

**ANALISIS MPLS RSVP TRAFFIC ENGINEERING PADA
MULTIMEDIA STREAMING STUDI KASUS SIMULASI
JARINGAN MPLS**

Skripsi



oleh
BUDI SANTOSO SUMARDI
22084582

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2013

**ANALISIS MPLS RSVP TRAFFIC ENGINEERING PADA
MULTIMEDIA STREAMING STUDI KASUS SIMULASI
JARINGAN MPLS**

Skripsi



©
Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

BUDI SANTOSO SUMARDI
22084582

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2013

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

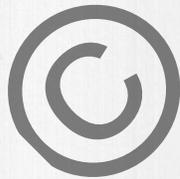
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS MPLS RSVP TRAFFIC ENGINEERING PADA MULTIMEDIA STREAMING STUDI KASUS SIMULASI JARINGAN MPLS

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 15 Januari 2013



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Budi Santoso Sumardi', is written over the printed name.

BUDI SANTOSO SUMARDI
22084582

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : ANALISIS MPLS RSVP TRAFFIC ENGINEERING
PADA MULTIMEDIA STREAMING STUDI
KASUS SIMULASI JARINGAN MPLS

Nama Mahasiswa : BUDI SANTOSO SUMARDI

N I M : 22084582

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Gasal

Tahun Akademik : 2012/2013

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 15 Januari 2013



Dosen Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gani Indriyanta'.

Ir. Gani Indriyanta, M.T.

Dosen Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nugroho Agus Haryono'.

Nugroho Agus Haryono, M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS MPLS RSVP TRAFFIC ENGINEERING PADA MULTIMEDIA STREAMING STUDI KASUS SIMULASI JARINGAN MPLS

Oleh: BUDI SANTOSO SUMARDI / 22084582

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 8 Januari 2013

Yogyakarta, 15 Januari 2013
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Ir. Gani Indriyanta, M.T.
2. Nugroho Agus Haryono, M.Si
3. Yuan Lukito, S.Kom
- 4.



Dekan

(Drs. Wimmie Handwidjojo, M.T.)

Ketua Program Studi



(Nugroho Agus Haryono, M.Si)

UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji dan syukur penulis naikkan bagi Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan segala berkat, rahmat, bimbingan, dan perlindungan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis MPLS RSVP *Traffic Engineering* pada *Multimedia Streaming* studi kasus Simulasi Jaringan MPLS” dengan baik dalam semester ini.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan kelengkapan dan pemenuhan dari salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selain itu bertujuan melatih mahasiswa untuk dapat menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sehingga dapat bermanfaat bagi penggunaannya.

Dalam menyelesaikan pembuatan analisis penelitian dan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, saran dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak **Ir. Gani Indriyanta, M.T.**, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan ide, masukan kritik dan saran dalam penulisan laporan dan pembuatan Tugas Akhir ini.
2. Bapak *Nugroho Agus Haryono S.Si., MSi.*, selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan dan saran selama penulisan laporan Tugas Akhir ini.
3. **PPUKDW UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA** yang mengizinkan penulis untuk melakukan implementasi di lab dan peminjaman peralatan yang tidak ternilai harganya, sehingga penulis mendapatkan banyak pengalaman baru.
4. Ayah dan Ibu tercinta, Sumardi Sugiharto dan Sri Lestari, adik tercinta Satria Aji Wibawayang dengan segala kasih sayang dan perhatian serta

dukungan doa kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Teman-teman angkatan 2008, Roy, Andreas Bogi Nugraha, Alexander Niko Dian Saputra, Emmanuel Rizky Yoga, Daniel Utama Putra, Yoseph Pandji Damardjati, Brigitta Celn Fitri Apriyani, Catharina Nariswari, Robby Triadi Susanto, Lintang Megasari Kisworo, Teguh Arya Kurniawan, Gilang Jalu S.W.T., Puji Resmiati, Milkha Junne Michelly, Alexander Wijanarkodll. yang senantiasa memberi semangat, masukan, dan menghibur dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman kuliah dan bermain Nicolaus Advent Pradhana, Vinensius Adhi Wibowo, Endra Dwi Prasetya, dll yang senantiasa memberi semangat, masukan, dan menghibur dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan dan pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini. Terimakasih atas dukungan dan doanya.

Penulis menyadari bahwa penelitian dan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, sehingga suatu saat penulis dapat memberikan karya lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis ingin meminta maaf apabila terjadi kesalahan baik dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan selama membuat Tugas Akhir.

