

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA TCP DAN UDP PADA JARINGAN MPLS DAN NON-MPLS DENGAN TUNNELING L2TP/IPSEC BERDASARKAN PROTOKOL ROUTING BGP, OSPF DAN RIPv2

(Comparison Analysis Of TCP And UDP Performance On MPLS And Non-MPLS Networks With L2TP/IPSec Tunneling Based On BGP, OSPF And RIPv2 Routing Protocols)

Baiq Alung Septiya Nirmala, Andy Hidayat Jatmika*, Ariyan Zubaidi
Dept Informatics Engineering, Mataram University
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: alung.nirmala@gmail.com, [andy, zubaidi13]@unram.ac.id

Abstract

The denser data exchange activities on the internet network, of course, requires speed at the time of data transfer, the accuracy of data reaching the recipient, and data security during the data transfer process. So the development of network technology becomes an important thing to research. The Transmission Control Protocol (TCP) and User Datagram Protocol (UDP) protocols at the transport layer play a role in the data transfer process. In this study, the parameters of Quality of Service (QoS) throughput, delay, and jitter of TCP and UDP on Multiprotocol Label Switching (MPLS) networks will be compared, MPLS combined with Layer 2 Tunneling Protocol/Internet Protocol Security (L2TP/IPSec) and Non-MPLS based on routing protocols Open Shortest Path First (OSPF), Routing Information Protocol version 2 (RIPv2) and Border Gateway Protocol (BGP). This research will be conducted using the Graphical Network Simulator-3 (GNS3) simulator. Based on the research conducted, the throughput value of TCP is better than UDP. While the weight of delay and jitter UDP is better than TCP. TCP is a protocol that prioritizes data to arrive intact from sender to receiver. At the same time, UDP is a protocol that prioritizes speed in sending data packets from sender to receiver. TCP and UDP QoS produced the best value on MPLS networks, followed by MPLS networks with L2TP/IPSec tunneling and Non-MPLS. TCP and UDP on Non-MPLS, MPLS, and MPLS networks with L2TP/IPSec Tunneling have the best QoS values in the RIPv2 routing protocol.

Keywords: TCP, UDP, MPLS, L2TP/IPSec, BGP, OSPF, RIPv2, GNS3

*Penulis Korespondensi

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini hampir semua kegiatan dan aktivitas dalam berbagai bidang dilakukan dengan memanfaatkan jaringan internet. Aktivitas pertukaran data yang semakin padat tentunya bukan hanya memerlukan kecepatan pada saat transfer data saja, tetapi juga keakuratan data yang sampai pada penerima dan keamanan data pada saat proses transfer data. Meningkatnya kebutuhan akan penggunaan jaringan internet dan juga penggunaannya tentunya perlu juga adanya peningkatan efektifitas teknologi pada jaringan internet dalam hal kecepatan pengiriman data, keakuratan data hingga keamanan data. Oleh karena itu, perlu adanya suatu pengembangan teknologi pada jaringan internet untuk mendukung aktivitas para

pengguna jaringan internet, salah satunya dengan memanfaatkan protokol *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *User Datagram Protocol* (UDP) dimana penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan setiap pengguna apakah lebih mementingkan kecepatan transfer data atau keakuratan data.

TCP dan UDP merupakan protokol pada *Layer Transport*. Pada saat transfer data melalui jaringan jika dilihat dari *Open Systems Interconnection* (OSI) layer, layer yang berfungsi untuk menangani proses transfer data yaitu *Layer Transport*. Pada *layer transport* terdapat dua protokol utama yang paling sering digunakan yaitu *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *User Datagram Protocol* (UDP). TCP memiliki kemampuan untuk memastikan setiap data yang dikirimkan akan sampai

secara utuh ke penerima, sehingga tidak perlu khawatir data yang dikirimkan tidak sampai ke penerima secara utuh. Sedangkan UDP memiliki kemampuan dalam kecepatan pengiriman data dan lebih unggul dari TCP dalam hal kecepatan.

Jaringan *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa suatu jaringan dengan meningkatkan *Quality of Service* (QoS). MPLS merupakan teknologi yang dapat memberikan alternatif dalam proses pengiriman paket pada jaringan. Pada jaringan MPLS tersebut juga dapat ditambahkan *tunneling* L2TP/IPSec yang akan mengamankan saluran komunikasi dan akan mengenkripsi data yang akan dikirim. L2TP/IPSec merupakan gabungan dari L2TP (*Layer 2 Transfer Protocol*) dan IPSec (*IP Security*) dimana penggabungan dari dua teknologi *tunneling* ini bertujuan agar *tunneling* yang dilakukan dapat lebih baik.

Untuk membandingkan kinerja TCP dan UDP pada jaringan MPLS dengan *tunneling* L2TP/IPSec, dapat dilihat kinerjanya pada protokol *routing* yang berbeda-beda. Pada penelitian ini digunakan protokol *routing* *Open Shortest Path First* (OSPF), *Routing Information Protocol Version 2* (RIPv2) dan *Border Gateway Protocol* (BGP). OSPF merupakan protokol *routing* berjenis *link state* yang memiliki kelebihan yaitu tidak ada batasan jumlah hop, serta memiliki konvergensi yang cepat. OSPF memiliki skalabilitas lebih baik dibandingkan protokol lainnya yang menggunakan *distance vector*. RIPv2 merupakan protokol *routing* berjenis *distance vector* yang mencari hop terpendek untuk mencapai tujuan. Jika kecepatan *link* sama, maka RIPv2 dapat bekerja lebih baik dibandingkan OSPF. BGP merupakan protokol berjenis *distance vector* yang biasanya digunakan oleh perusahaan penyedia layanan ISP. BGP memiliki kemampuan yang sangat handal dengan melakukan pengumpulan rute, pertukaran rute dan menentukan jalur terbaik untuk mencapai tujuan.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis dan juga perbandingan *Quality of Service* (QoS) TCP dan UDP pada jaringan MPLS menggunakan *tunneling* L2TP/IPSec dengan jaringan MPLS tanpa menggunakan *tunneling* dan pada jaringan Non-MPLS berdasarkan protokol *routing* yang digunakan yaitu OSPF, RIPv2 dan BGP. Parameter *Quality of Service* yang digunakan yaitu *throughput*, *jitter* dan *delay* yang akan diukur dengan *tool* Iperf. Simulasi akan dilakukan dengan menggunakan simulator *Graphic Network Simulator version 3* (GNS3) dan Wireshark sebagai *network analyzer*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi perbandingan dengan penelitian sebelumnya dan juga acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan TCP dan UDP ataupun jaringan MPLS dan *tunneling* L2TP/IPSec. Dari penelitian ini juga diharapkan dapat menambah

