

ANALISA PENERAPAN KINERJA *FRAME RELAY* PADA PEMODELAN JARINGAN

Agam Murtio Putra*, Linna Oktaviana Sari**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

E-mail: agam.murtio@gmail.com

ABSTRACT

The development of the internet today has given us so many benefits for the user as well as for industries that use it as a communication medium that is cheap, effective, and efficient. With the development of Internet and various technologies that go with it then it is also directly proportional to the need for the use of the internet is more reliable and reasonable. In the use of the internet there are several technologies that can be used, one of which is Frame Relay. Frame Relay network is a network share (shared services) by utilizing the Permanent Virtual Circuit (PVC) so as to ensure minimum access level CIR (Committed Information Rate) specific. Frame Relay is designed to reduce the processing on each node by reducing the format and procedures used. In this research, frame relay network modeling and analysis of network performance using software GNS3, frame relay network performance will be determined by the parameters of delay, throughput and packet loss. With this study will be obtained performance of some frame relay network model that can be used as a reference in designing the new network.

Keywords: network, frame relay, gns3

1. PENDAHULUAN

Perkembangan internet dewasa ini telah memberikan begitu banyak manfaat bagi kita selaku pengguna maupun bagi industri-industri yang memanfaatkannya sebagai media komunikasi yang murah, efektif, dan efisien. Dengan semakin berkembangnya internet dan berbagai teknologi yang mengiringinya maka hal itu berbanding lurus juga dengan kebutuhan akan pemakaian internet yang lebih *reliable* dan *reasonable*. *Reliable* dari segi pengoperasian dan kemanfaatannya serta *reasonable* dari segi biaya atau investasi yang harus dikeluarkan.

Dalam pemanfaatan internet tersebut ada beberapa teknologi yang bisa digunakan, salah satunya adalah *Frame Relay*. Jaringan *Frame Relay* adalah jaringan berbagi pakai

(*shared service*) dengan memanfaatkan *Permanen Virtual Circuit* (PVC) sehingga dapat menjamin tingkat akses minimum CIR (*Committed Information Rate*) tertentu. *Frame Relay* dirancang untuk mengurangi pemrosesan pada setiap node dengan cara meminimalisasi format dan prosedur yang digunakan.

Jaringan *Frame Relay* juga dapat menyederhanakan konfigurasi jaringan serta menurunkan *delay time* untuk mendukung proses bisnis. Selain itu dalam aplikasinya jaringan *Frame Relay* memberikan jawaban terhadap kebutuhan kapasitas komunikasi (*bandwidth*) yang tinggi (Yuli Kurnia Ningsih, 2005).

Berdasarkan hal tersebut maka pada pembuatan skripsi ini akan dilakukan sebuah

Analisa Penerapan Kinerja *Frame Relay* pada Pemodelan Jaringan. Untuk analisa tersebut, digunakan perangkat lunak GNS3 dan *Wireshark*.

2. METODE

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan analisa kinerja penerapan *frame relay* dilakukan di Perpustakaan dan Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro UR. Penelitian ini dilakukan pada Juni 2016 sampai dengan Januari 2016.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Study Literatur

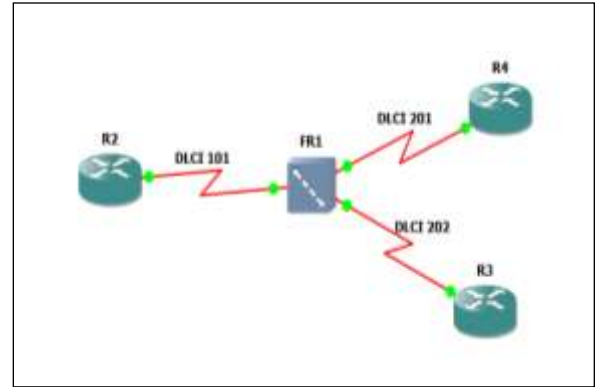
Study literatur akan dilakukan dengan beberapa metode diantaranya :

1. Melakukan pembelajaran di perpustakaan dengan membaca beberapa buku yang berkaitan dengan judul penelitian dan mempelajari beberapa skripsi yang berhubungan dengan judul penelitian.
2. Mencari informasi yang dibutuhkan melalui website dan jurnal-jurnal terkait untuk menguatkan teori yang telah dipelajari sebelumnya.

