

## **TUGAS AKHIR**

# **IMPLEMENTASI DAN ANALISA QOS JARINGAN MPLS-VPN MENGUNAKAN *ROUTING PROTOCOL* BGP TERHADAP *TUNNELING* IPSEC UNTUK LAYANAN VOIP**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Disusun oleh :**

**BUDI SRI UTOMO**

**2015210901**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**NAMA** : **BUDI SRI UTOMO**

**NIM** : **2015210901**

**FAKULTAS** : **TEKNIK**

**JURUSAN** : **TEKNIK ELEKTRO**

**JUDUL TUGAS AKHIR** : **“IMPLEMENTASI DAN ANALISA QOS  
JARINGAN MPLS-VPN MENGGUNAKAN  
ROUTING PROTOCOL BGP TERHADAP  
TUNNELING IPSEC UNTUK LAYANAN VOIP”**

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya susun, dibawah bimbingan Bapak Ir. Agus Sun Sugiharto, MT, tidak merupakan jiplakan Skripsi atau karya tulis orang lain, sebagian atau seluruhnya, dan isinya sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya di Jakarta pada tanggal 20 Januari 2021.

Jakarta, 20 Januari 2021



**(BUDI SRI UTOMO)**

# LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul :

## **IMPLEMENTASI DAN ANALISA QOS JARINGAN MPLS- VPN MENGGUNAKAN *ROUTING PROTOCOL* BGP TERHADAP *TUNNELING* IPSEC UNTUK LAYANAN VOIP**


Disusun Oleh :  
**BUDI SRI UTOMO**  
2015210901

Telah diterima dan disahkan untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana  
Teknik Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Elektro  
Universitas Darma Persada

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Elektro,

Pembimbing Tugas Akhir,

  
Yendi Esye, ST, MSi                      Ir. Agus Sun Sugiharto, MT  
NIDN : 0314076802                      NIDN : 0302116701

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

2021

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi yang berjudul *“Implementasi Dan Analisa QoS Jaringan MPLS-VPN Menggunakan Routing Protocol BGP Terhadap Tunneling IPSec Untuk Layanan VoIP”*.

Penulisan skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam mencapai gelar Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, tentu sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan Terima Kasih kepada :

1. Bapak Ir. Agus Sun Sugiharto, MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, masukan, dan penjelasan untuk mengarahkan saya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Yendi Esye, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada yang telah banyak memberikan arahan dan penjelasan tentang prosedur pelaksanaan Skripsi dari tahap awal hingga akhir.
3. Orang Tua dan keluarga saya, serta isteri tercinta yang setia merawat semangat saya dalam menyelesaikan Skripsi ini.
4. Seluruh Dosen dan Staff Sekretariat Fakultas Teknik Universitas Darma Persada yang telah membagikan ilmu pengetahuan yang berguna bagi penulis.
5. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Januari 2021

Penulis,

## ABSTRAK

Komunikasi *Voice* telah dapat dicapai melalui jaringan berbasis IP, baik itu melalui Internet, Intranet atau Jaringan Area Lokal. *Multi Protocol Label Switching (MPLS)* adalah konvergensi teknik *forwarding* yang berorientasi koneksi dan protokol *routing* Internet.

Tugas Akhir ini merancang jaringan MPLS VPN dengan menerapkan teknik *tunneling* IP Security dan menganalisa kualitas layanan (QoS) pada aplikasi VoIP. Protokol *routing* yang digunakan dalam perancangan ini adalah *Border Gateway Protocol (BGP)* dengan konfigurasi router PE dan CE menggunakan *Open Shortest Path First (OSPF)*. Untuk jenis VPN yang digunakan dalam penelitian ini adalah L2TP/IPSec. Jaringan VPN MPLS dibangun dengan satu unit router LSR dan tiga router LER. Router LSR bertanggung jawab untuk melakukan penerusan paket saat router LER bertugas menambah atau menghapus label pada paket yang pergi atau meninggalkan domain MPLS. *Tunneling* L2TP/ IPsec bertanggung jawab untuk mengamankan saluran komunikasi VoIP. Evaluasi dilakukan dengan mengukur kualitas layanan VoIP dalam 2 skenario, yakni tanpa menggunakan *tunneling* L2TP/IPSec, dan dengan menggunakan *tunneling* L2TP/IPSec.