referensi bagi para *Network Administrator* untuk memilih jenis jaringan internet yang lebih efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian [1] melakukan analisis dan perbandingan dari protokol *routing* OSPF dan RIPv2 pada jaringan MPLS dan Non-MPLS berdasarkan variasi jumlah *router* yang digunakan. Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan membebani paket menggunakan UDP. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada jaringan Non-MPLS, protokol *routing* OSPF dan RIPv2 menghasilkan nilai QoS yang buruk dengan bertambahnya jumlah *router*. Dilihat berdasarkan parameter ITU-T nilai parameter QoS *packet loss* dari hasil pengukuran didapatkan nilai sebesar 90 % termasuk kategori buruk pada protokol OSPF dan 83% pada protokol RIPv2. Sedangkan pada jaringan MPLS nilai QoS pada protokol RIPv2 menghasilkan nilai *bitrate* 36.40%, *jitter* 15.14% dan *packet loss* 12%. Pada protokol OSPF nilai *bitrate* sebesar 36.86%, *jitter* 20.65% dan *packet loss* sebesar 8%.

Penelitian [2] melakukan implementasi dan analisis sistem keamanan dengan menggunakan *IP Security* (IPSec) di dalam MPLS-VPN pada jaringan *IP Multimedia System* (IMS). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap keamanan dengan melakukan serangan DoS, didapatkan hasil QoS bahwa nilai *jitter* dan *delay* tidak terpengaruh serangan. Namun nilai *packet loss* sebesar 30 % dimana hal tersebut berarti melewati batas toleransi dari standar ITU-T G.104 bahwa maksimal *packet loss* adalah sebesar 20%.

Penelitian [3] melakukan analisis dan perbandingan antara protokol TCP, UDP dan SCTP pada lalu lintas multimedia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa hasil yaitu nilai *Maximum Flow*, nilai *Total Frames Transfer* dan nilai *Total Data Transfer*. *Maximum Flow* merupakan kemampuan protokol untuk melakukan komunikasi multimedia yang mana semakin besar menandakan semakin baik, dimana nilai dari *Maximum Flow* yaitu TCP 106 *Frame/s*, UDP 103 *Frame/s* dan SCTP 159 *Frame/s*. *Total Frames Transfer* adalah total *frame* yang berhasil ditransfer selama 120 detik (waktu yang digunakan dalam penelitian), dimana semakin besar *frame* yang diterima berarti akan menghasilkan video yang bagus. Hasil dari *Total Frames Transfer* yaitu TCP 6487, UDP 6574 dan SCTP 7049. *Total Data Transfer* adalah data yang berhasil ditransfer atau diterima oleh protokol, dimana hasilnya yaitu TCP 4.54 MB, UDP 4.48 MB dan SCTP 4.59 MB. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa protokol SCTP lebih bagus untuk lalu lintas multimedia dari pada TCP dan UDP. Tetapi SCTP tidak baik digunakan untuk aktivitas sehari-hari karena akan menggunakan *Throughput* yang besar. Protokol TCP merupakan

protokol yang paling stabil dan bisa digunakan untuk aktivitas secara bersamaan seperti memutar *video streaming* dengan *browsing* dan lain-lain.

Penelitian [4] berkaitan dengan analisis kerja audio dan *video streaming* pada jaringan MLS-VPN berbasis IPSec. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa secara keseluruhan performa dari jaringan yang menerapkan MPLS lebih unggul dari pada jaringan tanpa MPLS dan MPLS-VPN. Dalam pengiriman sebuah *file*, jaringan MPLS memerlukan waktu 23 s. Waktu yang diperlukan paling sedikit dari pada jaringan tanpa MPLS yang memerlukan 24 s dan MPLS VPN yang memerlukan 40 s.

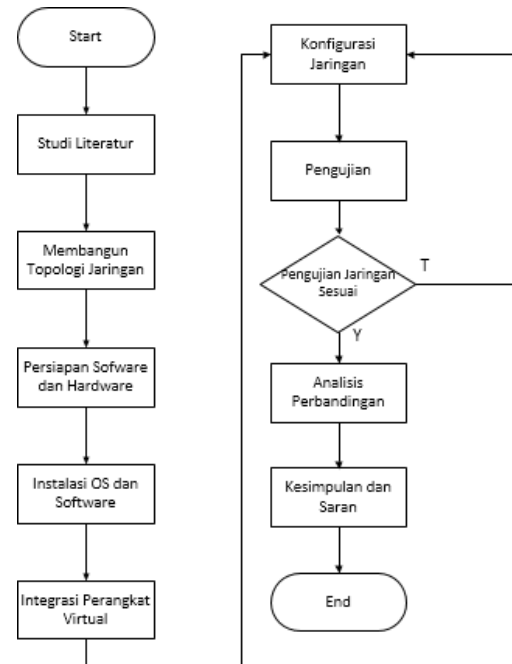
Penelitian [5] berkaitan dengan analisis pengaruh IPSec pada keamanan jaringan. Penelitian ini fokus dalam menganalisis fitur keamanan jaringan dalam Microsoft Windows dengan mengimplementasikan IPSec. Hasil dari penelitian tersebut yaitu dengan menggunakan IPSec keamanan pada jaringan komputer akan meningkat karena IPSec melakukan enkripsi terhadap data yang dikirim pada jaringan tersebut. Jika terjadi penyadapan, maka data asli tidak dapat dilihat dengan mudah tanpa mengetahui kunci enkripsi dari data yang dikirim tersebut. Penelitian ini dapat menjadi referensi bahwa IPSec dapat meningkatkan keamanan jaringan yang nantinya akan dikombinasikan dengan jaringan MPLS yang akan digunakan.

Penelitian [6] melakukan analisis perbandingan waktu dan kecepatan transfer pada *Multiprotocol Label Switching (MPLS)* dengan *Virtual Private Network (VPN)* untuk perpindahan dokumen pada jaringan komputer. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga *routing protocol* yaitu LDP, BGP dan OSPF. Dari pengujian yang telah dilakukan, perbandingan waktu yang dibutuhkan yaitu jaringan MPLS membutuhkan waktu 4,81 detik, dimana lebih cepat 105,70 detik daripada jaringan VPN yang membutuhkan waktu 110,51 detik. Sedangkan hasil perbandingan kecepatan transfer didapatkan bahwa jaringan MPLS lebih cepat dari pada jaringan VPN. Nilai rata-rata kecepatan transfer jaringan MPLS sebesar 36,12 Mbps sedangkan pada jaringan VPN sebesar 0,10 Mbps.