2.2.2 Melakukan Pemodelan Jaringan yang Sederhana

Dalam suatu penelitian sebaiknya dilakukan dulu perancangan awal sebagai uji coba sekaligus untuk mendapatkan hasil analisa sementara dari model jaringan yang akan dirancang. Berdasarkan hal tersebut maka dalam penelitian ini telah dilakukan terlebih dahulu permodelan jaringan yang sederhana berbasis *frame relay*.

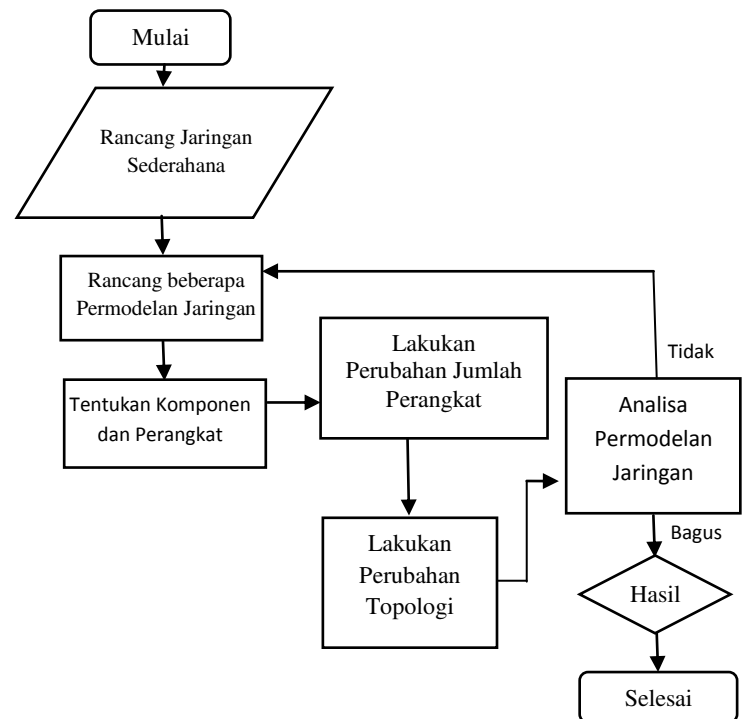
Melakukan permodelan jaringan sederhana berbasis *frame relay* yaitu membuat sebuah model jaringan dasar yang akan menampilkan konsep dan cara kerja jaringan berbasis *frame relay*. Pada gambar 1 bisa dilihat sebuah model jaringan sederhana yang telah dibuat dengan perangkat lunak GNS3.



Gambar 1. Model Sederhana Jaringan *Frame relay*

2.3 Prosedur Permodelan Jaringan yang Dianalisa

Setelah mendapat gambaran permodelan jaringan yang dibuat, selanjutnya akan dilakukan perancangan jaringan dengan menggunakan perangkat lunak GNS3. Berikut adalah beberapa tahapan dari penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 2. Flowchart Analisa Kinerja Pemodelan Jaringan *Frame Relay*

2.3.1 Perangkat dan Komponen yang Digunakan

Perangkat dan komponen yang digunakan adalah switch *frame relay*, router, switch ethernet, dan pc.

2.4 Permodelan menggunakan perangkat lunak GNS3

Dalam perancangan menggunakan perangkat lunak GNS3, akan dibuat beberapa model jaringan yang berbasis *frame relay* untuk melihat kinerja dari jaringan tersebut. Jaringan yang dibuat akan dikonfigurasi sesuai dengan bentuk penerapan sesungguhnya sehingga hasil simulasi dapat menjadi patokan kinerja apabila dilakukan penerapan jaringan *frame relay*. Setelah dibuat beberapa permodelan jaringan *frame relay*, jaringan tersebut akan dibandingkan dengan jaringan tanpa *frame relay*.