Yogyakarta, 30 November 2012

Penulis

MOTTO

Hasil Terbaik tak akan pernah ada tanpa adanya

Usaha Terbaik,

© UKDW

INTISARI

Teknologi *Traffic Engineering* digunakan untuk mengatur *traffic* pada jaringan dengan melakukan pengaturan lalu lintas aliran data resiko terjadinya *packet loss*, *jitter*, dan *delay* dapat diminalisir. *Traffic Engineering* dapat dilakukan pada berbagai macam jenis teknologi, diantaranya ATM, Frame Relay, Multi Protocol Label Switching (MPLS), dll. MPLS memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi lain yang menggunakan protokol layer 2 atau pun 3, karena MPLS memanfaatkan layer 2 dan layer 3 dalam implementasinya.

MPLS menggunakan switching berdasarkan label dalam proses pengiriman pakatnya seperti pada teknologi ATM dan Frame Relay. Untuk mendistribusikan labelnya ke setiap router dalam MPLS *Cloud* MPLS menggunakan *routing protocol*. Dalam penelitian ini diteliti bagaimana pengaruh MPLS RSVP Traffic Engineering dengan implementasi *site-to-site VPN tunneling* dan tanpa implementasi *site-to-site VPN tunneling* pada Multimedia Streaming dengan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*.

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukan bahwa penggunaan MPLS RSVP Traffic Engineering tanpa implementasi *site-to-site VPN tunneling* menunjukan hasil yang lebih baik untuk kerja *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, dibandingkan implementasi MPLS RSVP Traffic Engineering dengan implementasi *site-to-site VPN tunneling*.

DAFTAR HALAMAN

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
MOTTO	viii
INTISARI	ix
DAFTAR HALAMAN	x
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Hipotesis	3
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Metode Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan	5
BAB 2	6
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 MPLS	8
2.2.2 MPLS Label	9

2.2.3	Label <i>Stacking</i>	10
2.2.4	Label Switch Router (LSR)	11
2.2.5	Label Switched Path (LSP)	12
2.2.6	Forwarding Equivalence Class (FEC)	14
2.2.7	Label Distribution Protocol (LDP)	14
2.2.8	MPLS Traffic Engineering (MPLS TE)	16
2.2.9	MPLS dan Intserv/RSVP	17
2.2.10	MPLS dan DiffServ	17
2.2.11	Resource Reservation Protocol (RSVP)	18
2.2.12	MPLS Quality of Service (MPLS QoS)	19
2.2.13	<i>Point-To-Point Tunneling</i> (PPTP)	21
2.2.14	Network Delay	22
2.2.15	Bandwidth dan Throughput	24
2.2.16	<i>Delay Jitter</i>	25
2.2.17	Packet loss	26
2.2.18	Multimedia Streaming	27
2.2.19	Uji Hipotesis T-Test	29
BAB 3	31
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	31
3.1.	Tahap Penelitian	31
3.1.1	Tahap Pertama (Perancangan Penelitian)	31
3.1.2	Tahap Kedua (Pembuatan Model Penelitian)	32
3.1.3	Tahap Ketiga (Penelitian dan Pengamatan hasil)	32
3.2.	Rancangan Penelitian dan Desain Topologi	33

3.3.	Kebutuhan Hardware.....	35
3.3.1.	Mikrotik Router Board 750.....	35
3.4.	KebutuhanSoftware.....	35
3.4.1.	Winbox.....	35
3.4.2.	Aplikasi (<i>Tools</i>) Penelitian.....	36
3.4.2.1.	Jperf.....	36
3.4.2.2.	Wireshark.....	37
3.4.2.3.	Tfgen.....	38
3.4.2.4.	Microsoft Office Excel.....	38
3.5.	Skenario Penelitian.....	38
3.6.	Skenario Pengujian.....	39
3.6.1.	Konfigurasi PC <i>Host</i> dan PC <i>ServerStreaming</i>	39
3.6.2.	Uji Server Streaming dan Uji Koneksi.....	39
3.6.3.	Pemberian Beban.....	41
3.6.4.	<i>Throughput</i>	42
3.6.5.	<i>Packet Loss</i>	43
3.6.6.	<i>Delay</i>	44
3.6.7.	<i>Jitter</i>	45
BAB 4	46
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM	46
4.1	Implementasi Rancangan.....	46
4.1.1	Topologi Penelitian.....	46
4.1.2	Konfigurasi Penelitian.....	47
4.1.2.1	Pemberian Identitas Router.....	47
4.1.2.2	Konfigurasi Alamat IP dan <i>Interface</i> pada <i>Router</i>	48

