

ANALISIS PERBANDINGAN VPN PPTP DAN EOIP MENGUNAKAN METODE AQM

Witti Kristine Halawa ^{*1}, Kristian Juri Damai Lase ²

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS SAINS DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS KRISTEN IMMANUEL YOGYAKARTA

Jl Solo Km 11.11 Yogyakarta, telp/fax : (0274) 496256

e-mail: witti98@student.ukrimuniversity.ac.id^{*1}, kristian@ukrimuniversity.ac.id²

Abstrak

Protocol Point-To-Point Tunneling Protocol (PPTP) merupakan sebuah terowongan untuk mengangkut lalu lintas IP dengan menggunakan PPP. Melakukan enkapsulasi PPP dalam garis virtual yang berada diatas IP serta menggabungkan PPP, untuk membentuk link enkripsi. Tujuan dari protokol ini adalah untuk membuat atau mengelola dengan baik suatu koneksi yang aman antara sebuah router ataupun antara router dengan klien PPTP tersebut. Ethernet over Internet protocol (EoIP) yang ada pada mikrotik Router OS yang memiliki fungsi membangun network tunnel antar mikrotik router diatas koneksi TCP/IP. Ketika bridging diaktifkan seluruh data akan dijembatani seolah-olah router tersebut dihubungkan dengan menggunakan kabel. Active Queue Management (AQM) adalah suatu proses penandaan source TCP yang berasal dari pusat router dengan melakukan pertimbangan penggunaan delay dan queue. Dalam melakukan pengujian menggunakan aplikasi wireshark. Pada setiap VPN diterapkan metode AQM dan skenario pengujian dalam (2) kondisi. Pengukuran parameter QoS VPN PPTP dan EOIP Tunnel menurut THIPON masing-masing memiliki nilai unggul dalam mengatasi terjadinya bufferbload pada saat melakukan transfer data di dapat hasil throughput 5290,45 bps dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indeks 4. Delay 1.12 ms dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indeks 4. Jitter 1.95 ms dengan kategori “Bagus” dan nilai indeks 3. Packet loss 0,00 % dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indeks 4.

Kata Kunci : VPN, PPTP, EOIP, AQM, Wireshark, Jitter, Throughput, Delay, Packet Loss

Abstract

The Point-To-Point Tunneling Protocol (PPTP) is a precursor to transporting IP traffic using PPP. encapsulates PPP in a virtual line that sits on top of IP and combines PPP, to form an encryption link. The purpose of this protocol is to establish or properly manage a secure connection between a router or between a router and the PPTP client. Ethernet over Internet protocol (EoIP) in Mikrotik Router OS which has the function of building a network tunnel between Mikrotik routers over TCP/IP connections. When the link is activated all data will be bridged as if the router was using a cable. Active Queue Management (AQM) is a process of marking TCP sources originating from the central router by considering the use of delays and queues. In testing using the Wireshark application. Each VPN applies the AQM method and test scenarios in (2) conditions. The QoS VPN PPTP and EOIP Tunnel measurement parameters according to THIPON each have superior values in overcoming the occurrence of buffer loads when transferring data, the throughput results are 5290.45 bps in the "very good" category and the index value is 4. Delay 1.12 ms with the category "very good" and index value 4. Jitter 1.95 ms with category "Good" and index value 3. Packet loss 0.00% with category "very good" and index value 4.

Keywords: VPN, PPTP, EOIP, AQM, Wireshark, Jitter, Throughput, Delay, Packet Loss

1. PENDAHULUAN

Internet merupakan salah satu kebutuhan pokok penting dalam sebuah organisasi, Ketika melakukan pertukaran data dari kantor cabang ke kantor pusat bergantung kepada staf atau admin dikantor cabang tersebut, serta keterbatasan waktu diluar jam kerja. Tetapi teknologi yang semakin berkembang dimana kita bisa memanfaatkan jaringan internet sebagai alat komunikasi tanpa adanya keterbatasan waktu, dan bisa mengurangi biaya yang dikeluarkan baik dalam pembangunan infrastruktur jaringan dan bisa diakses kapan saja tanpa bergantung kepada staf atau admin dikantor cabang tersebut.