Berdasarkan pemaparan tinjauan pustaka di atas, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian terhadap perbandingan *Quality of Service (QoS)* TCP dan UDP pada jaringan MPLS dengan Non-MPLS menggunakan *tunneling L2TP/IPSec* berdasarkan tiga protokol *routing* yaitu OSPF, RIPv2 dan BGP. Penelitian ini dilakukan dikarenakan masih kurangnya referensi penelitian dalam membandingkan kinerja TCP dan UDP pada jaringan MPLS. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi tambahan bagi para administrator jaringan dalam menentukan teknologi yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhannya.

3. METODE PENELITIAN

Dari penelitian yang akan dilakukan maka dapat



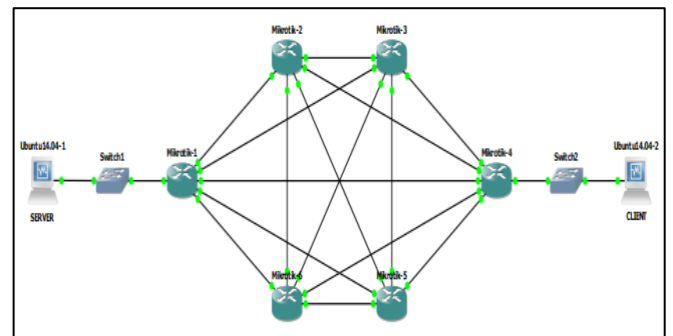
Gambar 1. Alur Penelitian

3.1 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu seperti literatur tentang TCP dan UDP, jaringan MPLS, *tunneling L2TP/IPSec*, protokol *routing* OSPF, RIPv2 dan BGP. Berdasarkan hasil dari studi literatur yang telah dilakukan, diharapkan dapat membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

3.2 Membangun Topologi Jaringan

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan desain topologi jaringan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Topologi jaringan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Topologi Jaringan

Pada Gambar 2 merupakan topologi jaringan yang digunakan pada penelitian ini. Topologi yang digunakan yaitu topologi *mesh* dengan enam buah *router*, dua buah

switch dan dua buah komputer yang masing-masing sebagai *client* dan *server*. Topologi *mesh* digunakan karena memiliki keamanan yang tergolong baik, tidak ada tabrakan data, pengiriman dan pemrosesan data juga tergolong cepat [12]. Sehingga akan mendukung kinerja dari jaringan MPLS saat dilakukan perbandingan terhadap TCP dan UDP.

3.3 Persiapan hardware dan Software

Untuk melakukan penelitian ini memerlukan beberapa *hardware* dan *software* yang dapat mendukung penelitian ini. *Hardware* dan *software* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. *Hardware*

Hardware yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebuah laptop dengan *processor* Intel(R) Core(TM) i5-9500 CPU @ 3.00GHz 3.00 GHz RAM 4 GB.

2. *Software*

Software yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- Simulator GNS3 sebagai *Network Simulator*.
- Linux Ubuntu LTS 14.0 sebagai sistem operasi yang digunakan pada penelitian ini.
- Virtual Box sebagai *tools* untuk melakukan instalasi perangkat virtual.
- Wireshark sebagai *Network Analyzer* untuk memonitoring *traffic* paket data yang melewati jaringan.
- Iperf sebagai alat untuk mengukur QoS dengan parameter *Throughput*, *Delay* dan *Jitter*.
- Winbox 3.37.

3.4 Instalasi OS, Software dan Qemu Router

Pada tahapan ini dilakukan instalasi semua *software* yang akan digunakan untuk melakukan penelitian ini. Instalasi *software* dimulai dengan menginstal simulator GNS3, kemudian VirtualBox untuk membuat OS virtual. OS yang akan digunakan yaitu Linux Ubuntu LTS 14.0. Kemudian melakukan instalasi Wireshark sebagai *network analyzer* dan Iperf sebagai *tool* untuk mengukur nilai QoS. Selanjutnya akan dilakukan instalasi *router* Mikrotik *Cloud Hosted Router* (CHR) sebagai virtual *router* pada GNS3. *Router* OS yang digunakan yaitu versi 6.45.7.

3.5 Integrasi Perangkat Virtual

Pada Tahapan ini perangkat virtual yang telah diinstal akan diintegrasikan dengan simulator GNS3 agar dapat digunakan pada simulator seperti Mikrotik CHR dan VirtualBox. Mikrotik CHR diintegrasikan dengan GNS3 agar *virtual router* dapat digunakan pada simulator. Sedangkan VirtualBox diintegrasikan dengan GNS3 agar OS yang digunakan dapat terhubung dengan simulator GNS3.

3.6 Konfigurasi Jaringan

Pada tahapan ini dilakukan konfigurasi jaringan OSPF, RIPv2 dan BGP pada jaringan Non-MPLS, MPLS dan MPLS dengan *tunneling* L2TP/IPSec. Konfigurasi jaringan dilakukan di masing-masing *router* pada topologi jaringan yang digunakan.

3.7 Pengujian

Setelah dilakukan konfigurasi jaringan, selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap QoS TCP dan UDP pada jaringan. Parameter QoS yang akan diukur yaitu *throughput*, *delay* dan *jitter*. Pengujian ini terdiri dari beberapa skenario, yaitu :

1. Pengujian QoS TCP

- Pengujian TCP pada jaringan Non-MPLS dengan protokol *routing* OSPF.
- Pengujian TCP pada jaringan Non-MPLS dengan protokol *routing* RIPv2.
- Pengujian TCP pada jaringan Non-MPLS dengan protokol *routing* BGP.
- Pengujian TCP pada jaringan MPLS dengan protokol *routing* OSPF.
- Pengujian TCP pada jaringan MPLS dengan protokol *routing* RIPv2.
- Pengujian TCP pada jaringan MPLS dengan protokol *routing* BGP.
- Pengujian TCP pada jaringan MPLS dengan *tunneling* L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* OSPF.
- Pengujian TCP pada jaringan MPLS dengan *tunneling* L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* RIPv2.
- Pengujian TCP pada jaringan MPLS dengan *tunneling* L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* BGP.

2. Pengujian QoS UDP

- Pengujian UDP pada jaringan Non-MPLS dengan protokol *routing* OSPF.
- Pengujian UDP pada jaringan Non-MPLS dengan protokol *routing* RIPv2.
- Pengujian UDP pada jaringan Non-MPLS dengan protokol *routing* BGP.
- Pengujian UDP pada jaringan MPLS dengan protokol *routing* OSPF.
- Pengujian UDP pada jaringan MPLS dengan protokol *routing* RIPv2.
- Pengujian UDP pada jaringan MPLS dengan protokol *routing* BGP.
- Pengujian UDP pada jaringan MPLS dengan *tunneling* L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* OSPF.

