

Manajemen Quality of Service pada Jaringan *Software Defined Network* Menggunakan *OpenDaylight Controller*

Abdur Rozaq¹, I Made Suartana²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika/Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

¹abdur.17051204078@mhs.unesa.ac.id

²imadesuartana.unesa.ac.id

Abstrak— Kamajuan teknologi jaringan berkembang sangat pesat. Hal ini mengakibatkan tingkat konfigurasi pada jaringan semakin rumit, sehingga jaringan menjadi tidak fleksibel dan susah diatur. *Software Defined Network* (SDN) merupakan jaringan yang cukup fleksibel dan dapat dengan mudah untuk diatur. Jaringan SDN ini dapat mengatur dan mengelola sampai ribuan perangkat jaringan melalui pusat manajemen, pengoptimalan pada komponen jaringan meliputi pengoptimalan *bandwidth*, *load balancing*, *traffic engineering* yang bersangkutan dengan *programmability* dan *scalability*. *Quality of Service* (QoS) adalah suatu kemampuan dalam menyediakan layanan lalu lintas jaringan yang berbeda dengan kelas yang berbeda pula untuk menyediakan sebuah layanan jaringan agar menjadi lebih baik dan dapat terencana dengan *jitter* dan *bandwidth* yang khusus, serta kemampuan untuk kehilangan sebuah latensi yang dapat terkontrol. Dalam beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem yang telah dibangun dapat berhasil menjalankan manajemen QoS secara baik pada jaringan dan kualitas jaringan dapat meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan dari jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS menggunakan *controller* *OpenDaylight*. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS lebih baik dibandingkan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS baik dalam pengujian yang menggunakan *background traffic* maupun tidak.

Kata Kunci— *Software Dified Network(SDN)*, *Quality of Service(QoS)*, *OpenDaylight*, *Mininet*, *Wireshark*.

I. PENDAHULUAN

Kamajuan teknologi jaringan berkembang sangat pesat. Hal ini menyebabkan tingkat konfigurasi pada jaringan menjadi semakin rumit, sehingga jaringan tersebut menjadi tidak fleksibel dan susah untuk diatur. Oleh karena itu tidak jarang gangguan pada performa jaringan semakin hari menjadi semakin tidak stabil. Jaringan yang ada pada saat ini cenderung rumit, hal ini disebabkan setiap perangkat harus tertanam sebuah konfigurasi (*control plane*) dan data (*forwarding plane*) yang berbeda-beda. Karena konfigurasi pada perangkat berbeda-beda, maka pada setiap perangkat harus dilakukan konfigurasi. Jika hal tersebut dilakukan secara terus menerus dalam skala yang besar hal itu dapat mempengaruhi konfigurasi, dan itu menyebabkan konfigurasi menjadi tidak efektif untuk dilakukan. Dalam perkembangannya jaringan saat ini sudah mengalami kemajuan yang signifikan. Salah satunya yaitu perkembangan pada peningkatan mekanisme dan manajemen jaringan menggunakan konsep SDN. Dari banyaknya penggunaan SDN masih terdapat permasalahan terkait kinerja dari SDN itu

sendiri, terutama pada aplikasi yang bersifat delay sensitif seperti multimedia atau streaming.

Software Defined Network (SDN) merupakan pendekatan baru yang dapat merancang, membangun, serta mengelola jaringan dengan memisahkan *control plane* dan *forwarding plane* untuk dapat mengoptimalkan jaringan menjadi lebih baik [1]. Jaringan SDN memiliki konsep dasar yaitu melakukan suatu pemisahan secara eksplisit antara *forwarding plane* dengan *control*, kemudian pada komponen atau sub sistem dilakukan abstraksi sistem dan meng-isolasi kompleksitas yang ada dengan mendefinisikan antar muka (*interface*) yang standard. *Software Defined Network* (SDN) ini dapat mengatur serta mengelola ribuan perangkat jaringan melalui manajemen pusat, pengoptimalan pada komponen jaringan meliputi pengoptimalan *bandwidth*, *load balancing*, *traffic engineering* yang bersangkutan dengan *programmability* dan *scalability*. *Quality of Service* (QoS) adalah suatu metode untuk mengukur baik buruknya layanan jaringan dan sebuah usaha untuk mendefinisikan sebuah karakteristik dan sifat dari suatu *service*. QoS digunakan untuk mengukur sebuah kumpulan atribut kinerja yang sudah diasosiasikan dan dispesifikasikan dengan sebuah *service* [2]. Dalam hal ini memerlukan adanya *Quality of Service* (QoS) untuk menilai sebuah kinerja dari suatu layanan. Agar pengguna dapat menentukan tingkat kepuasan pada suatu layanan terdapat beberapa parameter yang dapat dijadikan acuan untuk QoS diantaranya yaitu *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*.