Pada kebutuhan permasalahan diatas, kita bisa menghubungkan suatu jaringan lokal dengan jaringan lokal lainnya. dengan membuat sebuah terowongan (tunnel) yang bisa menghubungkan lokasi yang berbeda, tanpa adanya jalur khusus secara fisik, sehingga komunikasi yang dilakukan antar kantor bisa dilakukan secara aman, sehingga membentuk satu *broadcast domain* dalam satu *network* yang sama meskipun terpisah, sehingga akan dapat melakukan komunikasi dengan privat. Ada beberapa jenis tunnel seperti: Eoip, IPSec, IPsec, L2TP, PPPoE, PPTP, VLAN dan OpenVPN. Tunnel tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga perlu melakukan perbandingan untuk memudahkan dalam pemilihan jenis VPN yang akan digunakan. Pada penelitian ini akan melakukan perbandingan pada PPTP dan EOIP.

Protocol Point-To-Point Tunneling Protocol (PPTP) merupakan sebuah terowongan untuk mengangkut lalu lintas IP dengan menggunakan PPP. Melakukan enkapsulasi PPP dalam garis virtual yang berada diatas IP serta menggabungkan PPP dengan *Microsoft Point to Point Encryption* (MPPE) untuk membentuk link enkripsi. Tujuan dari protokol ini adalah untuk membuat atau mengelola dengan baik suatu koneksi yang aman antara sebuah router ataupun antara router dengan klien PPTP tersebut.

Ethernet over Internet protocol (EoIP) yang ada pada mikrotik Router OS yang memiliki fungsi membangun *network tunnel* antar mikrotik router diatas koneksi TCP/IP. Ketika *bridging* diaktifkan seluruh data akan dijemputan seolah-olah router tersebut dihubungkan dengan menggunakan kabel.

Dengan adanya solusi permasalahan tersebut dengan banyaknya melakukan sharing data dari kantor A ke kantor B akan menyebabkan *bufferbloat* atau antrian yang sangat panjang didalam *buffer*, sehingga kualitas pada layanan akan terganggu dan *delay* transmisi akan semakin tinggi. *Active Queue Management* (AQM) adalah salah satu cara untuk mengatasi *bufferbloat*.

Active Queue Management (AQM) adalah suatu proses penandaan source TCP yang berasal dari pusat router dengan melakukan pertimbangan penggunaan *delay* dan *queue* agar tidak full ataupun terlalu besar dengan cara menandai packet-packet tersebut.

1.1. Landasan Teori

1.1.1 Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP).

PPTP merupakan salah satu type VPN yang paling sederhana dalam konfigurasi. Selain itu juga fleksibel. Mayoritas operating system sudah support sebagai PPTP Client, baik *operating system* pada PC ataupun gadget seperti android. Komunikasi PPTP menggunakan protocol TCP port 1723, dan menggunakan IP Protocol 47/GRE untuk enkapsulasi packet datanya (Riskiono, 2019).

Pada setting PPTP, kita bisa menentukan *network security protocol* yang digunakan untuk proses autentikasi PPTP pada Mikrotik, seperti pap, chap, mschap dan mschap2. Kemudian setelah tunnel terbentuk, data yang ditransmisikan akan dienkripsi menggunakan *Microsoft Point-to-Point Encryption* (MPPE) (Kurniawan, 2018).

1.1.2 Ethernet Over IP (EOIP)

Ethernet over IP (EoIP) Tunneling adalah sebuah protokol MikroTik RouterOS yang menciptakan sebuah terowongan ethernet antara dua router di atas koneksi IP. EoIP tunnel dapat menjalankan di atas IPsec tunnel, PPTP tunnel atau sambungan lain yang mampu membawa IP. Ketika fungsi bridging dari router diaktifkan, semua lalu lintas Ethernet (semua protokol Ethernet) akan dijembatani sama seperti jika ada di mana antarmuka fisik Ethernet dan kabel antara dua router (dengan bridging diaktifkan). Protokol ini membuat beberapa skema jaringan mungkin. Setup jaringan dengan antarmuka EoIP: Memungkinkan untuk menjembatani LAN melalui Internet, Memungkinkan untuk menjembatani LAN lebih terowongan dienkripsi, Memungkinkan untuk menjembatani LAN lebih 802.11b 'adhoc' jaringan nirkabel. Protokol EoIP mengenkapsulasi *frame Ethernet* di GRE (IP protokol nomor 47) packet (seperti PPTP) dan mengirimkannya ke sisi remote dari terowongan EoIP (MikroTik, 2015).