- Pengujian UDP pada jaringan MPLS dengan tunneling L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* RIPv2.
- Pengujian UDP pada jaringan MPLS dengan tunneling L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* BGP.

Pengujian pada masing-masing skenario akan dilakukan sebanyak sepuluh kali pengujian. Pada pengujian di masing-masing skenario akan digunakan variasi *bandwidth* sebesar 750 kbps dan 1 Mbps. Mikrotik CHR hanya dapat menampung beban maksimum *bandwidth* sebesar 1 Mbps, oleh karena itu pada pengujian akan digunakan variasi *bandwidth* sebesar 750 kbps dan 1 Mbps.

Setelah masing-masing skenario dilakukan pengujian, maka akan dilakukan pengambilan data hasil pengujian berupa parameter QoS yang digunakan yaitu *throughput*, *delay* dan *jitter* menggunakan *tools* Iperf. Analisis dilakukan dengan memonitoring setiap paket yang melewati jaringan menggunakan Wireshark. Setelah itu akan didapatkan nilai rata-rata parameter QoS yang telah diukur. Nilai rata-rata parameter QoS tersebut kemudian akan disajikan dalam bentuk grafik dan akan dilakukan perbandingan hasil QoS berupa *throughput*, *delay*, dan *jitter* dari TCP dan UDP pada masing-masing skenario.

3.8 Analisis Perbandingan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka nilai rata-rata dari setiap parameter QoS TCP dan UDP akan dibandingkan di setiap jenis jaringan yaitu Non MPLS, MPLS, MPLS dengan tunneling L2TP/IPSec berdasarkan protokol *routing* BGP, OSPF, RIPv2. Penyajian data perbandingan akan ditampilkan dalam bentuk table dan juga grafik untuk mempermudah dalam memahami hasil perbandingan nilai QoS.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini akan dijelaskan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi hasil dan pembahasan penelitian. Hasil penelitian disajikan bentuk tabel atau grafik yang selanjutnya diberikan deskripsi dan pembahasan atas fakta yang diperoleh dikaitkan teori pendukung penelitian dan atau dibandingkan dengan hasil penelitian yang sangat terkait lainnya.

4.1 Hasil Perbandingan QoS TCP dan UDP di Jaringan Non-MPLS

Berikut ini merupakan Tabel I perbandingan QoS TCP dan UDP di Jaringan Non MPLS berdasarkan protokol

routing BGP, OSPF dan RIPv2 dengan menggunakan dua variasi *bandwidth* yaitu 750 kbps dan 1 mbps.

TABEL I. PERBANDINGAN QoS TCP DAN UDP DI JARINGAN NON MPLS

BANDWIDTH	750 KBPS			1 MBPS		
	BGP	OSPF	RIPv2	BGP	OSPF	RIPv2
PROTOKOL ROUTING	THROUGHPUT (Kbps)					
TCP NON MPLS	698	757,6	776,8	871,9	970,1	1019,8
UDP NON MPLS	636,4	703,7	721,8	856,9	944,1	976,8
	DELAY (ms)					
TCP NON MPLS	16,7086839	21,909	14,9635533	12,5950171	18,9942529	11,1222522
UDP NON MPLS	12,2616321	15,255	11,2747781	10,9749207	11,5569642	8,80601162
	JITTER (ms)					
TCP NON MPLS	0,21398671	0,2388	0,09199757	0,13938026	0,193	0,08317524
UDP NON MPLS	0,19077299	0,2082	0,05765533	0,10811475	0,12053506	0,0337289

4.1.1 Hasil pengukuran *throughput*

Tabel I merupakan hasil pengukuran QoS TCP dan UDP di jaringan Non MPLS berdasarkan protokol *routing* BGP, OSPF dan RIPv2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua variasi *bandwidth* yaitu 750 kbps dan 1 mbps. Hasil yang didaotkan yaitu nilai *throughput* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protokol *routing*. Semakin tinggi penggunaan *bandwidth*, semakin tinggi juga nilai *throughput* yang dihasilkan. Pada Bandwidth 750 kbps Nilai *throughput* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 698 kbps dan UDP sebesar 636,4 kbps, dimana keduanya termasuk dalam kategori buruk. Nilai *throughput* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 757,6 kbps dan UDP sebesar 703,7 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 776,8 kbps dan UDP sebesar 721,8 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *throughput* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 871,9 kbps dan UDP sebesar 856,9 kbps, dimana keduanya termasuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 970,1 kbps dan UDP sebesar 944,1 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 1019,8 kbps dan UDP sebesar 976,8 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang.

4.1.2 Hasil pengukuran *delay*

Berdasarkan Tabel I Hasil yang didaotkan yaitu nilai *delay* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protokol *routing*. Semakin tinggi bandwidth semakin rendah nilai *delay*. Pada bandwidth 750 kbps Nilai *delay* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 16,708 ms dan UDP sebesar 12,2616 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 21,908 ms dan UDP sebesar 15,254 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 14,9635 ms dan UDP sebesar 11,2747 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *delay* pada

protocol *routing* BGP untuk TCP sebesar 12,595 ms dan UDP sebesar 10,974 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 18,994 ms dan UDP sebesar 11,556 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 11,122 ms dan UDP sebesar 8,806 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik.

4.1.3 Hasil pengukuran *jitter*

Berdasarkan Tabel I Hasil yang didaotkan yaitu nilai *jitter* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protokol *routing*. Semakin tinggi bandwidth semakin rendah nilai *jitter*. Pada bandwidth 750 kbps Nilai *jitter* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 0,193 ms dan UDP sebesar 0,108 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 0,1907 ms dan UDP sebesar 0,1205 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 0,083 ms dan UDP sebesar 0,0576 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *jitter* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 0,2139 ms dan UDP sebesar 0,208 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 0,238 ms dan UDP sebesar 0,139 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 0,0919 ms dan UDP sebesar 0,0337 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik.