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan *tools* *WireShark* diperoleh data dari hasil sepuluh kali percobaan layanan VoIP tanpa implementasi IPsec menunjukkan parameter QoS yaitu: *throughput* 193,2 Kbps, *delay* 5,91 ms, *jitter* 0,83 ms, dan *packet loss* 0,00 %. Sedangkan dengan implementasi IPsec pada layanan VoIP menghasilkan *throughput* 297 Kbps, *delay* 6,92 ms, *jitter* 4,81 ms dan *packet loss* 0,24 %. Pengaruh terbesar IPsec pada aplikasi VoIP ini adalah pada parameter *jitter*, dimana terjadi peningkatan nilai rata-rata sebesar 478% terhadap nilai *jitter* sebelum penerapan *tunneling* IPsec. Selain itu, untuk *throughput* juga mengalami kenaikan sampai rata-rata 53%. Hal ini dikarenakan selain melakukan enkripsi, L2TP/IPSec juga membuat *tunnel* yang menghubungkan secara langsung antara *user* dengan server secara virtual.

Kata kunci : MPLS, VPN, L2TP/IPSec, BGP, VoIP.

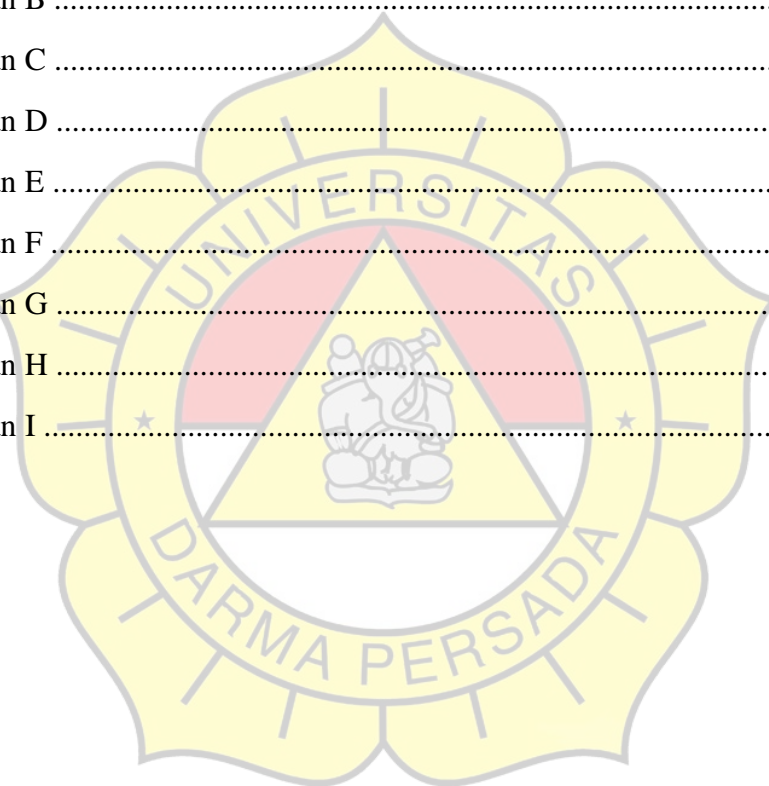
## DAFTAR ISI

Lembar Pernyataan .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Abstrak .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	viii
Daftar Tabel .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II MPLS VPN, IPSEC, DAN ROUTING PROTOCOL BGP.....</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Multi-Protocol Label Switching (MPLS)</i> .....	7
2.1.1 Komponen Jaringan MPLS .....	7
2.1.2 Cara Kerja MPLS .....	8
2.2 <i>Virtual Private Network (VPN)</i> .....	10
2.3 <i>IP Security (IPSec)</i> .....	13
2.3.1 <i>Authentication Header (AH)</i> .....	13
2.3.2 <i>Encapsulation Security Payload (ESP)</i> .....	14
2.3.3 <i>Security Associations (SA)</i> .....	14
2.3.4 <i>Internet Key Exchange (IKE)</i> .....	16
2.3.5 <i>Internet Security Association Key Management Protocol (ISAKMP)</i> .....	16
2.4 Routing .....	17
2.4.1 <i>Routing Protocol</i> .....	17
2.4.2 <i>Internet Routing</i> .....	18
2.4.3 <i>Autonomous System (AS)</i> .....	19
2.4.4 <i>Border Gateway Protocol</i> .....	21