1.1.3 Active Queue Management (AQM)

Untuk menangani kondisi seperti *bufferbloat*, anjuran untuk menggunakan *Active Queue Management (AQM)* sudah lama direkomendasikan. Bila berbicara mengenai AQM maka hal tersebut tidak lepas dari kongesti. Kongesti adalah kondisi ketika agregat kebutuhan *bandwidth* melebihi kapasitas link yang tersedia. Akibatnya adalah banyaknya *packet loss*, utilisasi link yang rendah (*throughput* rendah), *delay queue* yang tinggi, dan *congestion collapse*. Menurut (Noer, 2017) *Active Queue Management (AQM) Performance*. AQM merupakan satu cara congestion control pada closed-loop atau packet switched network yang eksplisit. AQM berperan penting dalam mengatur buffer dan mengurangi latency. Secara umum berfungsi dalam mengontrol queue agar tidak full atau tumbuh terlalu besar dengan memonitor queue paket dengan menandai (*marking*) atau mendropnya. Pada kenyataannya, AQM tidak banyak digunakan pada router dan benar-benar tidak diterapkan pada banyak perangkat.

1.1.4 Quality of Service (QoS)

Menurut (Pamungkas dkk, 2018) *Quality of Service (QoS)* merupakan mekanisme pada jaringan yang menentukan bahwa aplikasi-aplikasi atau layanan dapat beroperasi sesuai dengan standart kualitas layanan yang telah diterapkan. Parameter-parameter *Quality of Service (QoS)* seperti *throughput*, *latency*, *jitter*, dan *packetloss*. Ada beberapa parameter dari *Quality of service (QoS)*, diantaranya :

a. **Delay**

Adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama.

b. **Jitter**

Jitter lazimnya disebut variasi delay, berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan. *Delay* antrian pada router dan switch dapat menyebabkan jitter.

c. **Packet Lost**

Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total packet yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi aplikasi tersebut.

d. **Throughput**

Throughput yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. Throughput merupakan jumlah total kedatangan packet yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1. Metode Penelitian

Dalam bab ini metodologi penelitian yang digunakan penulis dalam analisis perbandingan VPN Tunnel PPTP Dengan EOIP menggunakan metode AQM adalah sebagai berikut:

2.2.1 Studi Pustaka

Pada Langkah ini pengembang mengumpulkan informasi-informasi yang dapat mendukung analisis perbandingan VPN Tunnel PPTP Dengan EOIP menggunakan metode AQM. Sumber informasi ini berupa jurnal, paper, karya ilmiah, dan lain-lain.

2.2.2 Tahap Observasi

Pada langkah ini dilakukan untuk melihat dan mengidentifikasi perangkat yang akan digunakan untuk menganalisis perbandingan VPN Tunnel PPTP Dengan EOIP menggunakan metode AQM.

2.2.3 Perancangan

Membuat rancangan jaringan VPN Tunnel PPTP Dengan EOIP menggunakan metode AQM

2.2.4 Tahap Pembuatan program dan pengujian

Dalam tahap ini peneliti akan melakukan pembuatan program disetiap router yang akan digunakan dalam pembuatan rancangan jaringan. Sehingga bisa melakukan pengujian dalam setiap VPN Tunnel yang digunakan dan juga bisa mendapat hasil dari setiap pengujian.

2.2.5 Tahap Dokumentasi

Pada tahap ini dilakukan dokumentasi terhadap proses input serta output berdasarkan packet data sistem sehingga dapat memudahkan apabila nanti sistem ini akan dikembangkan menjadi lebih baik lagi.

2.2. Analisis Kebutuhan Perancangan

Pada perancangan analisis kebutuhan yang digunakan saat melakukan perancangan VPN Tunnel PPTP Dengan EOIP menggunakan metode AQM, yaitu kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak sebagai berikut:

2.2.1. Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu laptop yang dengan spesifikasi intel 1024 GB HDD dan 4 GB RAM.