Beberapa penelitian yang terdahulu sudah dilakukan untuk dapat menyelesaikan permasalahan dari QoS pada jaringan komputer. Pada penelitian sebelumnya yang memanfaatkan kelebihan yang terdapat pada jaringan SDN untuk mengimplementasikan QoS menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* yang dihubungkan dengan *API* pada jaringan kampus, dan diharapkan dapat menjamin ketersediaan *bandwidth* dan dapat meningkatkan kualitas jaringan tersebut[3]. Dari penelitian tersebut menunjukkan sistem yang telah dibangun dapat melakukan limitasi *bandwidth* secara baik dan kualitas jaringan dapat meningkat dengan adanya jaminan *bandwidth* pada setiap *service* dalam setiap kondisi jaringan.

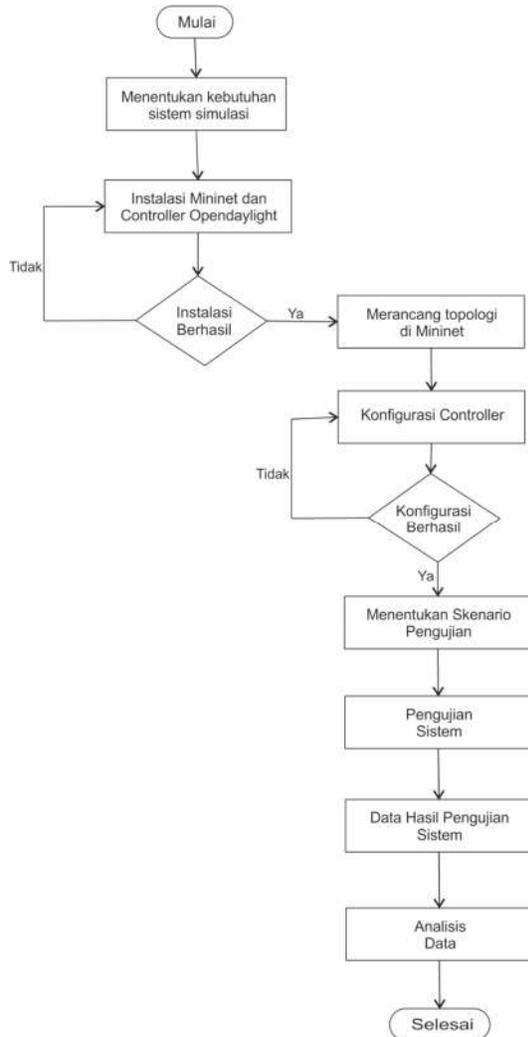
Pada penelitian ini penulis ingin menganalisis perbandingan pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Untuk mengetahui kemampuan dari jaringan SDN, pada simulasi akan menggunakan *mininet* sebagai *emulator* dan *OpenDaylight* sebagai *controller*. Pengujian dilakukan dengan

menjalankan aplikasi yang bersifat *delay* sensitif seperti *conference* atau media *streaming*. Pada penelitian dilakukan pengujian performa dengan *wireshark* meliputi parameter *delay*, *throughput*, *jitter* dan *packet loss*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Alur tahapan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gbr.1