4.1.2.2.1 Router R1 atau PE1.....	48
4.1.2.2.2 Router R2 atau P1	49
4.1.2.2.3 Router R3 atau PE2.....	49
4.1.2.2.4 Router R4 atau P2	50
4.1.2.2.5 Router R5 atau P3	51
4.1.2.3 Konfigurasi Routing OSPF.....	52
4.1.2.3.1 Router R1 atau PE1.....	52
4.1.2.3.2 Router R2 atau P1	53
4.1.2.3.3 Router R3 atau PE2.....	54
4.1.2.3.4 Router R4 atau P2	56
4.1.2.3.5 Router R5 atau P3	57
4.1.2.4 Konfigurasi RSVP untuk <i>Traffic Engineering</i>	58
4.1.2.5 Konfigurasi <i>Traffic Engineering</i>	58
4.1.2.5.1 Router R1 atau PE1.....	58
4.1.2.5.2 Router R3 atau PE2.....	59
4.1.2.6 Konfigurasi <i>Static Routing</i> pada MPLS <i>Traffic Engineering</i>	61
4.1.2.6.1 Router R1 atau PE1.....	61
4.1.2.6.2 Router R3 atau PE2.....	61
4.1.2.7 Konfigurasi <i>Static Routing</i> pada <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	61
4.1.2.7.1 Router R1 atau PE1.....	61
4.1.2.7.2 Router R3 atau PE2.....	62
4.1.2.8 Konfigurasi Web Server	63
4.2 Uji Coba Performa Implementasi web streaming pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i>	66
4.2.1 Pengujian <i>Throughput</i>	66
4.2.1.1 TCP.....	66
4.2.1.2 UDP	67
4.2.2 Pengujian <i>Packet Loss</i>	69
4.2.3 Pengujian Delay.....	70
4.2.3.1 TCP.....	70

4.2.3.2	UDP	72
4.2.4	Pengujian Jitter	73
4.2.4.1	TCP.....	73
4.2.4.2	UDP	75
4.3	Uji Hipotesis dengan T-Test	77
4.3.1	Uji Hipotesis untuk <i>Throughput</i>	77
4.3.1.1	TCP.....	78
4.3.1.2	UDP	82
4.3.1.3	Tabel hasil Uji Hipotesis <i>Throughput</i>	86
4.3.2	Uji Hipotesis untuk <i>Packet Loss</i>	86
4.3.2.1	TCP.....	87
4.3.2.2	Tabel hasil Uji Hipotesis <i>Packet Loss</i>	91
4.3.3	Uji Hipotesis untuk <i>Delay</i>	92
4.3.3.1	TCP.....	93
4.3.3.2	UDP	97
4.3.3.3	Tabel hasil Uji Hipotesis <i>Delay</i>	101
4.3.4	Uji Hipotesis untuk <i>Jitter</i>	101
4.3.4.1	TCP.....	102
4.3.4.2	UDP	106
4.3.4.3	Tabel hasil Uji Hipotesis <i>Jitter</i>	110
4.4	Analisis Penelitian	110
4.4.1	Analisis <i>Throughput</i>	110
4.4.1.1	TCP.....	110
4.4.1.2	UDP	111
4.4.2	Analisis <i>Packet Loss</i>	112
4.4.2.1	TCP.....	112
4.4.3	Analisis <i>Delay</i>	113
4.4.3.1	TCP.....	113

4.4.3.2 UDP.....	114
4.4.4 Analisis Jitter	115
4.4.4.1 TCP.....	115
4.4.4.2 UDP.....	116
4.4.5 Analisa Kualitas Video Streaming.....	118
BAB 5.....	119
KESIMPULAN DAN SARAN.....	119
5.1. Kesimpulan	119
5.2. Saran	120
DAFTAR PUSTAKA.....	121

