-EN1	67
3.	Verifikasi UMB-EN1 ke Arah UMB-AN1 dan UMB-AN2	68
4.6.	Verifikasi Ping End User (Server-Client).....	68
1.	Verifikasi Server Ke Arah Client.....	68
2.	Verifikasi Client Ke Arah Server	69
4.7.	Verifikasi Service L2 VPN (VPLS Service).....	69
1.	Verifikasi Service Layer 2 VPN (VPLS Service) pada UMB-AN1.....	69
4.8.	Verifikasi Service SDP Tunnel	70
1.	Verifikasi SDP Tunnel UMB-AN1	71
4.9.	Verifikasi Protokol Segment Routing - Traffic Engineering	72
1.	Verifikasi Segment Routing pada UMB-AN1	72
4.10.	Perbandingan Pola Label Paket Data.....	73
1.	Segment Routing - Traffic Engineering (SR-TE) Skenario 1	75
2.	Segment Routing - Traffic Engineering (SR-TE) Skenario 2	77

3.	Multiprotocol Label Switching - Traffic Engineering (MPLS-TE) Skenario 1	79
4.	Multiprotocol Label Switching - Traffic Engineering (MPLS-TE) Skenario 2	81
4.11.	Perbandingan Quality of Service (QoS)	83
1.	Perbandingan Nilai Paket ICMP	83
2.	Service Rate Tunnel SDP (L2 VPN)	86
3.	Throughput	89
4.	Delay	98
4.12.	Penyajian Data Hasil Keseluruhan	107
4.13.	Analisa	108
1.	Pola Label Data	108
2.	Paket ICMP (PING)	109
3.	Service Rate Tunnel SDP (L2 VPN)	109
4.	QoS Throughput	110
5.	QoS Delay	112
BAB V	PENUTUP	114
5.1.	Kesimpulan	114
5.2.	Saran	117
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN I	121
1.	Capture Verifikasi Router Interface	121
1)	Capture Verifikasi Router Interface Pada UMB-AN2.....	121
2)	Capture Verifikasi Router Interface Pada UMB-EN1	121
3)	Capture Verifikasi Router Interface Pada UMB-CN1	121
4)	Capture Verifikasi Router Interface Pada UMB-CN2.....	122
2.	Capture Verifikasi Routing Protokol OSPF	122
1)	Capture Verifikasi <i>Routing</i> Protokol OSPF Pada UMB-AN2.....	122
2)	Capture Verifikasi <i>Routing</i> Protokol OSPF Pada UMB-EN1	122
3)	Capture Verifikasi <i>Routing</i> Protokol OSPF Pada UMB-CN1	122
4)	Capture Verifikasi <i>Routing</i> Protokol OSPF Pada UMB-CN2	123
3.	Capture Verifikasi Protokol MPLS	123
1)	Capture Verifikasi Protokol MPLS Pada UMB-AN2.....	123

2)	Capture Verifikasi Protokol MPLS Pada UMB-EN1	123
3)	Capture Verifikasi Protokol MPLS Pada UMB-CN1	124
4)	Capture Verifikasi Protokol MPLS Pada UMB-CN2.....	124
4.	Capture Verifikasi Service L2VPN (VPLS Service).....	125
1)	Capture Verifikasi Service L2VPN (VPLS Service) Pada UMB-AN2	125
2)	Capture Verifikasi Service L2VPN (VPLS Service) Pada UMB-EN1	126
5.	Verifikasi SDP Tunnel UMB-AN2	127
1)	Verifikasi SDP Tunnel UMB-AN2	127
2)	Verifikasi SDP Tunnel UMB-EN1	127
6.	Verifikasi Protokol Segment Routing - Traffic Engineering	129
1)	Verifikasi Segment Routing Pada UMB-AN2.....	129
2)	Verifikasi Segment Routing Pada UMB-EN1	130
3)	Verifikasi Segment Routing Pada UMB-CN1	131
4)	Verifikasi Segment Routing Pada UMB-CN2.....	131
LAMPIRAN II		132
1.	Konfigurasi Segment Routing Router UMB-AN1	132
2.	Konfigurasi Segment Routing Router UMB-AN2.....	136
3.	Konfigurasi Segment Routing Router UMB-EN1	140
4.	Konfigurasi Segment Routing Router UMB-CN1	144
5.	Konfigurasi Segment Routing Router UMB-CN2.....	148
LAMPIRAN III.....		152
1.	Capture Pola Label.....	152
1)	Capture Pola Label SR-TE Skenario 1.....	152
2)	Capture Pola Label SR-TE Skenario 2.....	152
3)	Capture Pola Label MPLS-TE Skenario 1.....	153
4)	Capture Pola Label MPLS-TE Skenario 2.....	153
2.	Capture PING.....	154
1)	Capture Ping Client ke Server SR-TE Skenario 1.....	154
2)	Capture Ping Client ke Server SR-TE Skenario 2.....	156
3)	Capture Ping Client ke Server MPLS-TE Skenario 1.....	159
4)	Capture Ping Client ke Server MPLS-TE Skenario 2.....	161

