

ANALISA PERBANDINGAN KINERJA GENERIC ROUTING ENCAPSULATION (GRE) TUNNEL DENGAN POINT TO POINT PROTOCOL OVER ETHERNET (PPPoE) TUNNEL MIKROTIK ROUTEROS

Indra Warman¹, Ahmad Hanafi²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Padang
Email: indrawmn@gmail.com

Abstrak

Jaringan Virtual Private Network (VPN) merupakan jaringan yang koneksinya melewati sebuah terowongan atau tunneling. Tunneling merupakan teknik untuk melewati packet melalui jaringan internet. Salah satu metode tunneling yang dapat digunakan adalah GRE (Generic Routing Encapsulation) tunneling. Generic Routing Encapsulation (GRE) bisa membawa packet dengan berbagai macam protocol. Meski cukup banyak digunakan, GRE tidak menyediakan sistem enkripsi data. Metode Point to Point Protocol Over Ethernet (PPPoE) digunakan untuk membangun jaringan Virtual Private Network (VPN) dimana koneksinya menggunakan point to point tunnel. PPPoE sebagai sebuah protokol tunneling, yang memiliki keamanan yang sangat baik, membutuhkan beberapa autentikasi untuk bisa terhubung, sehingga PPPoE membutuhkan waktu tunda (delay) dalam proses pengiriman atau transfer data. Pada penelitian ini, membandingkan kinerja GRE tunnel dengan PPPoE tunnel dari segi Quality Of Service (QoS) fokus pada delay dan throughput. Pengujian menggunakan perangkat mikrotik routerboard yang saling terhubung melalui konfigurasi GRE tunnel dan PPPoE tunnel. Dalam pengujian, client melakukan download file pada server dummies berukuran 100 MB, 300 MB, dan 500 MB dengan berekstensi rar dan exe. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, dijumlahkan dan diambil nilai rata-rata. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil pengujian, PPPoE tunnel lebih unggul dibandingkan dengan GRE tunnel terhadap parameter Quality Of Service (QoS) khususnya delay dan throughput.

Kata Kunci : GRE, PPPoE, VPN, Tunnelling, Quality Of Service (QoS), Mikrotik.

1. Pendahuluan

Generic Routing Encapsulation (GRE) adalah protokol tunneling yang memiliki kemampuan bisa membawa packet dengan berbagai macam protocol. Dengan menggunakan tunneling GRE, router yang ada pada ujung-ujung tunnel melakukan enkapsulasi paket-paket protokol lain didalam header dari protokol IP. Meski cukup banyak digunakan, GRE tidak menyediakan sistem enkripsi data. Metode Point to Point Protocol Over Ethernet (PPPoE) digunakan untuk membangun jaringan VPN dimana koneksinya menggunakan point to point tunnel. PPPoE sebagai sebuah protokol tunneling, yang memiliki keamanan yang sangat baik, membutuhkan beberapa autentikasi untuk bisa terhubung, sehingga PPPoE membutuhkan waktu tunda (delay) dalam proses pengiriman atau transfer data.

Oleh sebab itu maka penelitian ini difokuskan pada “Analisa Perbandingan

Kinerja Generic Routing Encapsulation (GRE) Tunnel Dengan Point To Point Protocol Over Ethernet (PPPoE) Tunnel Mikrotik RouterOS “.

Beberapa teori yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Konsep Tunneling

Tunneling merupakan sebuah metode penyelubungan atau encapsulation paket data di jaringan. Sebelum dikirim, paket data mengalami sedikit perubahan atau modifikasi, yaitu penambahan header pada tunnel. Ketika data sudah melewati tunnel dan sampai ditujuan, maka header dari paket data akan dikembalikan seperti semula (header tunnel dilepas).

Jenis-Jenis Protocol Tunneling

Point-To-Point Tunnelling Protocol (PPTP), Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP), Ethernet over IP (EoIP), IP-in-IP (IPIP), IPSec (Internet Protocol Security).

Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan sekumpulan teknik dan mekanisme yang menjamin performansi dari jaringan komputer (terutamanya di *internet*) di dalam penyediaan layanan kepada aplikasi-aplikasi didalam jaringan komputer.