© UKDWM

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Carrying Label In The Shim Label Header.....	9
Gambar 2.2	Syntax of One MPLS Label.....	10
Gambar 2.3	The Label Stack.....	11
Gambar 2.4	An LSP Through an MPLS Network.....	13
Gambar 2.5	An LSP Tunnel carrying multiple LSPs.....	13
Gambar 2.5	LDP message flows for Downstream Unsolicited label advertisement.....	15
Gambar 2.6	Copying CS codepoint to EXP field.....	17
Gambar 2.7	MPLS TE Head End Router.....	18
Gambar 2.8	RSVP for TE and Labels.....	19
Gambar 2.9	Control plane and data plane QOS functions.....	21
Gambar 2.10	International Telecommunications Union (ITU) [G.826].....	22
Gambar 2.11	Serialization delay for 1500 byte packet.....	23
Gambar 2.12	Web Server versus Streaming Serv.....	28
Gambar 3.1	Rancangan Topologi Simulasi Penelitian MPLS RSVP Traffic Engineering tanpa Site-to-Site Tunnel.....	33
Gambar 3.2	Rancangan Topologi Simulasi Penelitian MPLS RSVP Traffic Engineering dengan Site-to-Site Tunnel.....	34
Gambar 3.3	Mikrotik Router Board 750.....	35
Gambar 3.4	Tampilan WinBox.....	36
Gambar 3.5	Tampilan Jperf.....	37
Gambar 3.6	Tampilan Wireshark.....	37
Gambar 3.7	Tampilan Tfgen.....	38
Gambar 3.8	Hasil perintah interface traffic-eng monitor 0 pada PE 1.....	41
Gambar 3.9	Hasil perintah interface traffic-eng monitor 0 pada PE 2.....	41

Gambar 3.10	Pemberian Beban sebesar 6 MB dengan tujuan alamat IP 192.168.99.2 pada Tffgen.....	42
Gambar 3.11	Pengujian Throughput pada Jperf.....	43
Gambar 3.12	Konfigurasi Wireshark untuk sniffing paket.....	44
Gambar 4.1.	Rancangan Topologi Simulasi Penelitian MPLS <i>Traffic Engineering</i>	46
Gambar 4.2	Topologi Simulasi Penelitian Multimedia Streaming pada Jaringan MPLS <i>Traffic Engineering</i>	47
Gambar 4.3	Tampilan XAMPP.....	63
Gambar 4.4	Tampilan XAMPP pada <i>web browser</i>	64
Gambar 4.5	Tampilan phpmyadmin MySQL pada <i>web browser</i>	64
Gambar 4.6	Tampilan <i>web video streaming</i>	65
Gambar 4.7	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> TCP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	78
Gambar 4.8	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> TCP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	79
Gambar 4.9	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> TCP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	80
Gambar 4.10	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> TCP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	81
Gambar 4.11	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> UDP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-</i>	

	<i>Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	82
Gambar 4.12	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> UDP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	83
Gambar 4.13	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> UDP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	84
Gambar 4.14	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Throughput</i> UDP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	85
Gambar 4.15	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Packet Loss</i> TCP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	88
Gambar 4.16	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Packet Loss</i> TCP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	89
Gambar 4.17	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Packet Loss</i> TCP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	90
Gambar 4.18	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Packet Loss</i> TCP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	91

Gambar 4.19	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	93
Gambar 4.20	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	94
Gambar 4.21	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	95
Gambar 4.22	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	96
Gambar 4.23	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	97
Gambar 4.24	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	98
Gambar 4.25	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	99
Gambar 4.26	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-</i>	

Gambar 4.19	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	93
Gambar 4.20	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	94
Gambar 4.21	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	95
Gambar 4.22	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> TCP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	96
Gambar 4.23	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	97
Gambar 4.24	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	98
Gambar 4.25	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	99
Gambar 4.26	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Delay</i> UDP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-</i>	

	<i>Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	100
Gambar 4.27	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> TCP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	102
Gambar 4.28	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> TCP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	103
Gambar 4.29	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> TCP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	104
Gambar 4.30	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> TCP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	105
Gambar 4.31	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> UDP dengan beban 0 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	106
Gambar 4.32	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> UDP dengan beban 16384 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	107
Gambar 4.33	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> UDP dengan beban 32768 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	108

Gambar 4.34	Grafik Distribusi t Perbandingan <i>Jitter</i> UDP dengan beban 49152 Kbit untuk implementasi tanpa <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i> dan implementasi dengan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	109
Gambar 4.35	Grafik <i>Throughput</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol TCP.....	111
Gambar 4.36	Grafik <i>Throughput</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol UDP.....	111
Gambar 4.37	Grafik <i>Packet Loss</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol TCP.....	113
Gambar 4.38	Grafik <i>Delay</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol TCP.....	114
Gambar 4.39	Grafik <i>Delay</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol UDP.....	114
Gambar 4.40	Grafik <i>Jitter</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol TCP.....	116
Gambar 4.41	Grafik <i>Jitter</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> pada protokol UDP.....	116