3.	Capture Service Rate SDP Tunnel (L2VPN)	164
1)	Capture Service Rate SR-TE Skenario 1.....	164
2)	Capture Service Rate SR-TE Skenario 2.....	164
3)	Capture Service Rate MPLS-TE Skenario 1.....	165
4)	Capture Service Rate MPLS-TE Skenario 2.....	165
4.	Capture QoS Throughput dan Delay	165
1)	Capture Throughput dan Delay SR-TE Skenario 1	165
2)	Capture Throughput dan Delay SR-TE Skenario 2	169
3)	Capture Throughput dan Delay MPLS-TE Skenario 1	173
4)	Capture Throughput dan Delay MPLS-TE Skenario 2	177
LAMPIRAN IV	182



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Topologi Bus	24
Gambar 2.2 Topologi Ring	25
Gambar 2.3 Topologi Star	25
Gambar 2.4 Topologi Mesh	26
Gambar 2.5 Klasifikasi <i>routing protokol</i>	27
Gambar 2.6 Arsitektur MPLS	30
Gambar 2.7 Komponen MPLS	32
Gambar 2.8 Label <i>header</i> MPLS	32
Gambar 2.9 Cara kerja jaringan MPLS	35
Gambar 2.10 Diagram jaringan MPLS VPN	36
Gambar 2.11 Komponen VPLS	37
Gambar 2.12 <i>Segment Routing</i> (SR)	40
Gambar 2.13 SR-MPLS <i>data plane: mapping label</i> dengan SRGB - 1	41
Gambar 2.14 SR-MPLS <i>data plane: mapping label</i> dengan SRGB - 2	42
Gambar 2.15 Cara kerja <i>Segment Routing</i> (SR)	43
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan jaringan L2 VPN MPLS SR-TE	52
Gambar 3.2 Diagram alir proses instalasi aplikasi simulasi	53
Gambar 3.3 Blok Diagram Proses	54
Gambar 3.4 Skenario topologi jaringan	56
Gambar 3.5 Skenario topologi jaringan	58
Gambar 3.6 <i>Dynamic route</i>	61
Gambar 3.7 <i>Explicit path</i>	61
Gambar 4.1 <i>Capture</i> verifikasi <i>IP address</i> UMB-AN1	64
Gambar 4.2 <i>Capture</i> verifikasi <i>routing OSPF</i> UMB-AN1	65
Gambar 4.3 <i>Capture</i> verifikasi protokol MPLS UMB-AN1	66
Gambar 4.4 <i>Capture</i> verifikasi <i>ping</i> UMB-AN1 ke arah UMB-EN1	67
Gambar 4.5 <i>Capture</i> verifikasi <i>ping</i> UMB-AN2 ke arah UMB-EN1	67
Gambar 4.6 verifikasi <i>ping</i> UMB-EN1 ke arah UMB-AN1 dan UMB-AN2	68
Gambar 4.7 <i>Capture</i> verifikasi <i>ping server</i> ke arah <i>client</i>	68

Gambar 4.8 <i>Capture</i> verifikasi <i>ping client</i> ke arah <i>server</i>	69
Gambar 4.9 <i>Capture</i> verifikasi <i>VPLS Service</i> UMB-AN1	69
Gambar 4.10 <i>Capture</i> verifikasi <i>MAC address</i> VPLS UMB-AN1	70
Gambar 4.11 <i>Capture</i> verifikasi <i>SDP Tunnel</i> UMB-AN1	71
Gambar 4.12 <i>Capture</i> verifikasi <i>ping tunnel</i> SDP UMB-AN1	71
Gambar 4.13 <i>Capture</i> verifikasi <i>prefix SID</i> UMB-AN1	72
Gambar 4.14 <i>Capture</i> verifikasi <i>segment routing</i> UMB-AN1	73
Gambar 4.15 <i>Sampling capture</i> pola label paket data	74
Gambar 4.16 Pola label SR-TE pada skenario 1	75
Gambar 4.17 Pola label SR-TE pada skenario 2	77
Gambar 4.18 Pola label MPLS-TE pada skenario 1	79
Gambar 4.19 Pola label MPLS-TE pada skenario 2	81
Gambar 4.20 <i>Sampling</i> pengambilan nilai paket ICMP	83
Gambar 4.21 Perbandingan nilai paket ICMP (<i>Ping</i>) - 1	84
Gambar 4.22 Perbandingan nilai paket ICMP (<i>Ping</i>) - 2	85
Gambar 4.23 <i>Sampling</i> pengambilan nilai <i>service rate tunnel SDP</i>	87
Gambar 4.24 Perbandingan nilai <i>service rate</i> - 1	87
Gambar 4.25 Perbandingan nilai <i>service rate</i> - 2	88
Gambar 4.26 <i>Sampling capture QoS throughput</i>	89
Gambar 4.27 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (25 MB - <i>Upload</i>)	90
Gambar 4.28 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (50 MB - <i>Upload</i>)	91
Gambar 4.29 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (25 MB - <i>Download</i>)	92
Gambar 4.30 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (50 MB - <i>Upload</i>)	93
Gambar 4.31 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 2 (25 MB - <i>Upload</i>)	94
Gambar 4.32 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 2 (50 MB - <i>Upload</i>)	95
Gambar 4.33 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (25 MB - <i>Download</i>)	96
Gambar 4.34 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (50 MB - <i>Download</i>)	97
Gambar 4.35 <i>Sampling capture QoS delay</i>	98
Gambar 4.36 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (25 MB - <i>Upload</i>)	99
Gambar 4.37 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (50 MB - <i>Upload</i>)	100
Gambar 4.38 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (25 MB - <i>Download</i>)	101