Delay didefinisikan sebagai lamanya waktu yang diperlukan oleh paket data untuk sampai ke tujuan. Menurut Endi Dwi Kristianto (2012) untuk menghitung delay dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Delay = Waktuditerima - Waktudikirim \quad (1)$$

Tabel 1. Standar parameter *delay* menurut ITU-T

<i>Delay</i>	Kategori Degradasi
< 150 ms	Baik
150 s.d. 400 ms	Cukup
>450ms	Buruk

Packet loss adalah kondisi dimana paket yang dikirimkan tidak sampai pada tujuan. *Packet loss* terjadi karena ada beberapa paket yang terbuang (*drop*).

Menurut Mohamad Dani untuk menghitung *Packet loss* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PacketLoss = \frac{Jumlahpake\ tyangdikir\ im - Jumlahpake\ tyangditer\ ima}{Jumlahpake\ tyangdikir\ im} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 2. Standar parameter *packet loss* menurut ITU-T

<i>Packetloss</i>	Kategori Degradasi
3%	Baik
15%	Cukup

25%	Buruk
-----	-------

Throughput Merupakan Kecepatan (*rate*) data efektif yang diukur dalam bps. *Throughput* merukan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Menurut Mohamad Dani untuk menghitung *throughput* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Throughput = \frac{JumlahData\ yangdikirimkan(bit\ /byte)}{WaktuYang\ dibutuhkanuntukpengiriman(data\ s)} \quad (3)$$

Router Mikrotik

Router Mikrotik adalah sistem operasi independen berbasis *Linux* khusus untuk komputer yang difungsikan sebagai *router*. Mikrotik didesain untuk mudah digunakan dan sangat baik digunakan untuk keperluan administrasi jaringan komputer seperti merancang dan membangun sebuah sistem jaringan komputer skala kecil hingga skala besar. Router Mikrotik mulai didirikan tahun 1995 yang pada awalnya ditujukan untuk perusahaan jasa layanan *Internet Service Provider (ISP)* yang melayani pelanggannya menggunakan teknologi *wireless*.

Jenis-Jenis Router Mikrotik

Mikrotik di bagi kedalam 2 jenis yaitu yang pertama adalah (software) Mikrotik RouterOS, dan yang kedua adalah (hardware) Mikrotik RouterBoard. Adapun penjelasan untuk kedua jenis router tersebut adalah sebagai berikut :

1. Mikrotik RouterOS

Mikrotik RouterOS adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menjadikan komputer menjadi router *network* yang mempunyai berbagai fitur dalam teknologi jaringan.

2. Mikrotik RouterBoard

Mikrotik routerboard adalah suatu *hardware* yang dapat menjalankan router *network* tanpa perlu di *install* ke sebuah komputer, karena router mikrotik ini telah didesain untuk menjalankan router OS sehingga dapat menjadi router yang handal untuk pengguna.

PPPoE (Point to Point Protocol Over Ethernet)

Point to Point Protocol over Ethernet (PPPoE) adalah protokol jaringan untuk mengenkapsulasi *Point-to-Point Protocol* (PPP) frame dalam frame ethernet. PPPoE digunakan untuk membangun jaringan VPN dimana koneksinya menggunakan *point to point tunneling*. PPPoE Sebagai sebuah protokol tunneling, yang yang memiliki keamanan yang sangat baik, membutuhkan beberapa autentikasi untuk bisa terhubung ke server. Dengan keamanan dan autentikasi tersebut membuat PPPoE membutuhkan waktu tunda (*delay*) sehingga proses pengiriman atau transfer data berjalan lambat.

Berikut adalah keuntungan menggunakan metode PPPoE :

1. Terdapat *user authentication*
2. Interface PPPoE server yang terhubung dengan PPPoE client tidak memiliki IP karena PPPoE bekerja pada layer 2 OSI dengan tujuan menghindari terjadinya serangan *Denial Of Service* (DoS) dan IP detection pada server utama.
3. Fasilitas *Cut-Off* oleh PPPoE untuk user yang menggunakan program tambahan seperti peningkat *Bandwidth*.

GRE (Generic Routing Encapsulation)

Generic Routing Encapsulation (GRE) adalah protokol tunneling yang pada awalnya dikembangkan oleh Cisco. *Generic Routing Encapsulation* (GRE) adalah protokol tunneling yang memiliki kemampuan membawa lebih dari satu jenis protokol pengalamatan komunikasi. Bukan hanya paket beralamat IP saja yang dapat dibawanya, melainkan banyak paket protokol lain seperti CNLP, dan IPX. Semua paket dibungkus atau dienkapsulasi menjadi sebuah paket yang bersistem pengalamatan IP. Kemudian paket tersebut didistribusikan melalui sistem tunnel yang juga bekerja diatas protokol komunikasi IP.