A. Rancangan Penelitian



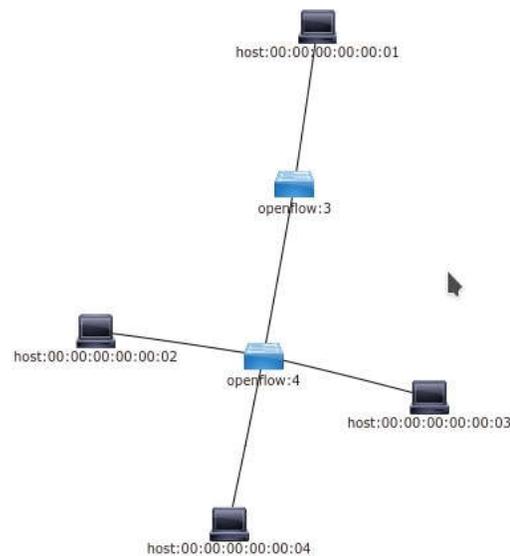
Gbr. 1 Rincian Alur Penelitian

Pada Gbr. 1 merupakan rincian alur penelitian manajemen QoS pada jaringan SDN menggunakan *Opendaylight controller*. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan kebutuhan sistem simulasi yang merupakan studi literatur. Studi literatur dilaksanakan untuk mengumpulkan serta mempelajari informasi dari jurnal, buku ataupun sumber referensi lainnya mengenai jaringan SDN, *Quality of Service* (QoS), *Opendaylight controller*, dan *mininet*. Kemudian

identifikasi masalah dan pemilihan studi kasus guna perbandingan mengetahui kualitas layanan pada jaringan *Software Defined Network* (SDN) saat menggunakan QoS manajemen dan saat tidak menggunakan QoS manajemen. Di tahap perancangan sistem pada penelitian ini meliputi perancangan topologi pada *emulator* *mininet* yang menggunakan skema topologi jaringan broadcast. Kemudian setelah itu melakukan konfigurasi pada *controller*. Setelah itu menentukan skenario pengujian dan pengujian sistem, pada tahapan ini dilakukan uji perbandingan performa dari jaringan *Software Defined Network* yang menggunakan manajemen QoS dan tidak menggunakan QoS. yang mana pada saat pengujian jaringan digunakan untuk menjalankan aplikasi *streaming video*. Pada uji perbandingan ini parameter yang digunakan adalah *Delay*, *Throughput*, *Packet Loss*, dan *Jitter*. Dari hasil pengujian, data yang telah didapat digunakan untuk menarik sebuah kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan dan pemberian saran yang dibutuhkan untuk dipergunakan dalam penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

B. Skema Jaringan

Pada penelitian ini skema jaringan yang digunakan adalah skema topologi broadcast, topologi jaringan yang telah dibuat dapat dilihat pada Gbr. 2. Pada skema topologi jaringan menggunakan 1 server, 2 switch dan 3 host. Pada uji kinerja jaringan, parameter yang akan digunakan yaitu *Throughput*, *Delay*, *Packet Loss*, dan *Jitter*. Perangkat lunak *wireshark* digunakan untuk melakukan pengujian kinerja jaringan.



Gbr. 2 Rancangan Topologi Jaringan

Terdapat dua jenis skenario yang akan disimulasikan yaitu jaringan yang menggunakan QoS dan jaringan yang tidak menggunakan QoS, dengan masing-masing jaringan menjalankan aplikasi *streaming video*. *Quality of Service* (QoS) adalah suatu kemampuan dalam menyediakan suatu

layanan lalu lintas jaringan yang berbeda dengan kelas yang berbeda pula untuk menyediakan sebuah layanan jaringan supaya menjadi lebih baik dan dapat terencana dengan *jitter* dan *bandwidth* yang khusus, serta kemampuan untuk kehilangan sebuah latensi yang dapat terkontrol [4].

C. Throughput

Throughput merupakan nilai transfer dari suatu data yang dapat diukur dalam *bit per second*. Throughput adalah jumlah paket yang telah datang serta sukses untuk diamati pada tujuan dan pada interval waktu tertentu yang dibagi dengan lama waktu pengamatan [1]. Rumus dari perhitungan *throughput* dapat dilihat dalam persamaan (1).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{paket data diterima (byte)}}{\text{Lama pengamatan (second)}} \quad (1)$$

D. Delay

Delay merupakan jeda waktu suatu paket yang dipengaruhi oleh proses tranmisi (jarak, media fisik dan *congestion*) dari asal paket dikirim ke tujuan[1]. Rumus perhitungan *delay* dapat dilihat dalam persamaan (2).

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang dapat diterima}} \quad (2)$$

E. Packet Loss

Packet Loss adalah suatu parameter yang bisa digambarkan dari sebuah kondisi yang dapat ditunjukkan dari jumlah paket yang gagal mencapai tujuan. Hal ini bisa disebabkan oleh *collision* dan *congestion* pada suatu jaringan[1]. *Packet loss* dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (3).

$$PL = \left(\frac{\text{data dikirim} - \text{data diterima}}{\text{data yang dikirim}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

F. Jitter

Jitter disebabkan oleh panjang antrian yang bervariasi, waktu pemrosesan data, dan juga penumpukan paket pada akhir perjalanan. Variasi *jitter* biasanya disebut berkaitan erat dengan *delay*, *delay* menunjukkan variasi yang cukup besar dalam taransi data di suatu jaringan[5]. Rumus perhitungan *jitter* dapat dilihat dalam persamaan (4).