2.2.2. Kebutuhan Perangkat Lunak

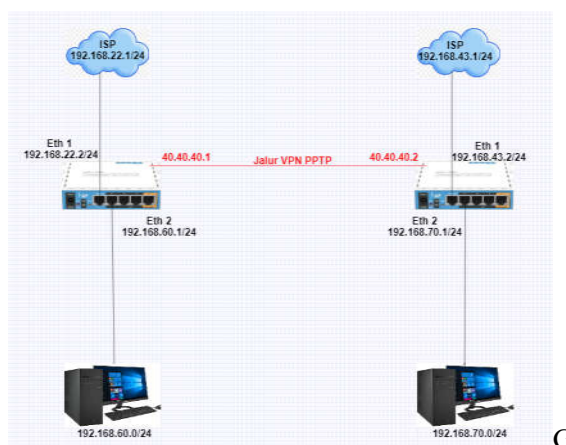
Kebutuhan perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Winbox,
- b. Router mikrotik
- c. Wireshark sebagai pengujian nilai QOS

2.3. Desain Sytem Jaringan

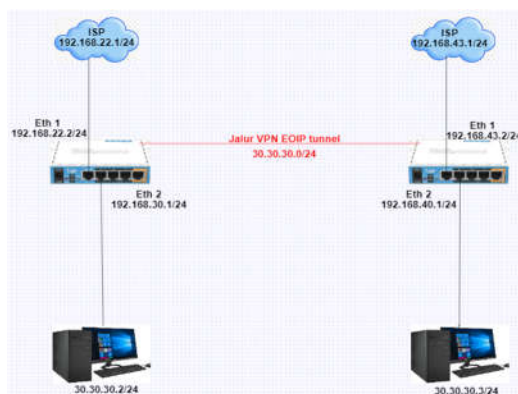
Pada penelitian ini menggunakan topologi Star. Topologi star merupakan sebuah cara menghubungkan komputer yang dapat membentuk jaringan dengan setiap node tersambung secara terpusat, serta penggunaan biaya menengah dan banyak digunakan oleh perusahaan.

Pada gambar 3.1 topologi PPTP yang digunakan masing-masing router A dan Router B sumber jaringan dialirkan menggunakan ISP (Internet Service Provider) Kemudian, router digunakan sebagai sumber internet dalam mebagi jalur jaringan baik client A server atau client B sehingga terbentuk sebuah terowongan agar bisa saling terkoneksi.



Gambar 3.1 Desain Topologi PPTP

Pada gambar 3.2, Topologi EOIP masing-masing router A dan Router B sumber jaringan dialirkan menggunakan ISP (*Internet Service Provider*) Kemudian, router digunakan sebagai sumber internet dalam mebagi jalur jaringan baik client A atau client B sehingga terbentuk sebuah terowongan agar bisa saling terkoneksi.



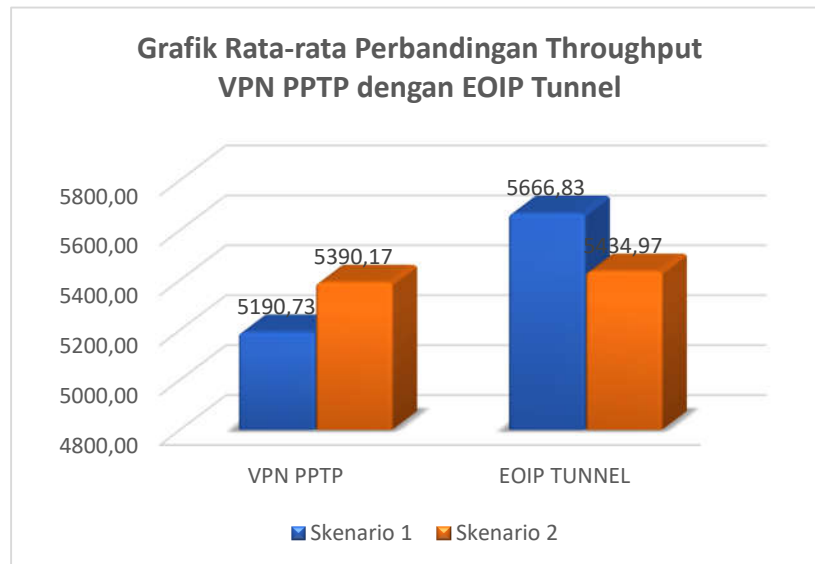
Gambar 3.2 Desain Topologi EOIP

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan perbandingan VPN PPTP dan EOIP tunnel setelah menggunakan metode AQM berdasarkan data hasil pengujian skenario 1 dan 2. Hasil perbandingan sebagai berikut:

3.1.1 Perbandingan Throughput VPN PPTP dengan EOIP Tunnel

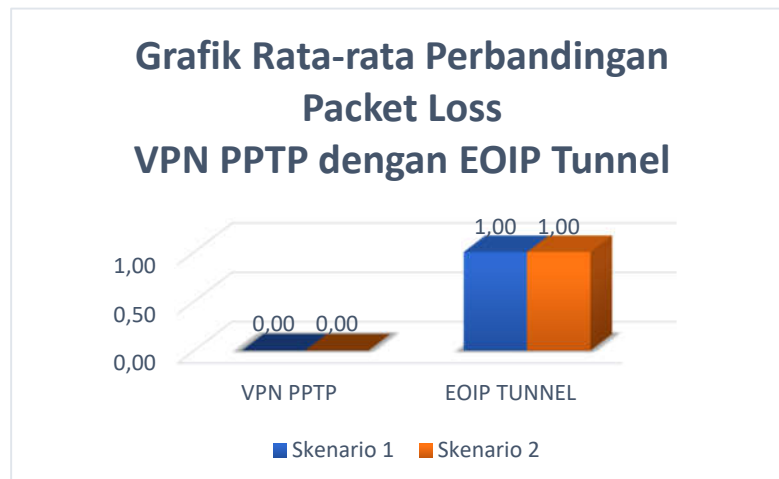
Hasil perbandingan grafik Throughput VPN PPTP dengan EOIP Tunnel. Hasil grafik perbandingan Throughput dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Hasil grafik perbandingan Throughput

3.1.2 Perbandingan Packet Loss VPN PPTP dengan EOIP Tunnel

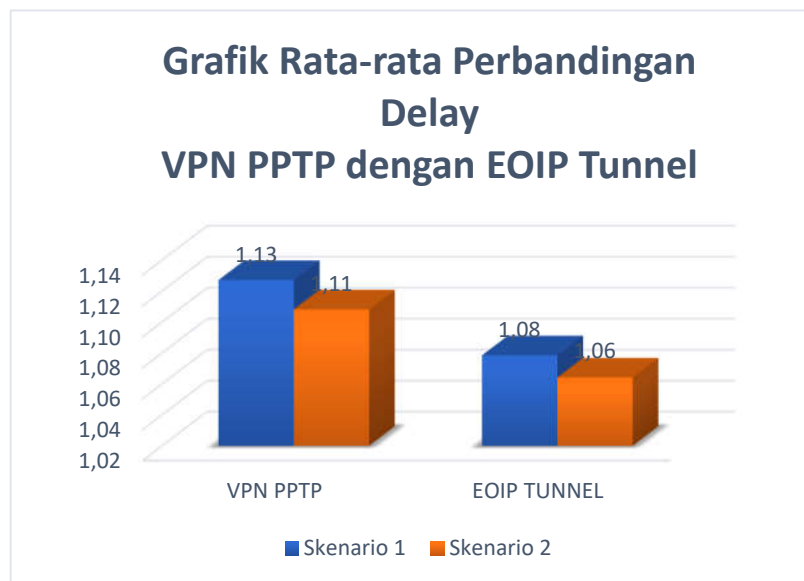
Hasil perbandingan grafik Packet Loss VPN PPTP dengan EOIP Tunnel. Hasil grafik perbandingan packet loss dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil grafik perbandingan packet loss

3.1.3 Perbandingan Delay VPN PPTP dengan EOIP Tunnel

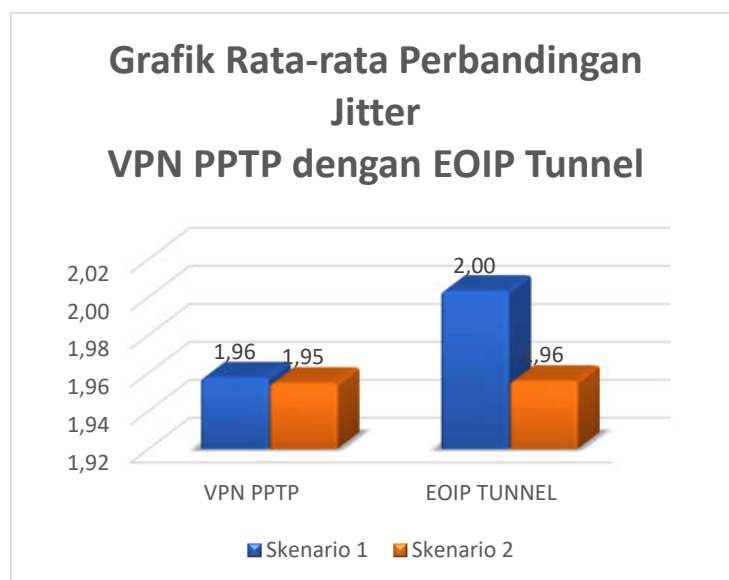
Hasil perbandingan grafik Delay VPN PPTP dengan EOIP Tunnel. Hasil grafik perbandingan Delay dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Hasil grafik perbandingan Delay