GRE tidak menyediakan sistem enkripsi data. Sehingga untuk keamanan yang cukup tinggi maka dapat ditambahkan dengan protokol yang lebih *secure* untuk enkripsi datanya. Pada mekanisme GRE tunnel akan terjadi penambahan 24 byte header (20 byte IP header dan 4 byte GRE header).

1. Metodologi Penelitian

2.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian ini bersifat penelitian eksperimen untuk *menganalisa dan membuktikan*

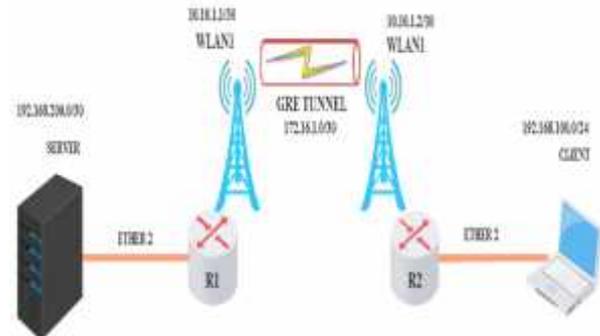
perbandingan kinerja Generic Routing Encapsulation (GRE) Tunnel dengan *Point to Point Protocol over Ethernet* (PPPoE) pada Mikrotik RouterOS terkait pengujian download data dengan parameter pengukurannya *Quality of Service* (QoS) fokus pada delay dan throughput.

2.2 Perangkat Lunak (Software)

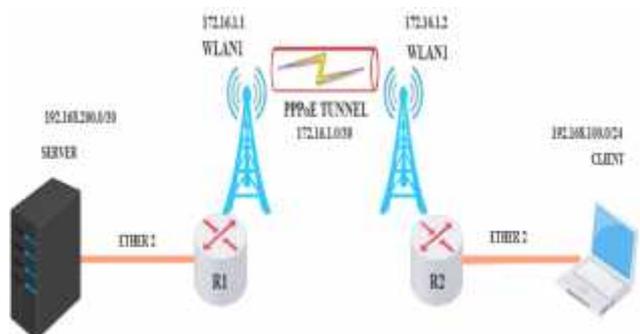
Perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung kelancaran penelitian adalah sebagai berikut : *Operating System* Windows 7 ultimate 32 bit, Wireshark v2.4.3, Xampp v3.2.2, WinBox v3.11, RouterOS v6.35, Microsoft Office 2010 dan Mozilla Firefox / Google Chrome.

2.3 Desain dan Perancangan

Untuk memenuhi kebutuhan pemakaian sistem maka dibutuhkanlah sebuah desain dan perancangan mengenai rancangan yang meliputi gambaran dan simulasi sistem yang akan dibuat. Untuk menggambarkan alur kerja sistem secara menyeluruh dapat di implementasikan melalui topologi jaringan dan contoh tabel pengujian



Gambar 1. Topologi Implementasi GRE Tunnel



Gambar 2. Topologi Implementasi PPPoE Tunnel

Tabel 3. Hasil Pengujian

NO	INDEX PENGUJIAN	EXT FILE	SIZE FILE	DELAY (s) | THROUGHPUT (MB/S)	
				GRE TUNNEL	PPPoE TUNNEL
1	1	RAR	...	...	...
		EXE	...	...	...
2	2	RAR	...	...	...
		EXE	...	...	...
3	3	RAR	...	...	...
		EXE	...	...	...

2. Pembahasan

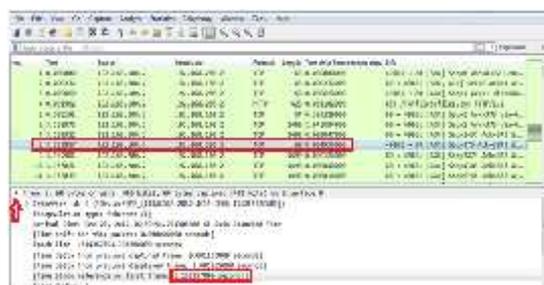
3.1 Analisa Quality Of Service (QOS)

Software yang digunakan untuk menganalisa QOS adalah *wireshark*. Dalam pengujian *client* melakukan *download* file berkekstensi *rar* dan *exe* pada *server dummies*. File tersebut tersimpan dalam berbagai ukuran mulai dari 100 MB, 300 MB, dan 500 MB. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, dijumlahkan lalu diambil nilai rata-rata. Rata-rata inilah yang akan menjadi hasil pengujian.