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Tabel Pengalamatan Peralatan Jaringan Yang Digunakan Untuk Penelitian.....	34
Tabel 3.2	Skenario Pengujian Throughput dan Delay pada jaringan MPLS RSVP Traffic Engineering tanpa Site-to-Site VPN Tunneling.....	42
Tabel 3.3	Skenario Pengujian Throughput dan Delay pada jaringan MPLS RSVP Traffic Engineering dengan Site-to-Site VPN Tunneling.....	42
Tabel 4.1	Data Pengujian <i>Throughput</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	66
Tabel 4.2	Data Pengujian <i>Throughput</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	67
Tabel 4.3	Data Pengujian <i>Throughput</i> protokol UDP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	68
Tabel 4.4	Data Pengujian <i>Throughput</i> protokol UDP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	68
Tabel 4.5	Data Pengujian <i>Packet Loss</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	69
Tabel 4.6	Data Pengujian <i>Packet Loss</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	70
Tabel 4.7	Data Pengujian <i>Delay</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplementasikan <i>Site-to-Site</i> VPN Tunneling.....	71

Tabel 4.8	Data Pengujian <i>Delay</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplementasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	71
Tabel 4.9	Data Pengujian <i>Delay</i> protokol UDP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplem entasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	72
Tabel 4.10	Data Pengujian <i>Delay</i> protokol UDP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplem entasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	73
Tabel 4.11	Data Pengujian <i>Jitter</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplem entasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	74
Tabel 4.12	Data Pengujian <i>Jitter</i> protokol TCP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplem entasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	74
Tabel 4.13	Data Pengujian <i>Jitter</i> protokol UDP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> tanpa mengimplem entasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	75
Tabel 4.14	Data Pengujian <i>Jitter</i> protokol UDP pada jaringan MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i> dengan mengimplem entasikan <i>Site-to-Site VPN Tunneling</i>	76
Tabel 4.15	Tabel hasil uji Hipotesis <i>Throughput</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i>	86
Tabel 4.16	Tabel hasil uji Hipotesis <i>Packet Loss</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i>	91
Tabel 4.17	Tabel hasil uji Hipotesis <i>Delay</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i>	101
Tabel 4.18	Tabel hasil uji Hipotesis <i>Delay</i> MPLS RSVP <i>Traffic Engineering</i>	110
Tabel 4.19	Kualitas video streaming berdasarkan beban yang diberikan di server dan skenario.....	118

INTISARI

Teknologi *Traffic Engineering* digunakan untuk mengatur *traffic* pada jaringan dengan melakukan pengaturan lalu lintas aliran data resiko terjadinya *packet loss*, *jitter*, dan *delay* dapat diminalisir. *Traffic Engineering* dapat dilakukan pada berbagai macam jenis teknologi, diantaranya ATM, Frame Relay, Multi Protocol Label Switching (MPLS), dll. MPLS memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi lain yang menggunakan protokol layer 2 atau pun 3, karena MPLS memanfaatkan layer 2 dan layer 3 dalam implementasinya.

MPLS menggunakan switching berdasarkan label dalam proses pengiriman pakatnya seperti pada teknologi ATM dan Frame Relay. Untuk mendistribusikan labelnya ke setiap router dalam MPLS *Cloud* MPLS menggunakan *routing protocol*. Dalam penelitian ini diteliti bagaimana pengaruh MPLS RSVP Traffic Engineering dengan implementasi *site-to-site VPN tunneling* dan tanpa implementasi *site-to-site VPN tunneling* pada Multimedia Streaming dengan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*.

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukan bahwa penggunaan MPLS RSVP Traffic Engineering tanpa implementasi *site-to-site VPN tunneling* menunjukan hasil yang lebih baik untuk kerja *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, dibandingkan implementasi MPLS RSVP Traffic Engineering dengan implementasi *site-to-site VPN tunneling*.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Layanan *multimedia streaming* saat ini telah berkembang pesat seiring dengan perkembangan *internet*. Dengan tersedianya layanan *multimedia streaming* kita dapat melakukan streaming video dan audio dimanapun melalui jaringan komunikasi data. Beberapa perusahaan saat ini telah menggunakan layanan *multimedia streaming* untuk melakukan beberapa pekerjaan kantor mereka, diantaranya melakukan presentasi, rapat, dan lain-lain. Karena layanan jaringan komunikasi data yang sudah mulai kompleks itu, maka perlu dilakukan manajemen aliran data.