2.5	Teknologi <i>Video Streaming</i> .....	22
2.5.1	Pengertian <i>Video Streaming</i> .....	22
2.5.2	<i>Real Time Encoding dan Pre-encoded (Stored Video)</i> .....	23
2.5.3	Transfer Video via File Download dan via <i>Streaming</i> .....	23
2.5.4	<i>Streaming Protocol</i> .....	24
2.6	Parameter Kinerja Jaringan .....	25
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN MPLS DENGAN ROUTING PROTOCOL BGP DAN OSPF.....		28
3.1	Metode Perancangan .....	28
3.2	Pemodelan Jaringan .....	29
3.3	Perencanaan Topologi Jaringan .....	30
3.4	Spesifikasi dan Perancangan Sistem .....	31
3.5	Kebutuhan Pendukung Implementasi .....	31
3.5.1	Kebutuhan Hardware.....	31
3.5.2	Kebutuhan Software .....	32
3.6	Skenario Jaringan.....	34
3.6.1	Implementasi Jaringan MPLS Backbone .....	35
3.6.1	Implementasi Router CE .....	39
3.6.3	Pengecekan koneksi Router CE-PE, CE-CE, dan CE- <i>End User</i> .....	40
3.7	Hasil Pengukuran .....	41
3.7.1	Hasil Pengukuran Delay .....	44
3.7.2	Hasil pengukuran <i>Jitter</i> .....	45
3.7.3	Hasil Pengukuran <i>Packet Loss</i> .....	46
3.7.4	Hasil pengukuran <i>Throughput</i> .....	47
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM.....		48
4.1	Implementasi <i>Tunneling IPSec</i> di Router CE .....	48
4.1.1	Setting L2TP/IPSec VPN Server di Router CE-Head Office .....	48
4.1.2	Setting L2TP/IPsec VPN Client di Router CE-Branch Office .....	51
4.2	Pengujian L2TP/IPSec .....	55
4.3	Penentuan <i>Bandwidth Minimum</i> .....	56
4.4	Sistematika Pengukuran.....	58

4.5	Analisa Data Hasil Pengukuran .....	59
4.5.1	Analisa Pengukuran <i>Delay</i> .....	59
4.5.2	Analisa Pengukuran <i>Jitter</i> .....	61
4.5.3	Analisa Pengukuran <i>Packet Loss</i> .....	62
4.5.4	Analisa Pengukuran <i>Throughput</i> .....	64
BAB V KESIMPULAN .....		67
Daftar Pustaka .....		68
Lampiran A .....		xi
Lampiran B .....		xii
Lampiran C .....		xiii
Lampiran D .....		xiv
Lampiran E .....		xv
Lampiran F .....		xvi
Lampiran G .....		xvii
Lampiran H .....		xviii
Lampiran I .....		xix