Metode Pengujian QOS

Setelah pengujian *download* dilakukan terhadap masing-masing tipe data maka didapat hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Parameter QOS yang dianalisa adalah *delay* dan *throughput*.

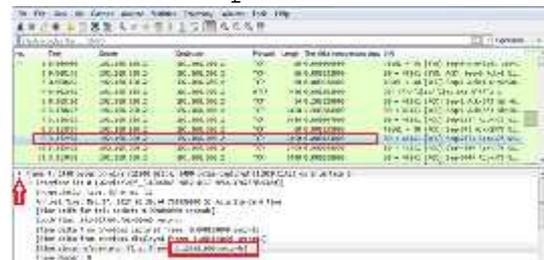
Pada gambar 3 merupakan proses *capture* menggunakan *wireshark*, terlihat *frame* nomor 8 mempunyai nilai “*time since reference or first frame*” sebesar 3.152857000 seconds. Nilai 3.152857000 second yang ditandai kotak merah(lihat gambar 3) adalah waktu dimana paket dikirimkan.



Gambar 3. Proses Capture Menggunakan Wireshark

Pada gambar 4 terlihat *frame* nomor 9 mempunyai nilai “*time since reference or first*

frame” sebesar 3.152981000 seconds. Nilai 3.152981000 second yang ditandai kotak merah(lihat gambar 4) adalah waktu dimana paket diterima.

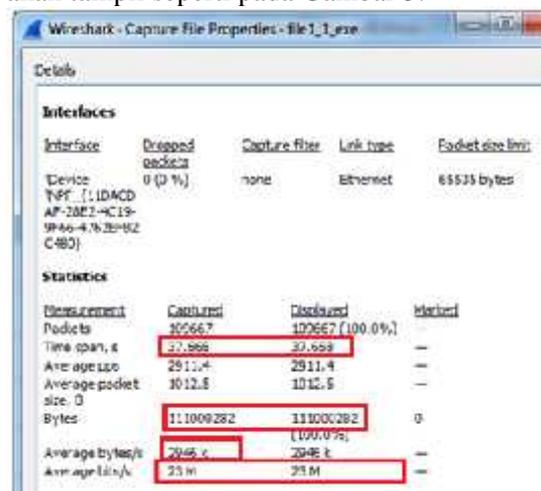


Gambar 4. Waktu Paket Diterima

Dari kedua nilai itu, dapat dihitung *delay*nya dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Delay} &= \text{Waktu diterima} - \text{Waktu dikirim} \\ &= 3.152981000 - 3.152857000 \\ &= 0.000124 \text{ second} \end{aligned}$$

Dalam memperoleh nilai *throughput* dari komunikasi yang terjadi adalah dengan memilih *menu statistics* yang diteruskan dengan memilih submenu *Capture File Properties* pada *wireshark*, maka selanjutnya akan tampil seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Throughput

Pada gambar 5 besar *throughput* yang diperoleh adalah sebesar 23 Mbits/s. Nilai *throughput* tersebut didapatkan dengan menggunakan rumus (3) sebesar 111000282 / 37.668 =2946kbyte/s .

Selanjutnya, nilai tersebut dikonversi ke satuan *Megabit* sehingga didapatkan hasil 23 *Mbit/s*. Sedangkan nilai *throughput* pada table dikonversi dalam satuan *Mega Byte per second* (MB/s). Hasil *throughput* dan *delay* tersebut kemudian diolah menggunakan *Microsoft*

Excel. Dari masing-masing pengujian dicari rata-rata kemudian disajikan dalam bentuk tabel serta dalam bentuk grafik.

Analisa Delay dan Throughput pada GRE Tunnel

Setelah pengujian GRE tunnel dilakukan maka didapat hasil seperti Tabel 4. hasil ini didapat dari hasil pengujian download data sebanyak 3 kali pengujian. Parameter QOS (*Quality of Service*) yang dilakukan pengujian adalah *delay* dan *throughput*.