Ada beberapa perubahan yang akan dilakukan dalam menganalisa permodelan jaringan yang dibuat, diantaranya adalah :

1) Permodelan Jaringan *Frame relay* Dengan 2 Router dan *Switch Frame relay*.

- Jaringan *frame relay* 2 router dan switch *frame relay* dengan jaringan LAN bertopologi BUS.

- Jaringan *frame relay* 2 router dan switch *frame relay* dengan jaringan LAN bertopologi STAR.

- Jaringan *frame relay* 2 router dan switch *frame relay* dengan jaringan topologi RING.

2) Permodelan jaringan *frame relay* dengan 3 router dan *switch frame relay*

- Jaringan *frame relay* 3 router dan switch *frame relay* dengan jaringan topologi Bus. .

- Jaringan *frame relay* 3 router dan switch *frame relay* dengan jaringan topologi Star

- Jaringan *frame relay* 3 router dan switch *frame relay* dengan jaringan topologi ring.

3) Permodelan jaringan *frame relay* dengan 4 router dan *switch frame relay*

- Jaringan *frame relay* 4 router dan switch *frame relay* dengan jaringan LAN topologi Bus.

- Jaringan *frame relay* 4 router dan switch *frame relay* dengan jaringan LAN topologi Star.

- Jaringan *frame relay* 4 router dan switch *frame relay* dengan jaringan LAN topologi Ring.

4) Permodelan jaringan tanpa *switch frame relay* dengan 2 router

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 2 router dengan jaringan LAN topologi bus.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 2 router dengan jaringan LAN topologi star.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 2 router dengan jaringan LAN topologi ring.

5) Permodelan jaringan tanpa *switch frame relay* dengan 3 router.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 3 router dengan jaringan LAN topologi bus.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 3 router dengan jaringan LAN topologi star.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 3 router dengan jaringan LAN topologi ring.

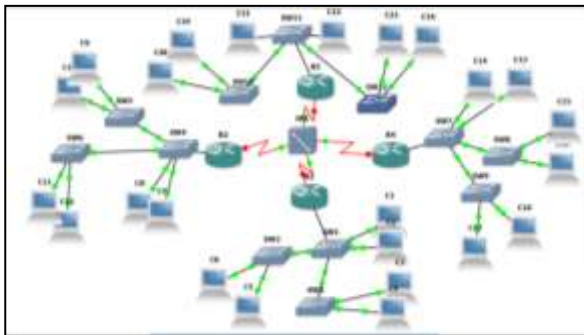
6) Permodelan jaringan *frame relay* dengan 4 router dan *switch frame relay*

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 4 router dengan jaringan LAN topologi bus.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 4 router dengan jaringan LAN topologi star.

- Jaringan tanpa *switch frame relay* 4 route dengan jaringan LAN topologi ring.

Berikut adalah salah satu gambar dari permodelan yang dibuat dengan perangkat lunak GNS3.



Gambar 3. Jaringan frame relay 4 router dengan LAN topologi star

2.5 Parameter QoS

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan bandwidth, mengatasi jitter dan delay. Parameter QoS adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, MOS, echo cancellation dan PDD. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan (Politeknik Telkom, 2012).

Pada perancangan jaringan *frame relay* ini nilai ukur yang akan dijadikan patokan untuk kinerja jaringan adalah sebagai berikut :

1. Throughput

Throughput adalah *bandwidth* sebenarnya (aktual) yang diukur dengan satuan waktu tertentu yang digunakan untuk melakukan *transfer* data dengan ukuran tertentu. Waktu *download* terbaik adalah ukuran *file* di bagi dengan *bandwidth*. Sedangkan waktu aktual atau sebenarnya adalah ukuran *file* di bagi dengan *throughput*. Untuk menghitung *throughput* dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Packet receiver ukuran packet}}{\text{Total waktu pengiriman}} \text{ bps} \quad (1)$$

2. Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal hingga ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi

oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Untuk menghitung *delay* rata – rata dapat dilihat pada persamaan 2.

$$\text{Delay rata – rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots (2)$$

Tabel 1. Performansi kinerja jaringan berdasarkan *delay* (European Telecommunication Standards Institute, 1999)

Kategori Latensi	Besar Delay
Sangat Bagus	< 150 ms
Bagus	150 s/d 300 ms
Sedang	300 s/d 450 ms
Jelek	> 450 ms

3. Packet Loss

Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, hal ini dapat terjadi karena beberapa kemungkinan antara lain terjadinya *overload* di dalam suatu jaringan, tabrakan (*congestion*) dalam jaringan, *error* yang terjadi pada media fisik, kegagalan yang terjadi pada sisi penerima antara lain bisa disebabkan karena *router buffer over flow* atau kemacetan. Untuk menghitung *packet loss* dapat dihitung dengan persamaan 3.

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Paket data dikirim} - \text{paket data diterima}}{\text{Paket data dikirim}} \times 100\% \quad (3)$$

Di dalam implementasi jaringan, nilai *packet loss* ini diharapkan mempunyai nilai yang minimum. Secara umum terdapat empat kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai *packet loss* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) yaitu seperti tampak pada tabel berikut.

Tabel 2. Performansi kinerja jaringan berdasarkan *packet loss* (European Telecommunication Standards Institute, 1999)

Kategori Degredasi	Packet Loss
Sangat Bagus	0
Bagus	3 %
Sedang	15 %
Jelek	25 %

3. Hasil dan Analisa

3.1 Analisa QoS pada jaringan frame relay

Untuk menghitung QoS menggunakan perangkat lunak GNS3 diperlukan perangkat lunak tambahan untuk mendapat hasil dari beberapa parameter yang diinginkan, perangkat lunak tersebut adalah perangkat lunak wireshark.

3.1.1 Delay

Nilai delay akan didapat setelah melakukan capture menggunakan perangkat lunak wireshark, setelah itu hasil capture dimasukkan kedalam persamaan 2. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan delay menggunakan persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 \text{Delay rata - rata} &= \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \\
 &= 168.450 / 40 \\
 &= 4.211 \text{ ms} = 0.421 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil delay pada jaringan frame relay itu sendiri diambil patokan dari hasil delay permodelan jaringan frame relay 4 router dengan topologi star.

Tabel 3. Hasil pengukuran delay jaringan frame relay

Link yang diukur	Delay(s)		
	40	80	120
R1-Switch FR	0.421	0.428	0.432
R2-Switch FR	0.412	0.417	0.422
R3-Switch FR	0.428	0.431	0.440
R4-Switch FR	0.430	0.435	0.441
Rata-rata	0.422	0.427	0.433

Setelah melihat hasil delay dari permodelan jaringan frame relay didapatkan nilai rata-rata delay tertinggi sebesar 0.433 s, jika nilai delay tersebut dibandingkan dengan standar delay pada tabel 1 maka hasil delay yang didapat dari permodelan jaringan frame relay telah mencapai kategori yang ditentukan dan nilai delay tersebut berada didalam kategori sedang dalam pengukuran software. Pengukuran dengan software memang selalu mendapatkan nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan jaringan rill, sehingga dapat dikatakan jaringan frame relay merupakan jaringan yang cukup handal untuk digunakan dalam perancangan sebuah jaringan.

3.1.2 Troughput

Seperti halnya menghitung delay hasil troughput jaringan juga didapat dari hasil capture menggunakan perangkat lunak wireshark kemudian dihitung kembali menggunakan persamaan 1. Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Troughput} &= \frac{\text{Packet receiver ukuran packet}}{\text{Total waktu pengiriman}} \text{ bps} \\
 &= 5.628 / 160.824 \\
 &= 0.035 \text{ bps}
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung seluruh hasil troughput permodelan jaringan yang dibuat, seluruh hasil tersebut dimasukkan kedalam sebuah tabel, pada tabel 4 merupakan hasil troughput jaringan frame relay yang modelkan dengan perangkat GNS3.