Gambar 4.39 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (50 MB - Download).....	102
Gambar 4.40 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 2 (25 MB - Upload).....	103
Gambar 4.41 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 2 (50 MB - Upload).....	104
Gambar 4.42 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 2 (25 MB - Download).....	105
Gambar 4.43 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 2 (50 MB - Download).....	106



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Literatur jurnal 1	8
Tabel 2.2 Literatur jurnal 2	10
Tabel 2.3 Pebandingan hasil layer 2 VPN	11
Tabel 2.4 Literatur jurnal 3	12
Tabel 2.5 Pebandingan nilai <i>delay</i> MPLS-TE.....	13
Tabel 2.6 Literatur jurnal 4	14
Tabel 2.7 Literatur jurnal 5	16
Tabel 2.8 Literatur jurnal 6	18
Tabel 2.9 Rancangan penelitian 2021	21
Tabel 2.10 Standar TIPHON kategori <i>throughput</i>	46
Tabel 2.11 Standar TIPHON kategori <i>delay</i>	47
Tabel 3.1 Daftar <i>Software</i> yang digunakan.....	50
Tabel 3.2 Daftar <i>Hardware</i> yang digunakan.....	50
Tabel 3.3 Daftar IP semua <i>port interface</i> pada perangkat	57
Tabel 3.4 Daftar IP <i>system (loopback)</i> semua router	58
Tabel 3.5 <i>Segment Routing Global Block (SRGB)</i>	58
Tabel 3.6 <i>List Node SID</i>	59
Tabel 3.7 Perancangan <i>tunnel SDP (L2VPN)</i>	59
Tabel 3.8 Perancangan <i>service layer 2 VPN (L2VPN)</i>	60
Tabel 4.1 Perbandingan nilai paket ICMP (<i>ping</i>) - 1	86
Tabel 4.2 Perbandingan nilai paket ICMP (<i>ping</i>) - 2	86
Tabel 4.3 Perbandingan nilai <i>service rate</i> - 1	88
Tabel 4.4 Perbandingan nilai <i>service rate</i> - 2	88
Tabel 4.5 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (25 MB - <i>Upload</i>)	90
Tabel 4.6 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (50 MB - <i>Upload</i>)	91
Tabel 4.7 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (25 MB - <i>Download</i>)	92
Tabel 4.8 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (50 MB - <i>Download</i>)	93
Tabel 4.9 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 2 (25 MB - <i>Upload</i>)	94
Tabel 4.10 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 2 (50 MB - <i>Upload</i>)	95

Tabel 4.11 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (25 MB - <i>Download</i>)	96
Tabel 4.12 Perbandingan nilai <i>throughput</i> - 1 (50 MB - <i>Download</i>)	97
Tabel 4.13 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (25 MB - <i>Upload</i>)	99
Tabel 4.14 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (50 MB - <i>Upload</i>)	100
Tabel 4.15 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (25 MB - <i>Download</i>).....	101
Tabel 4.16 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 1 (50 MB - <i>Download</i>).....	102
Tabel 4.17 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 2 (25 MB - <i>Upload</i>)	103
Tabel 4.18 Perbandingan nilai <i>delay</i> - 2 (50MB - <i>Upload</i>)	104
Tabel 4.19 Perbandingan nilai <i>delay</i> – 2 (25 MB - <i>Download</i>).....	105
Tabel 4.20 Perbandingan nilai <i>delay</i> – 2 (50 MB - <i>Download</i>).....	106
Tabel 4.21 Rangkuman hasil pengujian.....	107



