

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI OPENVSWITCH DAN OPEN VIRTUAL NETWORK DENGAN POX CONTROLLER PADA CLOUD-SDN

1st Raihan Faturrahman
Telkom University
Direktorat Kampus Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
2212101167@ittelkom-pwt.ac.id

2nd Eko Fajar Cahyadi, S.T., M.T., Ph.D
Telkom University
Direktorat Kampus Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
fauzakhair@telkomuniversity.ac.id

3rd Bongga Arifwidodo, S.S.T., M.T.
Telkom University
Direktorat Kampus Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
dadiekp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Dalam dunia jaringan komputer, memiliki konsep keterkaitan konektivitas pada setiap perangkat. Pada jenis jaringan tradisional, untuk mengelola suatu perangkat, konfigurasi dilakukan pada tiap perangkat dan tidak terpusat. Sehingga jenis jaringan tradisional memiliki keterbatasan dalam mengimplementasikan *cloud computing*. Yang memiliki akses di mana saja sehingga bertambah pula *user/pengguna* untuk mengelola suatu perangkat, yang mengakibatkan perubahan trafik secara dinamis. Oleh karena itu, *Software Defined Network* (SDN) muncul sebagai harapan untuk kompleksitas jaringan tradisional. Dapat memisahkan *control plane* dan *data plane* secara terpisah. Sehingga dapat melakukan konfigurasi perangkat secara terpusat. Untuk menjalankan jaringan SDN dibutuhkan *Kontroller SDN* yaitu *POX Controller*. Menggunakan *Open virtual switch* dan *open virtual network* untuk memastikan kinerja jaringan yang optimal. Penelitian ini berfokus untuk menganalisis performansi jaringan antara *openvswitch* dan *open virtual network* menggunakan *POX controller* pada *cloud-SDN*. Skenario percobaan dilakukan menggunakan *mininet* untuk membangun *topologi* jaringan. *Topologi* jaringan yang digunakan yaitu *topologi 3 switch*, *topologi 5 switch*, dan *topologi 7 switch*. Hasil pengujian berdasarkan parameter *Quality of service* (QOS) terdiri dari *throughput*, *packet loss*, *jitter*, dan *delay*. *Open virtual network* memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan *open virtual switch*. Dengan mendapatkan hasil *throughput* 37,35 Mbps, *Packet loss* 3.907 %, *Delay* 1,71 ns, dan *jitter* 531 ns.

Kata kunci — *Cloud Computing*, *Software Defined Network*, *POX Controller*, *Open Virtual Switch*, *Open Virtual Network*, *Quality Of Services*.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia jaringan komputer, memiliki konsep keterkaitan konektivitas pada setiap perangkat. Pada jaringan konvensional, untuk mengelola suatu perangkat dilakukan konfigurasi perangkat jaringan yang tidak terpusat pada satu perangkat [1]. Akibatnya, penggunaan teknologi komputasi awan dibatasi oleh jaringan komputer tradisional. *Cloud computing* memungkinkan akses informasi bisa dilakukan di mana saja asal menggunakan layanan internet. Sehingga mengakibatkan perubahan trafik yang dinamis [2]. *Software defined network* merupakan sebuah konsep baru pada pendekatan dalam merancang, menyusun serta mengelola jaringan komputer. Dapat melakukan pemisahan antara *data plane* dan *control plane*, yang mana *data plane* tetap berada pada perangkat jaringan, sedangkan *control plane* terdapat

dalam sebuah *entity* terpisah yang dinamakan sebagai *controller*. Sehingga konfigurasi perangkat jaringan secara terpusat [3].

Pada tahun 2021, Zufar Dhiyaulhaq, dkk [4]. Membuktikan bahwa perbandingan hasil pengujian antara *open virtual switch* dengan *open virtual network* berdasarkan parameter QOS yang digunakan yaitu *throughput*, *packet loss*, *latency/delay* dan *jitter* mendapatkan nilai rata-rata hasil performansi *open virtual network* yang lebih baik daripada *openvswitch*. Hal itu karena hasil nilai *packet loss*, *latency* dan *jitter* mendapatkan nilai yang lebih kecil. Semakin rendah nilai yang di hasilkan maka mengindikasikan kualitas jaringan yang baik. Dimana *Open virtual Switch* (OVS) adalah proyek sumber terbuka yang menawarkan fitur saklar virtual untuk menyatukan mesin virtual dan komponen jaringan. Proyek Open Virtual Switch memunculkan Open Virtual Network (OVN), sebuah inisiatif sumber terbuka. Sebagai jaringan virtual, dapat menghubungkan beberapa jaringan virtual ke mesin virtual.. Penelitian tersebut [4], memiliki kekurangan dari segi skenario pengujian yaitu *scalability*. *Scalability* mempunyai peranan penting dalam pengujian *open virtual switch* dan *open virtual network*. Pada penelitian ini *scalability* diimplementasikan untuk mengetahui kapasitas jaringan dengan perubahan dan peningkatan jumlah beban kerja atau jumlah *node* pada suatu jaringan dengan memastikan kinerja tetap stabil. Ide jaringan yang ditentukan perangkat lunak merupakan pengembangan dari jaringan tradisional yang memungkinkan terciptanya jaringan terpusat dengan memisahkan bidang kendali dan bidang data dari perangkat saklar [5]. Penelitian ini membandingkan kinerja switch virtual terbuka dan jaringan virtual terbuka yang dapat memberikan QOS tertinggi menggunakan pengontrol POX pada jaringan yang ditentukan perangkat lunak.