Tabel 4 Rata-rata delay dan throughput GRE Tunnel

JENIS FILE	SIZE FILE	QOS	PENGUJIAN			RATA-RATA	
			1	2	3	Delay (s)	Throughput (MB/s)
EXE	100 MB	Delay	0.00126	0.001299	0.001407	0.00132	
		Throughput	2.375	2.125	2		2.167
EXE	300 MB	Delay	0.001332	0.001374	0.001508	0.00140	
		Throughput	2.125	1.625	2		1.917
EXE	500 MB	Delay	0.001037	0.001001	0.001004	0.00101	
		Throughput	2.125	2.125	2.25		2.167
RAR	100 MB	Delay	0.001324	0.001349	0.001304	0.00133	
		Throughput	2.25	2.125	1.875		2.083
RAR	300 MB	Delay	0.001392	0.001416	0.001483	0.00143	
		Throughput	1.75	2.125	1.875		1.917
RAR	500 MB	Delay	0.001021	0.001018	0.001011	0.00102	
		Throughput	2.125	2.125	2.875		2.375

Analisa Delay pada GRE Tunnel

Pada Tabel 5 menunjukkan hasil dari *delay* pada saat pengujian download data menggunakan GRE tunnel. Agar lebih jelas berikut hasil pengujian data pada GRE tunnel ditampilkan dalam bentuk tabel.

Tabel 5 Rata-rata delay GRE Tunnel

JENIS FILE	SIZE FILE	DELAY (s)
		GRE TUNNEL
EXE	100 MB	0.00132
EXE	300 MB	0.00140
EXE	500 MB	0.00101
RAR	100 MB	0.00133
RAR	300 MB	0.00143
RAR	500 MB	0.00102

Pada grafik *delay* GRE menggambarkan hasil dari pengujian download data menggunakan GRE tunnel terhadap parameter *Quality of Service* (QOS) yaitu *delay*. Hasil download data menggunakan GRE tunnel ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 5. Grafik Delay GRE Tunnel

Analisa Throughput pada GRE Tunnel

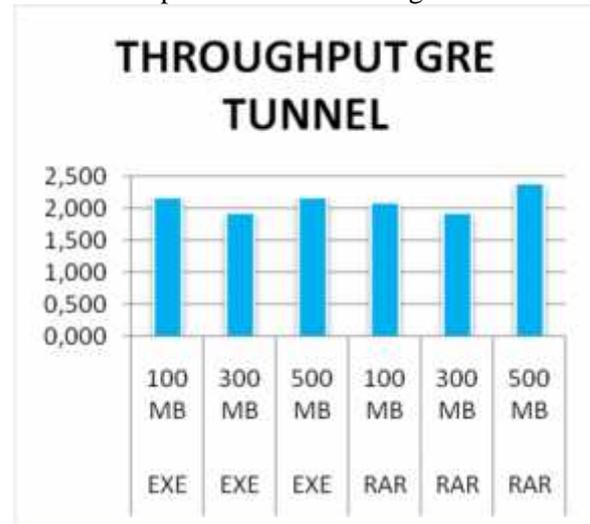
Tabel 5 menunjukkan hasil dari *throughput* pada saat pengujian download data menggunakan GRE tunnel. Agar lebih jelas berikut hasil pengujian data pada GRE tunnel ditampilkan dalam bentuk tabel.

Hasil download data menggunakan GRE tunnel ditampilkan dalam bentuk grafik.

Tabel 5 Rata-rata throughput GRE Tunnel

JENIS FILE	SIZE FILE	THROUGHPUT (MB/s)
		GRE TUNNEL
EXE	100 MB	2.167
EXE	300 MB	1.917
EXE	500 MB	2.167
RAR	100 MB	2.083
RAR	300 MB	1.917

Pada grafik *throughput* GRE menggambarkan hasil dari pengujian download data menggunakan GRE tunnel terhadap parameter *Quality of Service* (QoS) yaitu *throughput*.



Gambar 6. Grafik Throughput GRE Tunnel

Analisa Delay dan Throughput pada PPPoE Tunnel

Pada topologi PPPoE tunnel dilakukan hal yang sama seperti pada topologi GRE tunnel. Pengujian pada PPPoE tunnel dilakukan sebanyak 3 kali pengujian terhadap parameter QoS (*Quality of Service*) yaitu *delay* dan *throughput*. Hasil dari pengujian tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel. Berikut tabel 6 adalah hasil dari pengujian download data menggunakan PPPoE tunnel.