Teknologi *traffic engineering* pada implementasi jaringan komunikasi data sangat diperlukan untuk mengatur aliran data pada jaringan komunikasi data disuatu perusahaan. Dengan *traffic engineering*, suatu paket dapat diarahkan jalurnya sesuai dengan *policy* yang dibuat. Implementasi teknologi *traffic engineering* diharapkan dapat meningkatkan kualitas jaringan komunikasi data dalam melakukan pertukaran paket dan data seperti audio, video dan teks. Namun implementasi *traffic engineering* pada jaringan komunikasi data perusahaan mengalami beberapa kendala diantaranya adalah besarnya biaya implementasi, penuhnya trafik suatu jalur dan lambatnya proses routing.

Untuk menangani masalah diatas, maka diperlukannya implementasi teknologi jaringan komunikasi berbasis *Multi Protocol Label Switching* (MPLS). MPLS adalah teknologi dari *Metropolitan Area Network* (MAN) yang memanfaatkan *layer 2* dan *layer 3* pada model *OSI layer*, oleh karena itu MPLS sering disebut dengan *layer 2.5*. Dengan menggunakan konsep *switching* di *layer 2* dan *network* di *layer 3*, maka pertukaran data pada jaringan komunikasi MPLS akan lebih cepat dan fleksibel dibanding jaringan komunikasi yang tidak

menggunakan MPLS. MPLS menyediakan fitur dalam melakukan manajemen aliran lalu lintas data, yang disebut dengan MPLS RSVP-Traffic Engineering.

MPLS RSVP-Traffic Engineering menggunakan konsep *switching* di *layer 2* dan *network* di *layer 3*. MPLS RSVP-Traffic Engineering melakukan *switching* pada jaringan MPLS Cloud, dimana paket-paket yang masuk kedalam MPLS cloud akan diberi *Label Switching* yang berisi informasi tujuan jalurnya yang kemudian akan didistribusikan melalui *Label Switched Path (LSP)* sesuai dengan informasi *Label Switching*. RSVP sendiri merupakan metode pendistribusian label dalam cloud MPLS. *Traffic Engineering* sebenarnya sudah bisa diimplementasikan di *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*, namun karena implementasi ATM sangat mahal maka ATM hanya digunakan diperusahaan yang cukup besar saja, selain itu ATM memiliki beberapa kelemahan pada implementasi *Traffic Engineering*. Tujuan implementasi *Traffic Engineering* ini berguna untuk menghindari terjadinya *collusion*, kemacetan dan *overload* pada jalur lalu lintas jaringan komunikasi.

Oleh karena alasan tersebut, maka penulis akan melakukan analisis layanan *multimedia streaming* pada jaringan MPLS dengan menggunakan MPLS RSVP- *Traffic Engineering* untuk pengaturan aliran lalu lintas datanya. Penulis mengharapkan dengan penelitian ini dapat memberikan bahan pertimbangan dalam implementasi MPLS RVSP-*Traffic Engineering* dalam layanan *multimedia streaming*. Selain itu diharapkan dengan MPLS RSVP-*Traffic Engineering* juga dapat mengoptimalkan performa jaringan komunikasi data.

1.2. Rumusan Masalah

MPLS RSVP-*Traffic Engineering* melakukan pengidentifikasian jalur lalu lintas dengan mengidentifikasi LSR yang terdapat disetiap paket yang melalui jaringan komunikasi data MPLS. Secara teori, dengan menerapkan *Traffic Engineering* ini maka akan memperkecil kemungkinan terjadinya tabrakan atau *overload* pada suatu *link*, sehingga komunikasi data pada jaringan menjadi lebih optimal.

Penelitian ini akan menganalisis performa jaringan MPLS yang menggunakan teknologi MPLS RSVP-Traffic Engineering pada *multimedia streaming* dengan mengimplementasikan *site-to-site tunneling* dan tanpa *site-to-site tunneling*.