II. KAJIAN TEORI

A. Cloud Computing

Cloud Computing adalah sekelompok komputer yang digunakan bersama untuk menyediakan layanan perhitungan atau tugas yang berbeda beda. *Cloud Computing* adalah salah satu paradigma TI yang paling penting dalam beberapa tahun terakhir. *Cloud Computing* juga menyediakan infrastruktur TI yang terjangkau, aman, dan mudah beradaptasi. Hal ini sebanding dengan jaringan listrik nasional, yang memungkinkan rumah tangga dan dunia usaha terhubung ke sumber energi yang kecil, ekonomis, dan efektif. Berdasarkan layanan komputasi

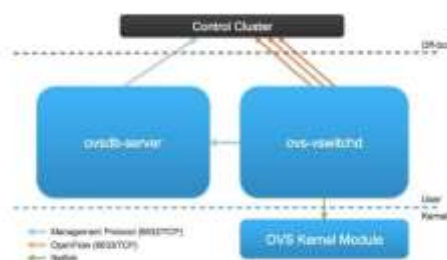
awan, tiga komponen yang dapat ditawarkan komputasi awan adalah Perangkat Lunak sebagai Layanan (SaaS), Platform sebagai Layanan (PaaS), dan Infrastruktur sebagai Layanan (IaaS).



Gambar 1 Cloud Computing

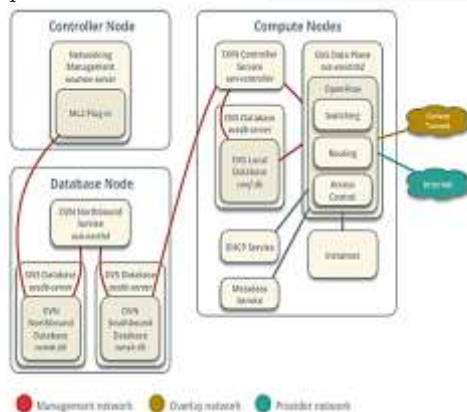
B. Open Virtual Switch

Switch berfungsi sebagai pengatur lalu lintas pada jaringan komputer, dan switch juga berfungsi sebagai media pengiriman paket data sampai tujuannya dengan mencari jalur terbaik dan optimal serta menjamin terkirimnya paket data sampai tujuannya. Sakelar berfungsi sebagai OpenvSwitch[12].



Gambar 2 Open Virtual Switch

C. Open virtual network



Inisiatif sumber terbuka yang disebut Open Virtual Network (OVN) awalnya diluncurkan oleh tim OpenvSwitch (OVS) di Nicira (sekarang menjadi bagian dari VMware) yang didukung oleh para insinyur dari berbagai entitas komersial, swasta, dan *public*. OVN memungkinkan pengguna untuk mengontrol sumber daya jaringan *cloud*. Tujuannya adalah untuk mengembangkan protokol tunggal, standar, vendor-netral untuk virtualisasi fungsi peralihan jaringan, masih berdasarkan fungsionalitas yang pertama kali dibuat untuk jaringan virtual VMware.

D. POX Controller

POX Controller adalah platform yang digunakan untuk pengembangan dan pemodelan pada *network control software*. POX menggunakan *python* dalam bahasa

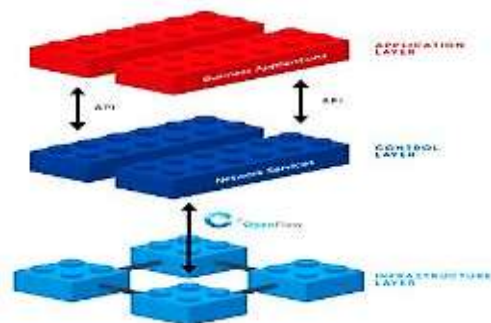
pemrogramannya. POX bekerja pada *layer control plane* sebagai sebuah *network controller*.



Gambar 4 POX Controller

E. Software Defined Network

Ungkapan "Software Defined Network" (SDN) menggambarkan ide baru dalam desain, manajemen, dan implementasi jaringan, khususnya untuk mengakomodasi kebutuhan dan inovasi jaringan yang semakin kompleks. Ide dasar SDN adalah untuk membedakan dengan jelas antara bidang kendali dan bidang data, kemudian menggunakan antarmuka standar untuk mengabstraksi sistem dan mengisolasi kompleksitas yang termasuk dalam berbagai komponen atau subsistemnya.