Tabel 4. Hasil troughput dari jaringan frame relay

Link yang diukur	Troughput (bps)		
	40	80	120
R1-Switch FR	0.035	0.009	0.006
R2-Switch FR	0.034	0.008	0.006
R3-Switch FR	0.041	0.010	0.007
R4-Switch FR	0.050	0.011	0.008
Rata-rata	0.040	0.037	0.0067

3.1.3 Packet loss

Untuk menghitung nilai packet loss digunakan capture dari nilai packet yang terdapat pada perangkat lunak GNS3 itu sendiri, pada saat mengaktifkan atau melakukan start seluruh perangkat pada perangkat lunak GNS3, secara otomatis perangkat yang aktif akan melakukan pengiriman dan penerimaan data secara bersamaan, pada saat itu dapat dilihat jumlah packet yang dikirim dan diterima oleh perangkat jaringan yang digunakan pada perangkat lunak GNS3. Setelah mendapat hasil *capture* tersebut nilai *packet loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3, berikut merupakan salah satu contoh perhitungan packet loss dengan persamaan 3.

$$\begin{aligned} \text{Packet loss} &= \frac{\text{Paket data dikirim} - \text{paket data diterima}}{\text{Paket data dikirim}} \times 100\% \\ &= (40 - 400 / 0) \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Tabel 5. Packet loss jaringan frame relay

Link yang diukur	Nilai Packet loss
R1-Switch FR	0 %
R2-Switch FR	0 %
R3-Switch FR	0 %
R4-Switch FR	0 %

Pada tabel 5 bisa dilihat nilai packet loss dari pengukuran yang dilakukan pada beberapa link jaringan frame relay menunjukkan nilai 0% dan berada didalam kategori sempurna, hal itu disebabkan kabel yang digunakan pada permodelan menggunakan perangkat GNS3 adalah kabel serial dan kabel serial tersebut merupakan kabel yang tidak memiliki nilai loss, sehingga menyebabkan hasil pengukuran packet loss mendapatkan nilai 0.

3.2 Analisa pengaruh penambahan perangkat

Setelah dilakukan pengukuran kinerja terhadap permodelan jaringan yang dibuat dengan perangkat lunak GNS3, didapatkan perbandingan terhadap nilai delay, troughput dan packet loss jaringan dengan jumlah perangkat yang berbeda. Pada table 6 merupakan perbandingan QoS jaringan frame relay setelah dilakukan dengan jumlah perangkat yang berbeda.

Tabel 6. Kinerja jaringan frame relay dengan jumlah perangkat berbeda

Jumlah perangkat	Delay link R1 - FR switch
2 router	0.420
3 router	0.432
4 router	0.437

Pada tabel 6 dapat dilihat terjadi sedikit perubahan pada beberapa parameter yang QoS jaringan tersebut, perubahan nilai yang terjadi salah satunya pada nilai delay yaitu berubah dari 0.420 s pada jaringan frame relay 2 router, menjadi 0.432 s pada jaringan frame relay 3 router, dan 0.437 s pada jaringan frame relay 4 router.

Dari selisih nilai QoS yang didapatkan bisa dikatakan bahwa penambahan jumlah perangkat pada sebuah jaringan frame relay skala kecil tidak akan berpengaruh pada kinerja jaringan frame relay tersebut. Karna hanya terjadi sedikit perubahan dari nilai QoS yang didapat pada jaringan dengan jumlah perangkat yang lebih sedikit.

3.3 Analisa pengaruh perubahan topologi

Setelah dibahas pengaruh dari penambahan jumlah perangkat selanjutnya akan dianalisa pengaruh dari perubahan topologi LAN yang dihubungkan dengan jaringan frame relay. Pada tabel 7 merupakan perbandingan delay dan

troughput jaringan frame relay 4 router dengan topologi yang berdeda.