Tabel 6 Hasil Pengujian Download Data menggunakan PPPoE Tunnel

JENIS FILE	SIZE FILE	QoS	PENGUJIAN			RATA-RATA	
			1	2	3	Delay (s)	Throughput (MB/s)
EXE	100 MB	Delay	0.000968	0.000999	0.000985	0.00098	2.917
		Throughput	2.75	3	3		
EXE	300 MB	Delay	0.001003	0.000993	0.000991	0.00100	2.750
		Throughput	3	2.5	2.75		
EXE	500 MB	Delay	0.001097	0.001052	0.001007	0.00105	2.583
		Throughput	2.75	2.75	2.25		
RAR	100 MB	Delay	0.001	0.000962	0.000992	0.00098	3
		Throughput	2.875	3.125	3		
RAR	300 MB	Delay	0.000987	0.000992	0.000988	0.00099	2.708
		Throughput	2.75	2.375	3		
RAR	500 MB	Delay	0.001016	0.001026	0.001039	0.00103	2.542
		Throughput	2.25	3	2.375		

Analisa Delay pada PPPoE Tunnel

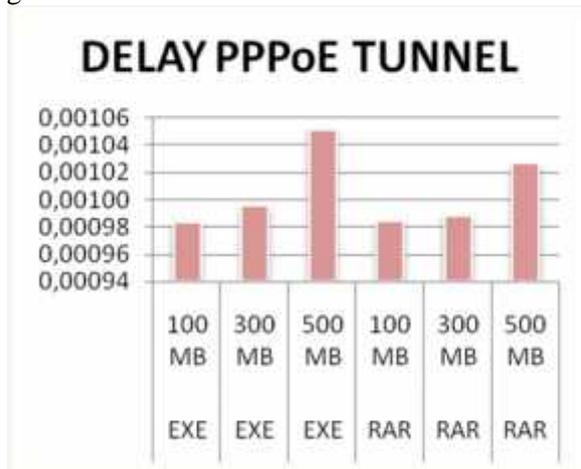
Tabel 7 menunjukkan hasil dari *delay* pada saat pengujian download data menggunakan PPPoE tunnel. Agar lebih jelas berikut hasil pengujian data pada PPPoE tunnel ditampilkan dalam bentuk tabel.

menggunakan PPPoE tunnel ditampilkan dalam bentuk grafik.

Tabel 7 Rata-rata delay PPPoE Tunnel

JENIS FILE	SIZE FILE	DELAY (s)
		PPPoE TUNNEL
EXE	100 MB	0.00098
EXE	300 MB	0.00100
EXE	500 MB	0.00105
RAR	100 MB	0.00098
RAR	300 MB	0.00099
RAR	500 MB	0.00103

Pada grafik *delay* PPPoE menggambarkan hasil dari pengujian download data menggunakan PPPoE tunnel terhadap parameter *Quality of Service (QoS)* yaitu *delay*. Hasil download data menggunakan PPPoE tunnel ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 7. Grafik Delay PPPoE Tunnel

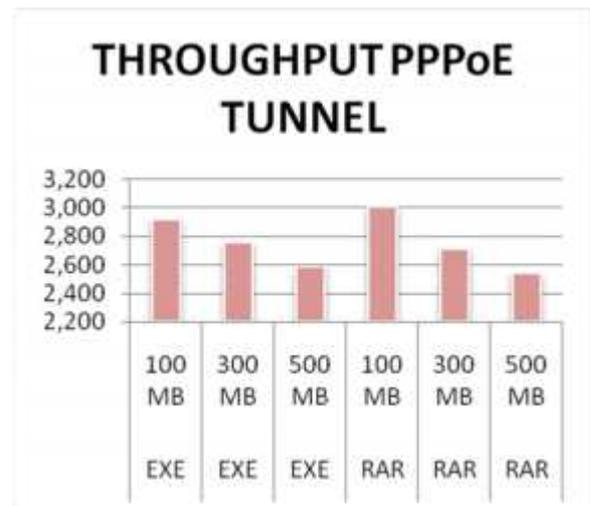
Analisa Throughput pada PPPoE Tunnel

Tabel 7 menunjukkan hasil dari *throughput* pada saat pengujian download data menggunakan PPPoE tunnel. Agar lebih jelas berikut hasil pengujian data pada PPPoE tunnel ditampilkan dalam bentuk tabel.