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan dalam tugas akhir ini akan dibatasi oleh beberapa hal berikut :

- a. Peneliti akan membuat *prototype* untuk simulasi multimedia streaming berbasis HTML 5 dan PHP 5.
- b. Peneliti akan menggunakan 2 komputer yang difungsikan sebagai server multimedia streaming dan client.
- c. Peneliti akan menganalisis performa jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering pada simulasi *multimedia streaming*.
- d. Media penghubung yang digunakan adalah media kabel *ethernet* UTP cat 5.
- e. Penelitian akan dilakukan dengan menggunakan simulasi jaringan MPLS di PP UKDW.
- f. Tes performa akan dilakukan dengan mengambil data *throughput*, *jitter*, *delay* dan *packet loss* dengan menggunakan aplikasi *networking tool* seperti *wireshark*, *Jperf*, dan *Tfgen*.
- g. Alat penelitian akan menggunakan Router Mikrotik RB 750.

1.4. Hipotesis

Diharapkan dengan implementasi MPLS RSVP Traffic Engineering tanpa mengimplementasikan *Site-to-Site VPN Tunneling*, secara umum akan meningkatkan performa jaringan. Secara khusus, definisi dari performa adalah :

- a. *Throughput* akan semakin meningkat
- b. *Packet Loss* akan semakin menurun
- c. *Delay* akan semakin menurun
- d. *Jitter* akan semakin menurun

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Sebagai bahan pertimbangan implementasi *Site-to-Site Tunneling* dan tanpa *Site-to-Site Tunneling* pada MPLS RSVP-Traffic Engineering untuk manajemen aliran data pada jaringan *backbone*.
- b. Mengetahui performa jaringan MPLS yang menggunakan MPLS RSVP-Traffic Engineering pada *multimedia streaming*.
- c. Menganalisis secara menyeluruh kinerja jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering pada *multimedia streaming* dengan mengukur parameter meliputi *delay, jitter, throughput* dan *packet-loss*.

1.6. Metode Penelitian

Beberapa metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Studi Pustaka
Metode studi pustaka dilakukan dengan membaca dan memahami referensi dan literatur yang mendukung dalam penelitian ini, yaitu MPLS, MPLS RVSP-Traffic Engineering, Multimedia Streaming, dan OSI Layer
- b. Perancangan dan Implementasi
Membuat simulasi jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering di PP UKDW menggunakan alat dan topologi sesuai dengan yang telah ditentukan. Peneliti kemudian akan mengkonfigurasi alat-alat tersebut sesuai dengan peran dan fungsinya pada jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering.
- c. Observasi
Metode ini dilakukan dengan mengamati *throughput, jitter, delay* dan *packet loss* pada simulasi jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering yang telah dibuat dengan uji koneksi dan pemberian beban pada saat melakukan *streaming*.
- d. Analisis dan Evaluasi
Metode analisis akan dilakukan dengan melakukan perhitungan rata-rata pada setiap percobaan baik menggunakan *tool* dari mikrotik maupun secara

manual. Dari hasil yang didapatkan itu kemudian akan dianalisis dan ditarik kesimpulan mengenai *multimedia streaming* pada jaringan MPLS.

1.7. Sistematika Penulisan

Bab 1 PENDAHULUAN, membahas tentang latar belakang masalah dari penelitian, rumusan masalah, batasan – batasan masalah, metode penelitian, hipotesis, tujuan serta sistematika penulisan dari penelitian ini.

Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI, berisikan teori dan referensi dari jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering dan *QoS Multimedia Streaming* serta landasan teori yang menjadi dasar dari penelitian ini. Pada bab ini akan diterangkan secara detail mengenai informasi serta studi pustaka yang dipelajari peneliti berkaitan dengan analisis jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering.

Bab 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN PENELITIAN, berisi rancangan dari sistem jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering yang mengimplementasikan *Multimedia Streaming*. Alur kerja sistem, serta kebutuhan akan hardware maupun software untuk mendukung penelitian, serta langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan.

Bab 4 IMPLEMENTASI SISTEM DAN ANALISIS SISTEM, berisi uraian detail implementasi sistem serta uraian mengenai hasil analisis yang didapatkan dari hasil ujicoba disetiap tahapan penelitian.

Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran – saran berkaitan dengan implementasi dari *Multimedia Streaming* pada jaringan MPLS RSVP-Traffic Engineering.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasar hasil penelitian berikut dengan data dan analisis yang telah diuraikan pada bab 4, peneliti memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Implementasi MPLS RSVP *Traffic Engineering* tanpa mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* pada *multimedia streaming* menghasilkan performa *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan jitter yang lebih baik dibandingkan dengan implementasi MPLS RSVP *Traffic Engineering* dengan mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling*.
- b. Implementasi MPLS RSVP *Traffic Engineering* tanpa mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* pada *multimedia streaming* memberikan selisih yang cukup besar untuk performa *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan jitter dibandingkan dengan implementasi MPLS RSVP *Traffic Engineering* dengan mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling*. Hal ini dikarenakan MPLS RSVP *Traffic Engineering* tanpa mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* pada *multimedia streaming* menggunakan teknologi *labelswitching* yang memanfaatkan layer 2,5 untuk pengiriman pakatnya pada MPLS *cloud* sedangkan implementasi MPLS RSVP *Traffic Engineering* dengan mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* menggunakan layer 2,5 untuk melakukan *Traffic Engineering* pada paket VPN dan menambahkan IP *datagram* yang berisi paket PPP pada frame sehingga mengurangi besar paket data yang terkirim dan juga adanya *autentikasi* yang membuat menambah beban jaringan.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang didapatkan ini bahwa implementasi MPLS RSVP *Traffic Engineering* tanpa mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* memiliki performa jaringan yang lebih baik dibanding dengan MPLS RSVP *Traffic Engineering* dengan mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* meliputi parameter *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay* dan *Jitter*. MPLS RSVP *Traffic Engineering* tanpa mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling* dapat diimplementasikan pada jaringan yang tidak membutuhkan tingkat keamanan lebih, sedangkan untuk meningkatkan keamanan jaringan dapat diimplementasikan MPLS RSVP *Traffic Engineering* dengan mengimplementasikan *Site-to-Site Tunneling*, namun implementasi ini dapat mengurangi performa jaringan.

Dalam penelitian ini peneliti mendapatkan beberapa hal yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

- a. Pengembangan penelitian dengan menambahkan alat-alat dalam topologi sehingga menjadi lebih kompleks atau menghubungkannya dengan internet.
- b. Pengembangan penelitian dengan menggunakan spesifikasi alat yang lebih tinggi dan menambahkan jumlah client yang terhubung dengan server.
- c. Pengembangan penelitian dengan menggunakan metode lain pada MPLS *Cloud* dengan tetap menggunakan *Traffic Engineering*.

DAFTAR PUSTAKA

- Austerberry, David. (2004). *The Technology of Video and Audio Streaming - Second Edition*. Burlington : Focal Press.
- Davie, Bruce. S., & Farrel, Adrian. (2008). *MPLS : Next Steps*. Burlington : Morgan Kaufmann Publishers.
- Dogar, Fahad R., Uzmi, Z.A., Baqai, S.M. (2005). *CAIP: A Restoration Routing Architecture for DiffServ Aware MPLS Traffic Engineering*. Pakistan : Lahore University of Management Sciences.
- Evans, John., & Filfils, Clarence. (2007). *Deploying IP and MPLS QOS for Multiservice Networks*. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers.
- Ghein, L D. (2006). *MPLS Fundamental*. Indianapolis: Cisco Press.
- Kulkarni, Santosh., Sharma, Reema., Mishra, Ishani. (2012). *New Bandwidth Guaranteed QoS Routing Algorithm for MPLS Networks*. Bangalore : New Horizon College Of Engineering.
- Minei, Ina and Lucek, Julian. (2008). *MPLS-Enabled Applications second Edition*. John Wiley & Sons
- Rijayana, Iwan. (2005). *Teknologi Multi Protocol Label Switching (MPLS) untuk meningkatkan Performa Jaringan*. Bandung : Universitas Widyatama.
- Rozali, Imam. (2005). *Studi Empiris Perbaikan Quality of Services dengan Diffserv dan MPLS pada Jaringan IP*. Bandung : Universitas Widyatama.
- Santosa, R. Gunawan. (2004). *Statistik*. Yogyakarta : Andi.
- Snader, Jon C. (2005). *VPNs Illustrated: Tunnels, VPNs, and IPsec*. Addison Wesley Professional

Tasleem, M A. (2004). *A Simulation Study of Optimal Bandwidth Utilization for VBR MPEG-4 Streaming over MPLS-Networks*. Pakistan : Department of Computer Sciences LUMS

Trimintzios, Panos., Bauge, Timothy., Pavlou, George., Flegkas, Paris., Egan, Richard. (2002). *Quality of service provisioning through traffic engineering with applicability to IP-based production networks*. Surrey : University of Surrey.

© UKDLN