Tabel 7. Perbandingan nilai delay dan troughput link R2-switch FR pada jaringan frame relay dengan topologi LAN yang berbeda-beda

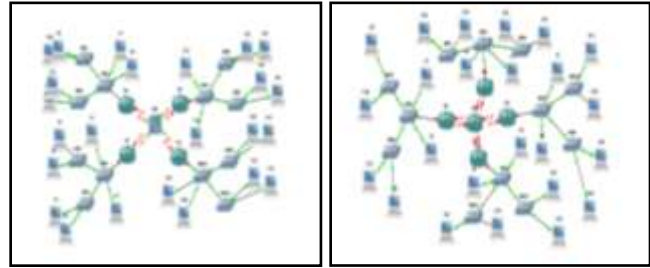
Topologi	Delay (s)			Rata – rata
	40	80	120	
Star	0.421	0.428	0.434	0.427
Ring	0.426	0.433	0.439	0.432
Bus	0.424	0.431	0.438	0.431

Pada tabel 7 dapat dilihat perubahan yang terjadi pada nilai delay dan jaringan frame relay yang dirubah topologinya, setelah dianalisa topologi LAN dengan nilai delay terbaik adalah topologi star, karena pada topologi star seluruh jaringan data dapat terdistribusi dengan baik dan dikelola oleh 1 switch saja, sedangkan pada jaringan frame relay dengan LAN topologi bus data yang dikirirkan harus didistribusikan sebanyak 2 kali. Berbeda dengan topologi ring, dengan topologi ring sebenarnya jalur distribusi dapat dipilih namun secara default jaringann data pada jaringan frame relay topologi ring hanya akan berjalan satu arah sehingga butuh jarak dan putaran untuk mendistribusikannya ke switch terakhir.

Hal itu lah yang menyebabkan topoloogi star menjadi topologi dengan nilai delay terbaik pada permodelan jaringan frame relay ini.

3.4 Perbandingan jaringan frame relay dengan jaringan non frame relay

Untuk melihat kinerja dari jaringan frame relay itu sendiri perlu dilakukan perbandingan dengan permodelan jaringan tanpa menggunakan switch frame relay. Perbandingan diakukan untuk mencari permodelan dengan QoS terbaik yang bisa didapatkan pada jaringan yang dimodelkan tersebut. Sebelum melihat perbandingan QoS dari jaringan frame relay dan jaringan non frame relay bisa dilihat terlebih dahulu gambar dari permodelan jaringan frame relay dan jaringan non frame relay pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan permodelan jaringan frame relay dan non frame relay

Pada kedua gambar tersebut tidak terjadi perbedaan pada topologi dan jumlah perangkat yang digunakan, hanya saja ada perbedaan perangkat yaitu switc *frame relay* dan router. Setelah melihat perbandingan bentuk dari 2 pemodelan tersebut berikutnya akan dilihat perbedaan QoS dan pengaruh dari dilakukannya pergantian perangkat dari switch frame relay menjadi router, berikut adalah tabel perbandingan QoS jaringan frame relay dan non frame relay.

Tabel 8. Perbandingan kinerja jaringan frame relay dan non frame relay

Link	Jumlah Data	Delay		Throughput	
		FR	Non FR	FR	Non FR
R1	40	0.421	0.380	0.035	0.103
	80	0.428	0.383	0.009	0.050
	120	0.434	0.390	0.006	0.032
R2	40	0.412	0.376	0.034	0.099
	80	0.417	0.380	0.008	0.049
	120	0.422	0.390	0.006	0.032
R3	40	0.428	0.377	0.041	0.097
	80	0.431	0.387	0.010	0.046
	120	0.440	0.396	0.007	0.034
R4	40	0.430	0.389	0.041	0.081
	80	0.435	0.394	0.011	0.045
	120	0.441	0.401	0.008	0.030