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket diterima}} \quad (4)$$

$$\text{Total variasi delay} = \text{Delay} - (\text{rata-rata delay})$$

G. Skenario Pengujian

1. Pengujian Topologi

Dalam pengujian Topologi yaitu pembuatan topologi jaringan pada *emulator* mininet serta melakukan testing pada semua perangkat yang dibutuhkan sesuai dengan topologi yang telah direncanakan untuk penelitian.

2. Pengujian *Throughput*

Pada pengujian *throughput emulator* mininet mensimulasikan sebuah server, switch, dan sejumlah host, yang mana server menjalankan aplikasi streaming video yang kemudian diakses oleh masing-masing host. Kemudian wireshark melakukan *capture* untuk mengambil data *throughput* dari simulasi yang telah dijalankan tadi. Pengujian ini dilakukan sebanyak enam kali dengan rincian tiga kali pengujian menggunakan *background traffic* dan tiga pengujian tidak menggunakan *background traffic*.

3. Pengujian *Delay*

Pada pengujian *delay emulator* mininet mensimulasikan sebuah server, switch, dan sejumlah host, yang mana server menjalankan aplikasi streaming video yang kemudian diakses oleh masing-masing host. Kemudian wireshark melakukan *capture* untuk mengambil data *delay* dari simulasi yang telah dijalankan tadi. Pengujian ini dilakukan sebanyak enam kali dengan rincian tiga kali pengujian menggunakan *background traffic* dan tiga pengujian tidak menggunakan *background traffic*.

4. Pengujian *Packet Loss*

Pada pengujian *packet loss emulator* mininet mensimulasikan sebuah server, switch, dan sejumlah host, yang mana server menjalankan aplikasi streaming video yang kemudian diakses oleh masing-masing host. Kemudian wireshark melakukan *capture* untuk mengambil data *packet loss* dari simulasi yang telah dijalankan tadi. Pengujian ini dilakukan sebanyak enam kali dengan rincian tiga kali pengujian menggunakan *background traffic* dan tiga pengujian tidak menggunakan *background traffic*.

5. Pada pengujian *jitter emulator* mininet mensimulasikan sebuah server, switch, dan sejumlah host, yang mana server menjalankan aplikasi streaming video yang kemudian diakses oleh masing-masing host. Kemudian wireshark melakukan *capture* untuk mengambil data *jitter* dari simulasi yang telah dijalankan tadi. Pengujian ini dilakukan sebanyak enam kali dengan rincian tiga kali pengujian diberi *background traffic* dan tiga pengujian tidak diberi *background traffic*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini membahas hasil pengujian dari implementasi yang telah dilakukan serta penjelasan mengenai hasil analisis perbandingannya. Hal yang diuji pada penelitian ini adalah perbandingan jaringan SDN yang menggunakan manajemen QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan manajemen QoS.

A. Hasil pengujian perbandingan tanpa menggunakan *Background Traffic*

1. Data hasil pengujian *Throughput*

TABEL I
PERBANDINGAN PENGUJIAN THROUGHPUT

Pengujian	Dengan QoS (Mb/s)	Tanpa QoS (Mb/s)
1	0,107919	0,100909
2	0,100907	0,100906
3	0,107907	0,100935
Rata- rata	0,105577	0,100916

Hasil evaluasi dari pengujian *throughput* dapat dilihat pada tabel 1. Dalam tiga percobaan pada tabel 1 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *throughput* tidak berbeda jauh antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video. Dari rata-rata tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS dan tanpa menggunakan QoS terhadap pengujian *throughput* memiliki kinerja yang hampir sama, dengan rata-rata *throughput* 0,105577Mb/s pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dan 0,100916Mb/s pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dalam hal ini jaringan SDN yang menggunakan QoS mempunyai kinerja yang lebih baik karena memiliki rata-rata nilai *throughput* yang lebih besar.