Pada grafik *throughput* PPPoE menggambarkan hasil dari pengujian download data menggunakan PPPoE tunnel terhadap parameter *Quality of Service (QoS)* yaitu *throughput*. Hasil download data

Tabel 8 Rata-rata throughput PPPoE tunnel

JENIS FILE	SIZE FILE	THROUGHPUT (MB/s)
		PPPoE TUNNEL
EXE	100 MB	2.917
EXE	300 MB	2.750
EXE	500 MB	2.583
RAR	100 MB	3
RAR	300 MB	2.708
RAR	500 MB	2.542



Gambar 8. Grafik Throughput PPPoE Tunnel

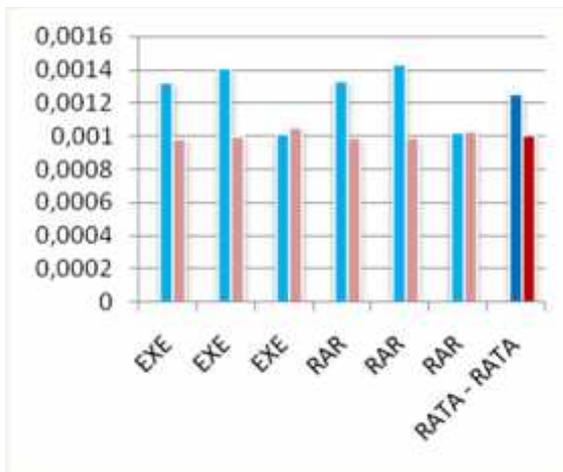
Perbandingan Delay GRE tunnel dengan PPPoE tunnel

Tabel 9 Perbedaan Rata-rata *delay* pada GRE dengan PPPoE

JENIS FILE	SIZE FILE	DELAY (s)	
		GRE TUNNEL	PPPoE TUNNEL
EXE	100 MB	0.00132	0.00098
EXE	300 MB	0.00140	0.00100
EXE	500 MB	0.00101	0.00105
RAR	100 MB	0.00133	0.00098
RAR	300 MB	0.00143	0.00099

RAR	500 MB	0.00102	0.00103
RATA - RATA		0.001252	0.001005

Pada tabel 9 terlihat besar rata-rata *delay* pada GRE tunnel sebesar 0.001252 *second* atau sama dengan 1.25 *ms* dan pada PPPoE tunnel adalah 0.001005 *second* atau sama dengan 1.01 *ms*, sehingga didapatkan perbedaan persentase sebesar 19.7 %. Dari hasil tersebut kita bisa mengetahui bahwa *delay* pada GRE tunnel lebih besar dibandingkan dengan *delay* pada PPPoE tunnel. Namun demikian nilai rata-rata *delay* dari kedua *tunnel* masih termasuk ke dalam kategori baik berdasarkan standar ITU-T.



Gambar 9. Perbandingan Delay GRE Tunnel dengan PPPoE Tunnel

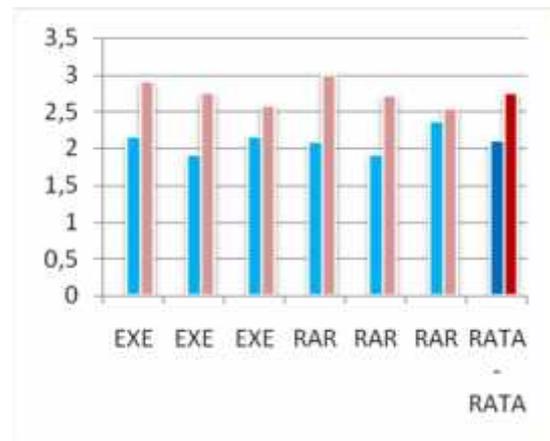
Perbandingan Throughput GRE Tunnel dengan PPPoE Tunnel

Pada tabel 10 terlihat bahwa perbedaan *throughput* pada GRE tunnel dengan PPPoE cukup besar dimana rata-rata *throughput* pada PPPoE tunnel sebesar 2.75 MB/s, sementara pada GRE tunnel sebesar 2.10 MB/s dan persentase perbedaannya adalah sebesar 23.4 %. Dari hasil tersebut kita bisa mengetahui bahwa *throughput* pada GRE tunnel lebih kecil dibandingkan dengan *throughput* pada PPPoE tunnel.

Tabel 10 Perbedaan Rata-rata *throughput* pada GRE dengan PPPoE

JENIS	SIZE	THROUGHPUT (MB/s)
-------	------	-------------------

FILE	FILE	GRE TUNNEL	PPPoE TUNNEL
EXE	100 MB	2.167	2.917
EXE	300 MB	1.917	2.750
EXE	500 MB	2.167	2.583
RAR	100 MB	2.083	3
RAR	300 MB	1.917	2.708
RAR	500 MB	2.375	2.542
RATA - RATA		2.1042	2.7500



Gambar 10. Grafik Perbandingan Throughput GRE Tunnel dengan PPPoE Tunnel

Dari grafik diatas *throughput* dapat dilihat bahwa perbedaan antara GRE tunnel dengan PPPoE tunnel cukup berbeda. Untuk *throughput* pada PPPoE, ukuran paket yang berbeda dan bervariasi berpengaruh terhadap *throughput* yang diterima.