4.2 Hasil Perbandingan QoS TCP dan UDP di Jaringan MPLS

TABEL II. PERBANDINGAN QoS TCP DAN UDP DI JARINGAN MPLS

BANDWIDTH	750 KBPS			1 MBPS		
	PROTOKOL	BGP	OSPF	RIPv2	BGP	OSPF
THROUGHPUT (Kbps)						
TCP MPLS	771,7	793,9	812,1	936,3	1028,2	1039
UDP MPLS	698,9	751,4	750	934,7	981,7	1000,1
DELAY (ms)						
TCP MPLS	15,4654587	14,5896923	14,5267935	11,6192774	11,1534616	10,9778708
UDP MPLS	11,4922208	11,0945147	10,1825037	9,63759296	8,68196903	8,16064261
JITTER (ms)						
TCP MPLS	0,05490139	0,10457283	0,01841286	0,0358247	0,05489668	0,0000705
UDP MPLS	0,03436486	0,04353795	0,00324003	0,00452734	0,03935147	0,00000392

4.2.1 Hasil pengukuran *throughput*

Tabel II merupakan hasil pengukuran QoS TCP dan UDP di jaringan MPLS berdasarkan protokol *routing* BGP, OSPF dan RIPv2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua variasi *bandwidth* yaitu 750 kbps dan 1 mbps. Hasil yang didaotkan yaitu nilai *throughput* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protokol *routing*. Semakin tinggi penggunaan *bandwidth*, semakin tinggi juga nilai

throughput yang dihasilkan. Pada Bandwidth 750 kbps Nilai *throughput* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 771,7 kbps dan UDP sebesar 698,9 kbps dimana TCP pada BGP masuk dalam kategori sedang dan UDP pada BGP termasuk dalam kategori buruk. Nilai *throughput* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 793,9 kbps dan UDP sebesar 751,4 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 812,1 kbps dan UDP sebesar 750 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *throughput* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 936,3 kbps dan UDP sebesar 934,7 kbps dimana keduanya termasuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 1028,2 kbps dan UDP sebesar 981,7 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 1039 kbps dan UDP sebesar 1000,1 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang.

4.2.2 Hasil pengukuran *delay*

Berdasarkan Tabel II Hasil yang didaotkan yaitu nilai *delay* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protokol *routing*. Semakin tinggi bandwidth semakin rendah nilai *delay*. Pada bandwidth 750 kbps Nilai *delay* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 15,46545874 ms dan UDP sebesar 11,49222078 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 14,58969231 ms dan UDP sebesar 11,09451471 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 14,52679 ms dan UDP sebesar 10,182 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* tertinggi pada TCP dan UDP yaitu pada BGP. Sedangkan nilai *throughput* terendah yaitu pada RIPv2. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *delay* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 11,61927 ms dan UDP sebesar 9,6375 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* OSPF untuk TCP sebesar 11,15346 ms dan UDP sebesar 8,68196 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protokol *routing* RIPv2 untuk TCP sebesar 10,97787 ms dan UDP sebesar 8,160642 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik.

4.2.3 Hasil pengukuran *jitter*

Berdasarkan Tabel II Hasil yang didaotkan yaitu nilai *jitter* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protokol *routing*. Semakin tinggi bandwidth semakin rendah nilai *jitter*. Pada bandwidth 750 kbps Nilai *jitter* pada protokol *routing* BGP untuk TCP sebesar 0,0549 ms dan UDP sebesar 0,0343 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protokol

routing OSPF untuk TCP sebesar 0,05489 ms dan UDP sebesar 0,039351 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protocol routing RIPv2 untuk TCP sebesar 0,0184 ms dan UDP sebesar 0,00324 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *jitter* pada protocol routing BGP untuk TCP sebesar 0,05490 ms dan UDP sebesar 0,004527 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protocol routing OSPF untuk TCP sebesar 0,104572 ms dan UDP sebesar 0,0435 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *jitter* pada protocol routing RIPv2 untuk TCP sebesar 0,0000705 ms dan UDP sebesar 0,00000392 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik.

4.3 Hasil Perbandingan QoS TCP dan UDP di Jaringan MPLS dengan Tunnelling L2TP/IPSec

TABEL III. PERBANDINGAN QoS TCP DAN UDP DI JARINGAN MPLS DENGAN TUNNELLING L2TP/IPSEC

BANDWIDTH PROTOKOL ROUTING	750 KBPS			1 MBPS		
	BGP	OSPF	RIPv2	BGP	OSPF	RIPv2
THROUGHPUT (Kbps)						
TCP MPLS DENGAN L2TP/IPSEC	730,7	784,6	801,1	912	990	1024,7
UDP MPLS DENGAN L2TP/IPSEC	685,9	730,7	722,1	895,1	980	987
DELAY (ms)						
TCP MPLS DENGAN L2TP/IPSEC	15,6737774	14,8345382	14,9328678	11,9412754	11,1791295	11,0776659
UDP MPLS DENGAN L2TP/IPSEC	11,8387435	11,6569879	10,4550024	9,89894431	9,91544503	8,22287759
JITTER (ms)						
TCP MPLS DENGAN L2TP/IPSEC	0,1522921	0,18373954	0,08317524	0,09719522	0,10919264	0,07160152
UDP MPLS DENGAN L2TP/IPSEC	0,0699775	0,10668588	0,05572698	0,06835483	0,09931519	0,01050751

4.3.1 Hasil pengukuran throughput

Tabel III merupakan hasil pengukuran QoS TCP dan UDP di jaringan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec berdasarkan protocol routing BGP, OSPF dan RIPv2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua variasi bandwidth yaitu 750 kbps dan 1 mbps. Hasil yang didaotkan yaitu nilai *throughput* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protocol routing. Semakin tinggi penggunaan bandwidth, semakin tinggi juga nilai *throughput* yang dihasilkan. Pada Bandwidth 750 kbps Nilai *throughput* pada protocol routing BGP untuk TCP sebesar 730,7 kbps dan UDP sebesar 685,9 kbps dimana TCP pada BGP masuk dalam kategori sedang dan UDP pada BGP termasuk dalam kategori buruk. Nilai *throughput* pada protocol routing OSPF untuk TCP sebesar 784,6 kbps dan UDP sebesar 730,7 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protocol routing RIPv2 untuk TCP sebesar 801,1 kbps dan UDP sebesar 722,1 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *throughput* pada protocol routing BGP untuk TCP sebesar 912,3 kbps dan UDP sebesar 895,1 kbps dimana keduanya termasuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protocol routing OSPF untuk TCP sebesar 990 kbps dan UDP sebesar 980

kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang. Nilai *throughput* pada protocol routing RIPv2 untuk TCP sebesar 1024,7 kbps dan UDP sebesar 987 kbps dimana keduanya masuk dalam kategori sedang.