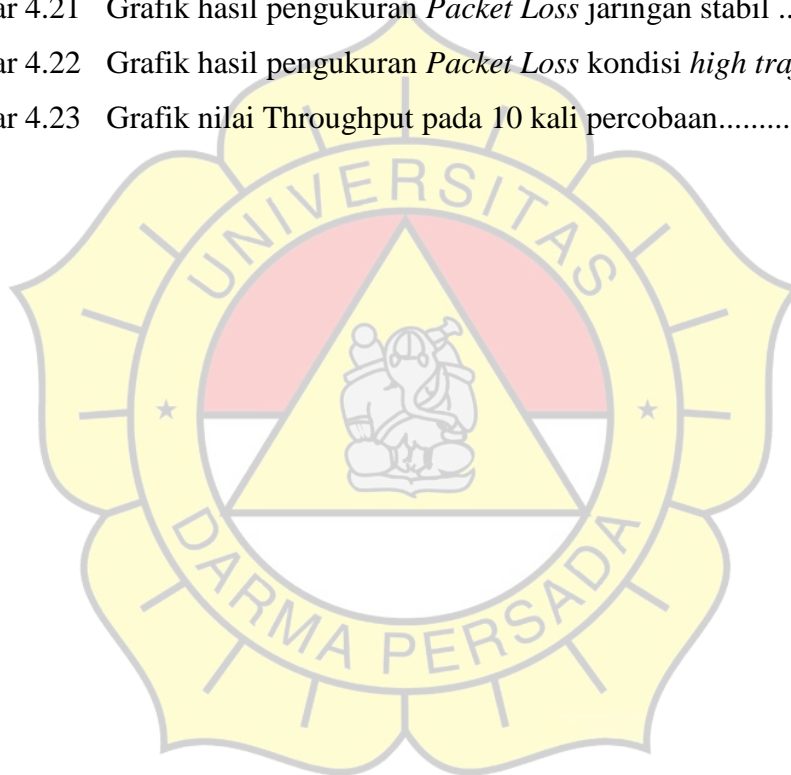




## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konsep MPLS.....	9
Gambar 2.2	Header MPLS.....	9
Gambar 2.3	Skema Tunneling VPN .....	11
Gambar 2.4	<i>Intranet VPN, Extranet VPN, dan Remote Access VPN</i> .....	12
Gambar 2.5	Struktur IPsec pada paket data .....	13
Gambar 2.6	Header Autentikasi yang disisipkan pada paket data.....	13
Gambar 2.7	Header-header ESP yang mengenkapsulasi paket data.....	14
Gambar 2.8	AH dan ESP dalam mode Transport dan Tunnel.....	16
Gambar 2.9	<i>Autonomous System dan Routing Protocol</i> .....	19
Gambar 2.10a	Stub AS .....	20
Gambar 2.10b	<i>Multi-homed Non-Transit</i> .....	20
Gambar 2.10c	<i>Multi-homed Transit AS</i> .....	21
Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> Perancangan Sistem.....	28
Gambar 3.2	Pemodelan Jaringan .....	29
Gambar 3.3	Topologi Perancangan Jaringan .....	30
Gambar 3.4	Gambaran <i>Site-to-site VPN Business</i> .....	31
Gambar 3.5	Detail Topologi skenario jaringan MPLS + Dynamic Routing .....	34
Gambar 4.1	Gambaran L2TP/IPsec <i>Tunneling</i> .....	48
Gambar 4.2	Langkah meng- <i>create</i> L2TP Server di router CE Head Office..	49
Gambar 4.3	Langkah membuat user L2TP baru.....	50
Gambar 4.4	Langkah konfigurasi IPsec .....	50
Gambar 4.5	Langkah membuat atau menambahkan interface L2TP <i>client</i> .....	51
Gambar 4.6	Langkah mengonfigurasi Dial Out ke L2TP Server .....	51
Gambar 4.7	Memilih jenis algoritma Autentikasi dan enkripsi.....	52
Gambar 4.8	Pengecekan status koneksi LT2P/IPsec .....	53
Gambar 4.9	Membuat static route baru .....	54
Gambar 4.10	Hasil pengecekan koneksi dari Client ke Server.....	54
Gambar 4.11	Paket data sebelum implementasi L2TP/IPsec.....	55

Gambar 4.12	Enkripsi pada tunneling IPSec di kedua Router CE .....	56
Gambar 4.13	Alokasi bandwidth untuk percobaan implementasi VoIP.....	57
Gambar 4.14	trafik saat 2 user melakukan percakapan Voip .....	58
Gambar 4.15	Grafik analisis RTP Stream sebelum gunakan IPSec .....	59
Gambar 4.16	Grafik analisis RTP Stream setelah gunakan IPSec.....	60
Gambar 4.17	Grafik <i>delay</i> 10 percobaan komunikasi VoIP 2 pengguna .....	61
Gambar 4.18	Grafik <i>delay</i> 10 percobaan komunikasi VoIP 4 pengguna .....	62
Gambar 4.19	Grafik hasil pengukuran <i>jitter</i> pada saat jaringan stabil .....	63
Gambar 4.20	Grafik hasil pengukuran <i>jitter</i> pada saat jaringan tidak stabil .....	63
Gambar 4.21	Grafik hasil pengukuran <i>Packet Loss</i> jaringan stabil .....	64
Gambar 4.22	Grafik hasil pengukuran <i>Packet Loss</i> kondisi <i>high traffic</i> .....	65
Gambar 4.23	Grafik nilai Throughput pada 10 kali percobaan.....	66



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.0	Peringkat dan kriteria QoS (TIPHON, 1999).....	25
Tabel 2.1	Peringkat dan kinerja <i>Throughput</i> (TIPHON, 1999).....	25
Tabel 2.2	Peringkat dan kinerja <i>Packet Loss</i> (TIPHON, 1999).....	26
Tabel 2.3	Standarisasi <i>Delay</i> oleh TIPHON.....	26
Tabel 2.4	Standarisasi <i>Jitter</i> oleh TIPHON.....	27
Tabel 3.1	Konfigurasi IP pada masing-masing <i>interface</i> router CE.....	34
Tabel 3.2	Konfigurasi IP pada masing-masing <i>interface</i> router SP.....	35
Tabel 3.3	Nilai parameter QoS telepon VoIP 2 user sebelum implementasi IPSec.....	42
Tabel 3.4	Nilai parameter QoS telepon VoIP 2 user setelah implementasi IPSec.....	43
Tabel 3.5	Nilai <i>Delay</i> telepon VoIP pada saat <i>low traffic</i> .....	44
Tabel 3.6	Nilai <i>Delay</i> telepon VoIP pada saat <i>high traffic</i> .....	44
Tabel 3.7	Hasil pengukuran <i>jitter</i> untuk VoIP pada saat <i>low traffic</i> .....	45
Tabel 3.8	Hasil pengukuran <i>jitter</i> untuk VoIP pada saat <i>high traffic</i> .....	45
Tabel 3.9	Hasil pengukuran <i>Packet Loss</i> untuk VoIP pada saat <i>low traffic</i> .....	46
Tabel 3.10	Hasil pengukuran <i>Packet Loss</i> untuk VoIP pada saat <i>high traffic</i> .....	46
Tabel 3.11	Hasil pengukuran <i>Throughput</i> pada proses simulasi jaringan.....	47