3. Penutup Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian terhadap kinerja PPPoE tunnel dengan GRE tunnel, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

PPPoE tunnel lebih unggul dibandingkan dengan GRE tunnel terhadap parameter QOS khususnya *delay* dan *throughput*. Hal ini dibuktikan dari hasil pengujian bahwa *delay* PPPoE tunnel lebih kecil dibandingkan *delay* GRE tunnel, yaitu sebesar 0.001005 *second* pada PPPoE tunnel dan 0.001252 *second* pada GRE tunnel. Untuk *Throughput*, pada PPPoE sebesar 2.75 MB/s, sementara pada GRE

tunnel sebesar 2.10 MB/s. Hal tersebut dipengaruhi oleh terjadinya penambahan *header packet* pada GRE tunnel sebesar 24 *byte header* (4-byte gre header + 20-byte IP header).

Dengan adanya perbedaan yang mendasar dari masing-masing *layer* tunnel bekerja (PPPoE bekerja pada *layer* 2 sedangkan GRE tunnel bekerja pada *layer* 3), sehingga berpengaruh terhadap hasil pengujian, khususnya pada parameter *Quality Of Service* (QoS) *delay* dan *throughput*.

Saran

Pada penelitian Analisa *Quality of Service* (QoS) ini hanya menganalisa beberapa parameter QoS yaitu *Delay*, *Throughput*. Untuk jaringan yang digunakan dalam pengujian masih menggunakan jaringan *privat* atau jaringan lokal. Maka untuk itu disarankan untuk menambah parameter QoS yang lainnya seperti *jitter* dan *packet loss* dan lain-lain. Untuk pengujian jaringan selanjutnya, penambahan *routing protocol* disarankan menggunakan *dynamic routing* seperti OSPF, BGP, serta menggunakan jaringan *public* dan menggunakan internet.

Daftar Pustaka

- Asadi Eskandar, Aria, dkk (2015). Performance Analysis of VOIP over GRE Tunnel. *I. J. Computer Network and Information Security* (IJNIS).
- Baxter, James H. (2014). *Wireshark Essential*. Birmingham – Mumbai : Packet Publishing.
- D. Farrinacci, dkk. (2000). *RFC 2784 Generic Routing Encapsulation (GRE)*. Internet Engineering Task Force (IETF).
- Dani, Mohamad (2013). Modul Percobaan *Quality of Service* (QoS) (<http://zenhadi.lecturer.pens.ac.id/kuliah/Jarkom1/Prakt%20Modul%2014%20Analisa%20QoS.pdf>).
- Dani, Mohamad (2013). Modul Pengukuran *Quality of Service* (QoS) *Streaming Server* (<http://zenhadi.lecturer.pens.ac.id/kuliah/Jarkom2/Prakt9%20Pengukuran%20QoS%20Streaming%20Server.pdf>).
- L. Mamakos, dkk. (1999). *RFC 2516 A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)*. Internet Engineering Task Force (IETF).
- Putra, Rein Rachman, dkk (2015). Analisa QOS VPN PPPOE pada Jaringan Backbone Wireless MPLS. Bandung : Universitas Telkom. *e-Proceeding of Engineering* : Vol.2.
- Prawitasari, Winda Anggraini, dkk. (2011). *Implementasi Interkoneksi Jaringan IPv6 dan IPv6 Dengan Mekanisme Tunneling Mode GRE (Generic Routing Encapsulation)*. Bandung: Telkom University.
- Pratama, I Putu Agus Eka, (2014). *Handbook Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika Bandung.
- Sabatiningrum, Lisna Monica. (2016). Komparasi antara GRE Tunnel dengan EoIP Tunnel pada Kualitas VoIP (*Voice over Internet Protocol*) Berbasis Protokol SIP (*Session Initiation Protocol*).
- Sugeng, Winarno dan Theta Dinnarway Putri. (2015). *Jaringan Komputer dengan TCP/IP*. Bandung: Modula.
- Tanenbaum, Andrew S. (2011). *Computer Networks, Fifth Edition*. Boston: Prentice Hall.
- wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Interface/GRE
wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Interface/PPPoE