4.3.2 Hasil pengukuran delay

Berdasarkan Tabel III Hasil yang didaotkan yaitu nilai *delay* TCP lebih tinggi dari UDP di ketiga protocol routing. Semakin tinggi bandwidth semakin rendah nilai *delay*. Pada bandwidth 750 kbps Nilai *delay* pada protocol routing BGP untuk TCP sebesar 15,6737 ms dan UDP sebesar 11,838 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protocol routing OSPF untuk TCP sebesar 14,834 ms dan UDP sebesar 11,656 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protocol routing RIPv2 untuk TCP sebesar 14,932 ms dan UDP sebesar 10,455 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *delay* pada protocol routing BGP untuk TCP sebesar 11,9412 ms dan UDP sebesar 9,8989 ms dimana keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protocol routing OSPF untuk TCP sebesar 11,179 ms dan UDP sebesar 9,915 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Nilai *delay* pada protocol routing RIPv2 untuk TCP sebesar 11,077 ms dan UDP sebesar 8,222 ms dimana keduanya masuk dalam kategori sangat baik.

4.4 Hasil Perbandingan QoS TCP di Jaringan Non-MPLS, MPLS dan MPLS dengan Tunnelling L2TP/IPSec

TABEL IV. PERBANDINGAN QoS TCP DI JARINGAN NON MPLS, MPLS DAN MPLS DENGAN TUNNELLING L2TP/IPSEC

BANDWIDTH PROTOKOL ROUTING	750 KBPS			1MBPS		
	BGP	OSPF	RIPv2	BGP	OSPF	RIPv2
THROUGHPUT (Kbps)						
TCP NON MPLS	698	757,6	776,8	871,9	970,1	1019,8
TCP MPLS	771,7	793,9	812,1	936,3	1028,2	1039
TCP MPLS + L2TP/IPSEC	730,7	784,6	801,1	912	990	1024,7
DELAY (ms)						
TCP NON MPLS	16,7086839	21,9089287	14,9635533	12,5950171	18,9942529	11,1222522
TCP MPLS	15,4654587	14,5896923	14,5267935	11,6192774	11,1534616	10,9778708
TCP MPLS + L2TP/IPSEC	15,6737774	14,8345382	14,9328678	11,9412754	11,1791295	11,0776659
JITTER (ms)						
TCP NON MPLS	0,21398671	0,23884075	0,09199757	0,13938026	0,193	0,08317524
TCP MPLS	0,05490139	0,10457283	0,01841286	0,0358247	0,05489668	0,0000705
TCP MPLS + L2TP/IPSEC	0,1522921	0,18373954	0,08317524	0,09719522	0,10919264	0,07160152

4.4.1 Hasil pengukuran throughput

Bardasarkan Tabel IV nilai *throughput* pada bandwidth 750 kbps Nilai *throughput* paling tinggi yaitu TCP MPLS pada protocol routing RIPv2 sebesar 812,1 Kbps dimana termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan nilai *throughput* TCP paling rendah yaitu TCP Non MPLS dengan protocol routing BGP yang bernilai 698 Kbps yang termasuk dalam kategori buruk. Pada bandwidth 1 mbps nilai *throughput* TCP paling tinggi

yaitu pada TCP MPLS dengan protocol *routing* RIPv2 yang bernilai 1039 Kbps dimana termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan nilai *throughput* TCP paling rendah yaitu TCP Non MPLS dengan protocol *routing* BGP yang bernilai 871.9 Kbps yang juga termasuk dalam kategori sedang.

4.4.2 Hasil pengukuran *delay*

Berdasarkan Tabel IV nilai *delay* pada bandwidth 750 kbps nilai *delay* tertinggi diikuti TCP MPLS+L2TP/IPSec dan TCP MPLS dengan *delay* terendah pada ketiga protocol *routing*. Nilai *delay* tertinggi yaitu TCP Non MPLS pada protocol *routing* BGP sebesar 21,90892871 ms dan *delay* terendah yaitu TCP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 14,52679352 ms. Pada bandwidth 1 mbps nilai *delay* tertinggi diikuti TCP MPLS+L2TP/IPSec dan TCP MPLS dengan *delay* terendah pada ketiga protocol *routing*. Terlihat pada grafik tersebut nilai *delay* tertinggi yaitu TCP Non MPLS pada protocol *routing* BGP sebesar 18,99425287 ms dan *delay* terendah yaitu TCP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 10,97787 ms.

4.4.3 Hasil pengukuran *jitter*

Berdasarkan Tabel IV nilai *jitter* pada bandwidth 750 kbps nilai *jitter* paling tinggi yaitu TCP Non MPLS pada protocol *routing* BGP sebesar 0,193 ms. Sedangkan nilai *jitter* terendah yaitu TCP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 0,071601515 ms. Pada bandwidth 1 mbps nilai *jitter* paling tinggi yaitu TCP Non MPLS pada protocol *routing* OSPF sebesar 0,23884 ms. Sedangkan nilai *jitter* terendah yaitu TCP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 0,0000705 ms.

4.5 Hasil Perbandingan QoS UDP di Jaringan Non-MPLS, MPLS dan MPLS dengan Tunnelling L2TP/IPSec

TABEL V. PERBANDINGAN QoS UDP DI JARINGAN NON MPLS, MPLS DAN MPLS DENGAN TUNNELING L2TP/IPSEC

BANDWIDTH	750 KBPS			1MBPS		
	BGP	OSPF	RIPv2	BGP	OSPF	RIPv2
PROTOKOL ROUTING						
Plot Area	THROUGHPUT (Kbps)					
UDP NON MPLS	636,4	703,7	721,8	856,9	944,1	976,8
UDP MPLS	698,9	751,4	750	934,7	981,7	1000,1
UDP MPLS + L2TP/IPSEC	685,9	730,7	722,1	895,1	980	987
	DELAY (ms)					
UDP NON MPLS	12,26163205	15,25456069	11,27477812	10,97492071	11,55696416	8,80601162
UDP MPLS	11,49222078	11,09451471	10,18250366	9,637592962	8,681969029	8,160642614
UDP MPLS + L2TP/IPSEC	11,83874347	11,6569879	10,45500235	9,898944313	9,915445032	8,222877586
	JITTER (ms)					
UDP NON MPLS	0,190772994	0,208191836	0,057655331	0,108114752	0,120535057	0,033728895
UDP MPLS	0,034364855	0,043537948	0,003240026	0,004527344	0,039351471	0,00000392
UDP MPLS + L2TP/IPSEC	0,069977495	0,106685882	0,05572698	0,068354832	0,099315193	0,010507513

4.5.1 Hasil pengukuran *throughput*

Berdasarkan Tabel V nilai *throughput* pada bandwidth 750 kbps Nilai *throughput* paling tinggi yaitu UDP MPLS pada protocol *routing* OSPF sebesar 751,4

Kbps dimana termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan nilai *throughput* UDP paling rendah yaitu UDP Non MPLS dengan protocol *routing* BGP yang bernilai 636,4 Kbps yang termasuk dalam kategori buruk. Pada bandwidth 1 mbps Nilai *throughput* paling tinggi yaitu UDP MPLS pada protokol *routing* RIPv2 sebesar 1000,1 Kbps dimana termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan nilai *throughput* UDP paling rendah yaitu UDP Non MPLS dengan protocol *routing* BGP yang bernilai 856,9 Kbps yang juga termasuk dalam kategori sedang.