2. Data hasil pengujian Delay

TABEL III
PERBANDINGAN PENGUJIAN DELAY

Pengujian	Dengan QoS (s)	Tanpa QoS (s)
1	0,0072967	0,00729164
2	0,003906644	0,0072903362
3	0,01202758	0,047535913
Rata- rata	0,00774364	0,020705963

Hasil evaluasi dari pengujian *delay* dapat dilihat pada tabel 2. Dalam tiga percobaan pada tabel 2 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *delay* memiliki perbedaan yang cukup signifikan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video. Dari rata-rata dalam tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS terhadap pengujian *delay*, dengan rata-rata *delay* 0,00774364s pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dan 0,020705963s pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dalam hal ini jaringan SDN yang menggunakan QoS mempunyai performa yang lebih baik karena memiliki rata-rata *delay* yang lebih kecil.

3. Data hasil pengujian Packet Loss

TABEL IIIII
PERBANDINGAN PENGUJIAN PACKET LOSS

Pengujian	Dengan QoS (%)	Tanpa QoS (%)
1	0%	11,2%
2	0%	10,3%
3	0%	9,2%
Rata- rata	0%	10,23%

Hasil evaluasi dari pengujian *packet loss* dapat dilihat pada tabel 3. Dalam tiga percobaan pada tabel 3 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *packet loss* memiliki perbedaan yang signifikan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video. Dari rata-rata tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS terhadap pengujian *packet loss*, dengan rata-rata *packet loss* 0% pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dan 10,23% pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dalam hal ini jaringan SDN yang menggunakan QoS mempunyai performa yang lebih baik karena memiliki rata-rata persentase *packet loss* yang lebih kecil.

4. Data pengujian Jitter

TABEL IVV
PERBANDINGAN PENGUJIAN JITTER

Pengujian	Dengan QoS (ms)	Tanpa QoS (ms)
1	2ms	2ms
2	2ms	2ms
3	2ms	2ms
Rata- rata	2ms	2ms

Hasil evaluasi dari pengujian *jitter* dapat dilihat pada tabel 4. Dalam tiga percobaan pada tabel 4 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *jitter* tidak ada perbedaan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video. Dari rata-rata tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS dan tanpa menggunakan QoS terhadap pengujian *jitter* memiliki kinerja yang sama, dengan rata-rata *jitter* 2ms pada jaringan SDN yang menggunakan QoS maupun pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS.

B. Hasil pengujian perbandingan dengan Background Traffic

1. Data hasil pengujian Throughput

TABEL V
PERBANDINGAN PENGUJIAN THROUGHPUT DENGAN BACKGROUND TRAFFIC

Pengujian	Dengan QoS (Mb/s)	Tanpa QoS (Mb/s)
1	0,009939	0,007047
2	0,009935	0,003514
3	0,00995	0,005292
Rata- rata	0,00994413	0,0052843

Hasil evaluasi dari pengujian *throughput* dapat dilihat pada tabel 5. Dalam tiga percobaan pada tabel 5 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *throughput* memiliki perbedaan yang cukup signifikan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video dan dengan background traffic. Dari rata-rata tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan QoS terhadap pengujian *throughput*, dengan rata-rata *throughput* 0,00994413Mb/s pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dan 0,0052843Mb/s pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dalam hal ini jaringan SDN yang menggunakan QoS mempunyai kinerja yang lebih baik karena memiliki rata-rata nilai *throughput* yang lebih besar.

2. Data hasil pengujian Delay

TABEL VV
PERBANDINGAN PENGUJIAN DELAY DENGAN BACKGROUND TRAFFIC

Pengujian	Dengan QoS (s)	Tanpa QoS (s)
1	0,006808234	0,007261555
2	0,00728996	0,000176708
3	0,007292208	0,047607642
Rata- rata	0,007130134	0,018348635

Hasil evaluasi dari pengujian *delay* dapat dilihat pada tabel 6. Dalam tiga percobaan pada tabel 6 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *delay* memiliki perbedaan yang cukup signifikan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video dan diberi beban traffic. Dari rata-rata dalam tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS terhadap pengujian *delay*, dengan rata-rata *delay* 0,007130134s pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dan 0,018348635s pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dalam hal ini jaringan SDN yang menggunakan QoS mempunyai performa yang lebih baik karena memiliki rata-rata *delay* yang lebih kecil.