3.1.4 Perbandingan Jitter VPN PPTP dengan EOIP Tunnel

Hasil perbandingan grafik Jitter VPN PPTP dengan EOIP Tunnel. Hasil grafik perbandingan Jitter dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil grafik perbandingan Jitter

3.1.5 Parameter QoS VPN PPTP menurut standart THIPON

Berdasarkan Hasil pengukuran parameter QoS VPN PPTP Skenario 1 dan Skenario 2 menurut standart THIPON Rata-rata di dapat hasil throughput 5290,45 bps dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indek 4. Delay 1.12 ms dengan kategori “sangat bagus”

dan nilai indeks 4. Jitter 1.95 ms dengan kategori “Bagus” dan nilai indeks 3. Packet loss 0,00 % dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indeks 4. Pengukuran QoS VPN PPTP menurut THIPON dapat dilihat pada Tabel 3.1.

No	Quality of Service (QoS) VPN PPTP	Keterangan					
		Nilai		Indeks		Kategori	
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 1	Skenario 2
1	Troughput	5666.83 bps	5434.97 bps	4	4	Sangat Bagus	Sangat Bagus
2	Delay	1.08 ms	1.06 ms	4	4	Sangat Bagus	Sangat Bagus
3	Jitter	2.00 ms	1.96 ms	3	3	Bagus	Bagus
4	Packetloss	1.00 %	1.00 %	4	4	Sangat Bagus	Sangat Bagus

Tabel 3.1 Pengukuran QoS VPN PPTP menurut THIPON

3.1.6 Parameter QoS EOIP Tunnel menurut standart THIPON

Berdasarkan Hasil pengukuran parameter QoS EOIP Tunnel Skenario 1 dan Skenario 2 menurut standart THIPON Rata-rata di dapat hasil throughput 5550.9 bps dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indeks 4. Delay 1.12 ms dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indeks 4. Jitter 1.98 ms dengan kategori “Bagus” dan nilai indeks 3. Packet loss 1,00 % dengan kategori “Sangat Bagus” dan nilai indeks 4. Pengukuran QoS EOIP

No	Quality of Service (QoS) VPN PPTP	Keterangan					
		Nilai		Indeks		Kategori	
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 1	Skenario 2
1	Troughput	5190.73 bps	5390.17 bps	4	4	Sangat Bagus	Sangat Bagus
2	Delay	1.13 ms	1.11 ms	4	4	Sangat Bagus	Sangat Bagus
3	Jitter	1.96 ms	1.95 ms	3	3	Bagus	Bagus
4	Packetloss	0.00 %	0.00 %	4	4	Sangat Bagus	Sangat Bagus

Tunnel menurut THIPON dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pengukuran QoS EOIP Tunnel menurut THIPON

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil proses penelitian, pengujian dan analisis, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa : VPN PPTP dan EOIP Tunnel menggunakan metode AQM dapat di implementasikan dengan cara melaukkn konfigurasi di masing-masing router baik router server

maupun router client. Pengukuran parameter QoS VPN PPTP dan EOIP Tunnel menurut THIPON masing-masing memiliki nilai unggul dalam mengatasi terjadinya bufferbloat pada saat melakukan transfer data. Hasil pengukuran parameter QoS VPN PPTP Skenario 1 dan Skenario 2 menurut standart THIPON Rata-rata di dapat hasil throughput 5290,45 bps dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indek 4. Delay 1.12 ms dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indek 4. Jitter 1.95 ms dengan kategori “Bagus” dan nilai indek 3. Packet loss 0,00 % dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indek 4. Hasil pengukuran parameter QoS EOIP Tunnel Skenario 1 dan Skenario 2 menurut standart THIPON Rata-rata di dapat hasil throughput 5550.9 bps dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indek 4. Delay 1.12 ms dengan kategori “sangat bagus” dan nilai indek 4. Jitter 1.98 ms dengan kategori “Bagus” dan nilai indek 3. Packet loss 1,00 % dengan kategori “Sangat Bagus” dan nilai indek 4.