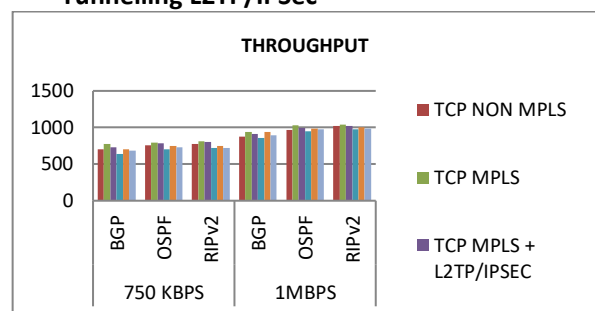
4.5.2 Hasil pengukuran *delay*

Berdasarkan Tabel V nilai *delay* pada bandwidth 750 kbps nilai *delay* tertinggi yaitu UDP Non MPLS pada protocol *routing* OSPF sebesar 15,25456069 ms yang berarti merupakan nilai *delay* terburuk. Nilai *delay* terendah yaitu UDP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 10,18250866 ms yang merupakan nilai *delay* terbaik. Pada bandwidth 1 mbps nilai *delay* tertinggi yaitu UDP Non MPLS pada protocol *routing* OSPF sebesar 11,55696 ms yang berarti merupakan nilai *delay* terburuk. Nilai *delay* terendah yaitu UDP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 8,160642614 ms yang merupakan nilai *delay* terbaik.

4.5.3 Hasil pengukuran *jitter*

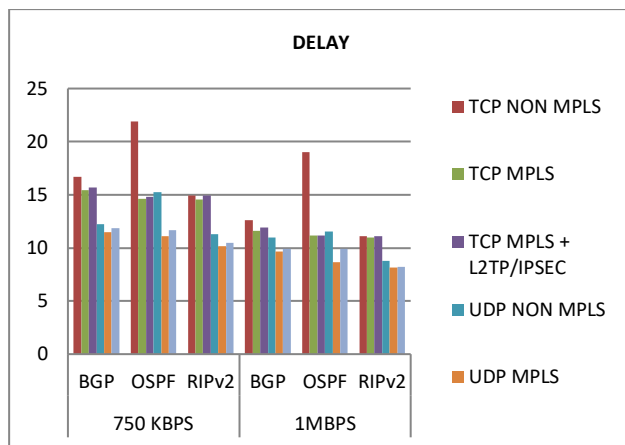
Berdasarkan Tabel V nilai *jitter* pada bandwidth 750 kbps bahwa nilai *jitter* paling tinggi yaitu UDP Non MPLS pada OSPF sebesar 0,120535057 ms yang berarti memiliki nilai *jitter* terburuk. Sedangkan nilai *jitter* terendah yaitu UDP MPLS pada RIPv2 sebesar 0,003240026 ms yang berarti memiliki nilai terbaik. Pada bandwidth 1 mbps nilai *jitter* paling tinggi yaitu UDP Non MPLS pada BGP sebesar 0,208191 ms yang berarti memiliki nilai *jitter* terburuk. Sedangkan nilai *jitter* terendah yaitu UDP MPLS pada protocol *routing* RIPv2 sebesar 0,00000392 ms yang berarti memiliki nilai terbaik.

4.6 Grafik perbandingan QoS TCP dan UDP di Jaringan Non MPLS, MPLS dan MPLS dengan Tunnelling L2TP/IPSec



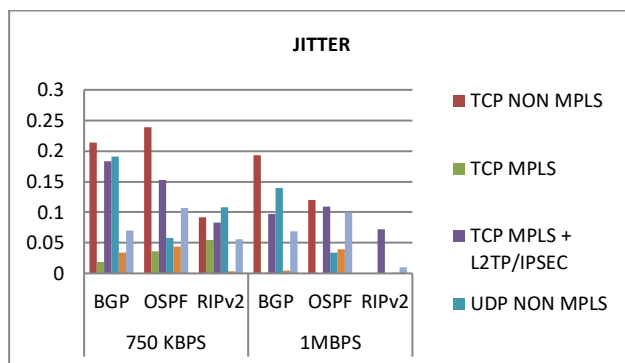
Gambar 3. Perbandingan Nilai Throughput TCP dan UDP

Gambar 3 merupakan grafik perbandingan throughput TCP dan UDP di jaringan Non MPLS, MPLS dan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec berdasarkan protokol routing BGP, OSPF dan RIPv2 dengan variasi bandwidth 750 kbps dan 1 mbps. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa nilai throughput TCP lebih tinggi dari UDP. Nilai throughput TCP dan UDP memiliki nilai terbaik pada jaringan MPLS diikuti jaringan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec dan Non MPLS di ketiga protokol routing. Penggunaan bandwidth yang semakin besar membuat nilai throughput juga semakin besar.



Gambar 4. Perbandingan Nilai Delay TCP dan UDP

Gambar 4 merupakan grafik perbandingan delay TCP dan UDP di jaringan Non MPLS, MPLS dan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec berdasarkan protokol routing BGP, OSPF dan RIPv2 dengan variasi bandwidth 750 kbps dan 1 mbps. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa nilai delay TCP lebih tinggi dari UDP. Nilai delay TCP dan UDP memiliki nilai terbaik pada jaringan MPLS diikuti jaringan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec dan Non MPLS di ketiga protokol routing. Penggunaan bandwidth yang semakin besar membuat nilai delay juga semakin kecil.