3. Data hasil pengujian Packet Loss

TABEL VVII
PERBANDINGAN PENGUJIAN PACKET LOSS DENGAN BACKGROUND TRAFFIC

Pengujian	Dengan QoS (%)	Tanpa QoS (%)
1	1,2%	11,82%
2	0,44%	13,65%
3	0,57%	11,82%
Rata- rata	0,74%	12,43%

Hasil evaluasi dari pengujian *packet loss* dapat dilihat pada tabel 7. Dalam tiga percobaan pada tabel 7 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *packet loss* memiliki perbedaan yang signifikan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS saat menjalankan streaming video dan diberi beban traffic. Dari rata-rata tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS terhadap pengujian *packet loss*, dengan rata-rata *packet loss* sebesar 0,74% pada jaringan SDN yang menggunakan QoS dan 12,43% pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dalam hal ini jaringan SDN yang menggunakan QoS mempunyai performa yang lebih baik karena memiliki rata-rata persentase *packet loss* yang lebih kecil.

4. Data pengujian Jitter

TABEL VIII
PERBANDINGAN PENGUJIAN JITTER DENGAN BACKGROUND TRAFFIC

Pengujian	Dengan QoS (ms)	Tanpa QoS (ms)
1	2ms	2ms
2	2ms	2ms
3	2ms	2ms
Rata- rata	2ms	2ms

Hasil evaluasi dari pengujian *jitter* dapat dilihat pada tabel 8. Dalam tiga percobaan pada tabel 8 menunjukkan bahwa perbandingan data pengujian *jitter* tidak ada perbedaan antara jaringan SDN yang menggunakan QoS dengan jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS. Dari rata-rata tiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa hasil kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS dan tanpa menggunakan QoS terhadap pengujian *jitter* memiliki kinerja yang sama, dengan rata-rata *jitter* 2ms pada jaringan SDN yang menggunakan QoS maupun pada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari seluruh proses pengujian dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, manajemen *Quality of Service* pada jaringan *Software Defined Network* menggunakan *OpenDaylight Controller* telah berhasil dilakukan dengan menghasilkan kinerja yang berbeda. Dalam hal ini kinerja dari jaringan SDN yang menggunakan QoS lebih baik daripada jaringan SDN yang tidak menggunakan QoS pada parameter *throughput*, *delay*, dan *packet loss* serta memiliki kinerja yang sama pada parameter *jitter*.
2. Pada pengujian *throughput* jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja lebih baik dengan rata-rata *throughput* 0,105577Mb/s saat tidak diberi *background traffic* dan 0,00994413Mb/s saat diberi *background traffic*. Kemudian pada pengujian *delay* jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja lebih baik dengan rata-rata *delay* 0,00774364s saat tidak diberi *background traffic* dan 0,007130134s saat diberi *background traffic*. Selanjutnya pada pengujian *packet loss* jaringan SDN yang menggunakan QoS memiliki kinerja lebih baik dengan rata-rata *packet loss* 0% saat tidak diberi *background traffic* dan 0,74% saat diberi *background traffic*. Pada pengujian *jitter* jaringan SDN yang menggunakan QoS dan tidak menggunakan QoS memiliki kinerja yang sama dengan rata-rata *jitter* 2ms pada jaringan

yang tidak diberi *background traffic* maupun jaringan yang diberi *background traffic*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat serta hidayah yang telah diberikan, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar tanpa halangan apapun. Serta ucapkan terimakasih saya berikan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan semangat hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Jimenez, Jose M. dkk. 2015. Study of Multimedia Delivery over Software Defined Networks. *Network Protocols and Algorithms* Volume. 7, Nomor 4.
- [2] Wulandari, Rika. 2016. Analisis QoS (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Upt Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – Lipi). *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi* Volume 2 Nomor 2.
- [3] Fadli, Ardian. 2018. Implementasi Quality Of Service Pada Campus Network Menggunakan Teknologi Software-Defined Networking Dan OpenDaylight Controller Dengan Metode Hierarchical Token Bucket. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- [4] Kamarullah. (2009) Pengertian QoS pada adalah.co.id. [Online], https://adalah.co.id/qos/#Pengertian_QoS_Menurut_Para_Ahli, tanggal akses: 09 Juli 2021.
- [5] Wisnum, Asep. Sugiantoro, B, 2018. Analysis of Quality of Service (QoS) Youtube Streaming Video Service in Wireless Network in Faculty of Science and Technology UIN Sunan Kalijaga. Vol. 7. No. 2.