5. SARAN

Adapun saran penulis dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut : Penerapan metode VPN PPTP dan EOIP Tunnel menggunakan IP Dedicated supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Melakukan implementasi secara langsung pada studi kasus yang memiliki jarak berjauhan agar mendapatkan hasil yang maksimal. Melakukan pengujian keamanan jalur VPN PPTP dan EOIP Tunnel.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anam, Khoirul. 2010. “*Manajemen Bandwidth Menggunakan Router Mikrotik di Dinas Pemuda dan Olahraga Kota Pekalongan*”. Skripsi Manajemen Informatika. TMIK: Widya Pratama Pekalongan
- [2] Dahnial, 2019. Analisa Perbandingan Quality Of Service Antara Protokol PPTP dan L2TP Pada Virtual Private Network Berbasis Router Mikrotik. JURNAL ILMIAH INFORMATIKA GLOBAL. 10(2), 107-113.
- [3] Eri Prasetyo, Amir Hamzah, Edhy Sutanta, 2016. Analisa Quality Of Service (Qos) Kinerja Point To Point Protocol Over Ethernet (Pppoe) Dan Point To Point Tunneling Protocol (Pptp). Jurnal Jarkom. Teknik Informatika, FTI, IST AKPRIND Yogyakarta, 4(1), 29-37.
- [4] Fatoni. 2011. Analisis Kualitas Layanan Jaringan Intranet (Studi Kasus : Universitas Bina Darma). April, 2011. <http://blog.binadarma.ac.id/fatoni/wpcontent/uploads/2011/04/JurnalQoS.pdf>.
- [5] Gumilang, A.C. 2017. *Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Congestion Control TCP TAHOE dan TCP NEWRENO pada Antrian Random Early Detecetion dan Drop Tail*. Skripsi: Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Informatika Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- [6] Henki Bayu Seta , Muhammad Ridwan, Theresia Wati, 2015. Perbandingan Virtual Private Network Protokol Menggunakan Point to Point Tunnel Protocol dan OpenVPN. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
- [7] Hendra.2006. Belajar Sendiri Cisco ADSL Router, PIX Firewall, dan VPN. Jakarta:PT. Elex Media Komputindo.
- [8] Iwan Sofana. 2008. Membangun Jaringan Komputer. Bandung. Indonesia: Informatika.
- [9] Joefrie, Yuri Yudhaswana. 2013. Perancangan Program Simulasi Perintah Dasar Jaringan Komputer. Jurnal Ilmiah Foristek.
- [10] Khilmy,Zulfa. 2013. *Wireshark*.
<https://www.kompasiana.com/ikujuki/552fa1f86ea83403048b45b1/pengenalan->

wireshark. Diakses tanggal 30 Juli 2020.

- [11] Kurniawan, A. (2018). No Title. Jom Fteknik, 5(Analisa Performansi Trafik Multimedia Pada Pemodelan Jaringan Vpn Menggunakan Metode Clsa), 1–8.
- [12] Markus. 2006. OpenVPN, Building and Integrating Virtual Private Networks. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- [13] MikroTik. (2015, December 7). [https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual :Interface/EoIP](https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:_Interface/EoIP). Dipetik March 02, 2017, dari <https://www.mikrotik.com>: <https://wiki.mikrotik.com>
- [14] Noer, Muhamad, I. 2017. *Analisis Active Queue Management (AQM) Berbasis Algoritma Control Delay (CoDel) pada Streaming User Datagram Protocol (UDP)*. Bandung: Universitas Telkom
- [15] Pamungkas, Canggih Ajika. 2016. *Manajemen Bandwith Menggunakan Mikrotik Routerboard di Politeknik Indonusa Surakarta*. Surakarta: Politeknik Indonusa
- [16] Pamungkas, S. W., & Pramono, E. 2018. *Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Hotspot SMA Negeri XYZ*". 7(2), 142–152.
- [17] Riskiono, S. D. (2019). Analisis Dan Desain Jalur Transmisi Jaringan Alternatif Menggunakan Virtual Private Network (Vpn). 13(2), 100–106.
- [18] Tiphon. "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) General aspects of Quality of Service (QoS)", DTR/TIPHON-05006 (cb0010cs.PDF).1999.