Dari hasil yang terdapat pada tabel 8, dapat dilihat bahwa delay pada jaringan non frame relay sedikit lebih unggul jika dibandingkan dengan jaringan frame relay, hal ini disebabkan perangkat router lebih unggul dalam segi kecepatan dibanding perangkat switch, namun dari segi biaya, konfigurasi, dan instalasi jaringan frame relay memiliki keunggulan dibandingkan jaringan non frame relay hal tersebut lah yang

menyebabkan jaringan frame relay masih sering digunakan hingga sekarang.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa hasil pemodelan dengan perangkat lunak GNS3, ada beberapa kesimpulan yang bisa diambil analisa kinerja jaringan frame relay diantaranya :

- a. Jaringan frame relay sudah memenuhi standart QoS untuk diterapkan pada jaringan rill.
- b. Dengan jaringan frame relay konfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan lebih sederhana, dan tentu saja dengan biaya yang lebih rendah.
- c. Perubahan jumlah perangkat pada jaringan frame relay tidak menyebabkan kinerja jaringan frame relay menurun.
- d. Perubahan topologi yang dilakukan pada pemodelan jaringan frame relay tidak menyebabkan perubahan kinerja yang signifikan pada kinerja jaringan frame relay tersebut.
- e. Delay jaringan non *frame relay* lebih baik 1.11 % daripada jaringan *frame relay*.

4.2 Saran

Saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya yang berhubungan dengan judul skripsi ini adalah :

- a. Analisa lebih lanjut kelebihan dan kekurangan jaringan frame relay secara rill.
- b. Analisa performa jaringan yang dirancang secara rill.
- c. Analisa penggunaan jaringan frame relay pada jaringan berskala besar.
- d. Gunakan perangkat lunak yang lebih kompleks dan memiliki hasil yang lebih terperinci dalam melakukan perancangan jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Black, Ulyess(1994). *Frame Relay Networks – Specification and Implementation, 2nd Edition*. New York: McGraw Hill
- Dewannanta, Dida(2007). Mengenal *Software Simulator Jaringan Komputer GNS3*, <http://www.ilmukomputer.com>, diakses pada 25 oktober 2015.
- Dian Adi Sanjaya, Irfan Darmawan , Nur Widiyasono. Analisis Simulasi Perbandingan Teknologi MPLS dan Frame Relay pada Layanan VPN. *Jurnal Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.*
- European Telecommunication Standards Institute* (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS). Technical Report TR 101 329 v 2.1.1 (1999-06)*. Valbonne, France.
- Osfari A(2006). Membangun Jaringan Komunikasi Data Dengan Frame Relay. *Jurnal Jurusan Teknik Informatika , Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.*
- Parwis, Ahmad(2010). Simulasi Koomunikasi Jaringan Data Dengan Frame Relay Menggunakan Packet Tracert. *Jurnal Jurusan Sistem Informasi Universitas Gunadarma.*
- Prihanto, Harry(2003). Membangun Jaringan Komputer: Mengenal Hardware Dan Topologi Jaringan, <http://www.ilmukomputer.com>, diakses pada 17 Mei 2015.
- Sofana, Iwan(2010). *Cisco CCNA dan Jaringan Komputer*. Bandung :Informatika.
- Stalling, William(1998). *High Speed Networks – TCP/IP and ATM Design Principles Englewood Cliff*. New Jersey: Prentice Hall.
- Suwardi, Rochim(2002). *Frame Relay : Suatu Alternatif Jaringan Interkoneksi*

LAN Berkecepatan Tinggi. Jurnal Meditek.

Syafrizal, Melwin(2005). Pengantar Jaringan Komputer. ANDI: Yogyakarta.

Wibowo Agung, Hidayatulloh Taufik. Analisa dan Perancangan Wide Area Network Berbasis Frame Relay Pada PT. BPR SEMESTA MEGADANA SUKABUMI. Jurnal Seminar Nasional Informasi dan Tren 2014.

Wi'I Setiyadi, R. Rumani, dan Solekan(2002). Analisa Perbandingan QoS Layanan Ethernet, Frame Relay, dan ATM melalui MPLS pada Jaringan Backbone. Jurnal Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom.

Yuli Kurnia Ningsih, Indra Surjati dan Alfian Noor Faiq. Analisis Performansi Jaringan *Frame Relay Virtual Private Network*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Trisakti.