Gambar 5. Perbandingan Nilai Jitter TCP dan UDP

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan jitter TCP dan UDP di jaringan Non MPLS, MPLS dan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec berdasarkan protokol routing BGP, OSPF dan RIPv2 dengan variasi bandwidth 750 kbps dan 1 mbps. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa nilai jitter TCP lebih tinggi dari UDP. Nilai jitter TCP dan UDP memiliki nilai terbaik pada jaringan MPLS diikuti jaringan MPLS dengan tunnelling L2TP/IPSec dan Non MPLS di ketiga protokol routing. Penggunaan bandwidth yang semakin besar membuat nilai jitter juga semakin kecil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. TCP merupakan protokol yang mengutamakan agar data sampai secara utuh dari pengirim ke penerima. TCP digunakan pada web, pengiriman *file*, e-mail, dll. Sedangkan UDP merupakan protokol yang lebih mengutamakan kecepatan dalam pengiriman paket data dari pengirim ke penerima dan biasanya digunakan untuk *game online*, *audio* dan *video streaming*, dll. Sehingga TCP dan UDP memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing dikarenakan data yang dikirimkan memiliki prioritas yang berbeda.
2. Perbandingan nilai QoS TCP pada jaringan Non MPLS, MPLS, dan MPLS dengan *Tunneling* L2TP/IPSec diperoleh hasil bahwa TCP MPLS memiliki nilai QoS terbaik yang dapat dijabarkan sebagai berikut:
 - a. Nilai *Throughput* terbaik pada TCP MPLS yaitu pada protokol *routing* RIPv2 dengan nilai 812,1 kbps pada *bandwidth* 750 kbps dan 1039 kbps pada *bandwidth* 1 mbps.
 - b. Nilai *delay* terkecil pada TCP MPLS dihasilkan oleh protokol *routing* RIPv2 dengan nilai 14,52 ms pada *bandwidth* 750 kbps dan 10,97 ms pada *bandwidth* 1 mbps.
 - c. Nilai *jitter* terkecil pada TCP MPLS dihasilkan oleh protokol *routing* RIPv2 dengan nilai 0,018 ms pada *bandwidth* 750 kbps dan 0,0000705 ms pada *bandwidth* 1 mbps.
3. Perbandingan nilai QoS UDP pada jaringan Non MPLS, MPLS, dan MPLS dengan *Tunneling* L2TP/IPSec diperoleh hasil bahwa UDP MPLS memiliki nilai QoS terbaik yang dapat dijabarkan sebagai berikut:
 - a. Nilai *Throughput* terbaik pada UDP MPLS yaitu pada protokol *routing* RIPv2 dengan nilai 751,4 kbps pada *bandwidth* 750 kbps dan 1000,1 kbps pada *bandwidth* 1 mbps.
 - b. Nilai *delay* terkecil pada UDP MPLS dihasilkan oleh protokol *routing* RIPv2 dengan nilai 10,18 ms pada *bandwidth* 750 kbps dan 8,16 ms pada

- bandwidth* 1 mbps.
- c. Nilai *jitter* terkecil pada UDP MPLS dihasilkan oleh protokol *routing* RIPv2 dengan nilai 0,003 ms pada *bandwidth* 750 kbps dan 0,00000392 ms pada *bandwidth* 1 mbps.
4. TCP dan UDP pada jaringan Non MPLS, MPLS maupun MPLS dengan Tunneling L2TP/IPSec memiliki nilai QoS terbaik pada protokol routing RIPv2. Hal ini dikarenakan RIPv2 dapat bekerja lebih maksimal di lingkup jaringan yang lebih kecil yaitu pada penelitian ini hanya menggunakan enam buah router. Sedangkan protokol BGP dan OSPF akan lebih maksimal di jaringan berskala lebih besar.

5.2 Saran

Berikut ini saran yang perlu disampaikan berdasarkan hasil penelitian yaitu, pada penelitian selanjutnya dapat dengan membandingkan protocol selain TCP dan UDP, dapat menggunakan jenis jaringan yang berbeda, dapat menggunakan protokol *routing* yang berbeda dan dapat menggunakan topologi jaringan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Supriadi, "Analisis Perbandingan Protokol *Routing* OSPF DAN RIPv2 Berdasarkan Variasi Jumlah Router Pada Jaringan MPLS Dan Tanpa MPLS Menggunakan Simulator GNS3," J-COSINE, Vol. 3, No. 1, Pp. 10– 18, 2019.
- [2] R. Arlan, "Implementasi Dan Analisis Sistem Keamanan *IP Security* (IPSec) Di Dalam *Multi Protocol Label Switching-Virtual Private Network* (MPLS-VPN) Pada Layanan Berbasis *IP Multimedia Subsystem* (IMS)," Open Library Telkom University, Vol. 3, No. 3, Pp. 4630–4640, 2016.
- [3] Y. Mardiana, "Analisa Performansi Protokol TCP, UDP dan SCTP Pada Lalu Lintas Multimedia," Jurnal Media Infotama, Vol. 13, No. 2, Pp. 73– 84, 2017.
- [4] M. Z. S. Hadi, "Analisa Unjuk Kerja *Audio* dan *Video Streaming* Pada Jaringan MPLS VPN Berbasis IPSec." Industrial Electronic Seminar, 2010.
- [5] S. Hidayatulloh, "Analisis Dan Optimalisasi Keamanan Jaringan Menggunakan Protokol IPSec," Jurnal Informatika Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Bina Sarana Informatika, Vol. 1, No. 2, Pp. 93– 104, 2014.
- [6] I. Saleh, "Analisa Perbandingan Waktu dan Kecepatan Transfer pada Multi Protocol Label Switching (Mpls) dengan Virtual Private Network (Vpn) untuk Perpindahan Dokumen pada Jaringan Komputer." *Compiler*, vol. 3, no. 1, Pp. 101–112, 2014.
- [7] W. O. Zamalia, L. M. F. Aksara, M. Yamin, J. T. Informatika, F. Teknik, And U. H. Oleo, "Analisis Perbandingan Performa QoS, PPTP, L2TP, SSTP Dan IPSec Pada Jaringan VPN Menggunakan Mikrotik," *semantik* Vol. 4, No. 2, Pp. 29–36, 2018.
- [8] M. Fatkhurrohman, "Analisis Perbandingan Metode *Routing Link State Vs Distance Vector*," Retrieved from www.academia.edu, 2013.
- [9] A. Puji Adi, Asmunin, Kusuma, "Implementasi *Simple Port Knocking* Pada *Dynamic Routing* (OSPF) Menggunakan Simulasi GNS3," Jurnal Mahasiswa UNESA, Pp. 7–17, 2016.
- [10] Y. Andri, Pranata, I. Fibriani, And S. B. Utomo, "Analisis Optimasi Kinerja *Quality of Service* Pada Layanan Komunikasi data Menggunakan Ns - 2 di Pt . PLN (PERSERO) Jember," *SINERGI*, vol.20, no.2, Pp. 149– 156, 2016.
- [11] R. Wulandari, "Analisis QoS (*Quality Of Service*) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Upt Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – Lipi)," *JUTISI*, vol. 2, no.2, pp. 162–172, 2016.
- [12] A.A. Wijaya, "Mengenal Berbagai Macam Topologi Jaringan Serta Kelebihan dan Kekurangannya". Retrieved from www.ilmukomputer.org, 2013.