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

QoS	Quality of Service
ISP	Internet Service Provider
TE	Traffic Engineering
MPLS	Multiprotocol Label Switching
SR	Segment Routing
MPLS-TE	Multiprotocol Label Switching - Traffic Engineering
SR-TE	Segment Routing - Traffic Engineering
RSVP-TE	Reservation Protocol - Traffic Engineering
LSP	Label Switching Path
LSR	Label Switch Router
LER	Label Edge Router
FIB	Forwarding Information Base
LFIB	Label Forwarding Information Base
IGP	Interior Routing Protocol
EGP	Exterior Routing Protocol
BGP	Border Gateway Protocol
OSPF	Open Shortest Path First
IS-IS	Intermediate System - Intermediate System
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol.
SID	Segment Identifier
VPN	Virtual Private Network
ICMP	Internet Control Message Protocol
ECMP	Equal Cost Multipath
L2VPN	Layer 2 Virtual Private Network
MP-BGP	Multiprotocol - Border Gateway Protocol
VPLS	Virtual Private LAN Services
LDP	Label Distribution Protocol
SDN	Software Define Network
TTL	Time to Live

VRF	Virtual Routing and Forwarding
CSPF	Constraint Shortest Path First
SRGB	Segment Routing Global Block
EN	Edge Node
AN	Aggregation Node
CN	Core Network
ABR	Area Border Router
SAP	Service Access Point
SDP	Service Distribution Point
MTU	Maximum Transmission Unit
T-LDP	Targetted Label Distributin Protocol
FRR	Fast Re-Route



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISTILAH

Quality of Service	Kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan <i>bandwidth</i> , mengatasi <i>jitter</i> dan <i>delay</i> .
TCP/IP	Sekelompok protokol yang mengatur komunikasi data komputer di internet.
Routing Protokol	Aturan untuk mengizinkan <i>router</i> saling sharing informasi tentang jaringan dan koneksi antar <i>router</i> .
Traffic Engineering	Suatu proses pengaturan trafik atau rekayasa lalu lintas data untuk menghindari <i>congestion</i> .
Throughput	Jumlah data yang dinyatakan dalam ukuran <i>bit</i> atau <i>Byte</i> per satuan waktu.
Delay	Waktu tunda yang terjadi saat data menempuh jarak dari asal ke tujuan.
Server	Penyedia layanan dalam jaringan.
Client	Pengguna layanan dalam jaringan.
End Point Device	Perangkat akhir atau pengguna semua layanan dari jaringan komputer.
Data Plane	Komponen yang bertanggung jawab untuk perpindahan data dari satu <i>end-point</i> ke <i>end-point</i> lainnya.
Contol Plane	Komponen selanjutnya yang mengatur bagaimana paket data akan diteruskan oleh data plane.
Congestion	kemacetan jaringan dalam jaringan data.
Tunnel	Metode enkapsulasi paket IP.
Bandwidth	Besar kapasitas maksimum dari suatu jalur komunikasi.

POP Label	Membuang label teratas dari tumpukan dan mentransmisikan <i>payload</i> yang ada sebagai suatu paket terlabel atau paket IP tidak berlabel.
Push Label	Mengganti label teratas dari tumpukan label dengan suatu susunan label.
SWAP Label	Mengganti label teratas dari tumpukan dengan nilai yang lain.
Source Node	<i>Node</i> atau <i>router</i> sumber yang akan membuat <i>segment list</i> pada jaringan <i>segment routing</i> .
IP System Loopback	Sebuah antarmuka virtual diimplementasikan dalam perangkat lunak saja dan tidak terhubung ke perangkat keras, tetapi terintegrasikan ke dalam infrastruktur jaringan internal sistem komputer.
Dynamic Path	Pemilihan jalur trafik atau <i>path</i> secara otomatis yang ditentukan oleh <i>routing table router</i> .
Explicit Path	Pemilihan jalur trafik atau <i>path</i> yang sudah ditentukan oleh operator jaringan.
Hop Count	Jumlah perangkat perantara yang terdapat pada router yang harus dilewati antara sumber dan tujuan.

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Rumus *Throughput* = $\frac{\text{Jumlah Data yang Diterima}}{\text{Waktu Pengamatan Data}}$

Persamaan 2.2 Rumus *Persentase Throughput* = $\frac{\text{Throughput (Average Bytes/s)}}{\text{Jumlah Bandwidth yang digunakan}} \times 100\%$

Persamaan 2.3 Rumus *Delay* = $\frac{\text{Waktu Paket Pertama} - \text{Waktu Paket Terakhir}}{\text{Jumlah Bit Data}}$