Gambar 5 Arsitektur SDN

F. Cloud-SDN

Cloud-SDN adalah suatu penggabungan teknologi antara cloud computing dan software defined network. Untuk melakukan pengelolaan jaringan atas prinsip-prinsip dari software defined network. Ada banyak keuntungan dari segmentasi jaringan ini dalam hal kontrol jaringan dan fleksibilitas. Di satu sisi, hal ini memungkinkan untuk menggabungkan manfaat komputasi awan dan virtualisasi sistem. Penerapan intelijen terpusat, di sisi lain, memungkinkan terciptanya visibilitas jaringan yang jelas untuk pemeliharaan dan pengelolaan jaringan yang lebih mudah serta kontrol dan respons jaringan yang lebih baik.

G. Quality of Services

Sebuah metode untuk mengendalikan throughput, latency, packet loss, dan jitter disebut kualitas layanan. Setidaknya satu dari empat parameter QoS mendasar yang telah ditetapkan dimaksudkan untuk dipengaruhi oleh mekanisme QoS. QoS adalah kemampuan jaringan untuk menggunakan berbagai teknologi untuk memberikan layanan lalu lintas jaringan tertentu yang lebih baik.

• Throughput

Jumlah kedatangan paket yang berhasil dicatat di tujuan selama periode waktu tertentu dibagi dengan lamanya periode tersebut dikenal sebagai throughput [30]. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai throughput [31] :

$$Troughput = \frac{\text{Jumlah Data yang di terima dalam bit}}{\text{Total Waktu Pengiriman Data}} \quad (1)$$

- **Packet Loss**

Ketidakmampuan transfer paket IP untuk mencapai tujuannya dikenal sebagai packet loss. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai packet loss. [31]:

$$Packet Loss = \frac{\text{Paket Data dikirim} - \text{Paket Data diterima}}{\text{Paket Data dikirim}} \quad (2)$$

- **Delay**

Delay adalah lamanya waktu yang dibutuhkan paket untuk berpindah dari satu lokasi ke tujuannya sebagai akibat dari proses transmisi. Rumus berikut dapat digunakan untuk mendapatkan nilai penundaan [31]:

$$Delay = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket diterima}} \quad (3)$$

- **Jitter**

Pada jaringan IP, jitter mengacu pada variasi latensi paket. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai jitter [31]:

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket diterima}} \quad (4)$$

III. METODE

Berikut adalah flowchart sistem yang digunakan pada penelitian ini.:



Gambar 6 Flowchart Sistem

Berdasarkan flowchart sistem penelitian yang di tunjukkan pada Gambar 6 tahapan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

A. Studi Literature

melakukan study literature beberapa penelitian terkait cloud computing dengan menggunakan open vswitch dan open virtual network, serta sumber tambahan yang berkaitan dengan penelitian ini. Judul dan penekanan penelitian ini dipilih dengan menganalisis dan membedakan sejumlah majalah yang relevan. Langkah ini berfungsi untuk memahami gagasan mendasar subjek selain

membandingkan dan memutuskan penekanan atau judul penelitian.

B. Instalasi Software

Lanjutkan dengan instalasi. Menginstal banyak program yang digunakan untuk penelitian ini, termasuk Wireshark, OVS, OVN, POX Controller, dan Mininet Perancangan Topologi

Topologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 3 skenario percobaan topologi yaitu topologi 3 switch, topologi 5 switch, dan topologi 7 switch. Dimana topologi tersebut disusun menggunakan software mininet. topologi 3 switch, tersusun 1 buah controller, 3 buah switch dan host yang masing-masing terhubung pada switch. Topologi 5 switch Ini termasuk host, lima sakelar, dan pengontrol. yang masing-masing terhubung pada setiap switch dan topologi 7 switch yang tersusun 1 buah controller, 7 buah switch, dan host yang masing-masing terhubung pada setiap switch. Jika berhasil dapat melakukan pengujian QOS

C. Pengujian Topologi

Melakukan pengujian topologi berdasarkan parameter QOS yaitu Troughput, packet loss, jitter dan Delay.

D. Pengambilan Data QOS

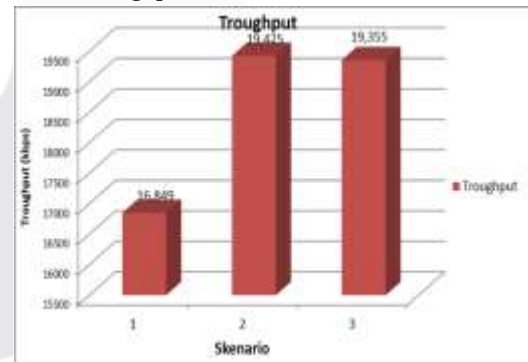
Setelah pengujian berhasil maka dapat melakukan pengambilan data QOS dengan menggunakan software wireshark.

E. Analisis Data

Setalah melakukan pengujian Data QOS, maka dapat melakukan menganalisis data dari hasil setelah pengujian. Melihat hasil yang mana lebih antara openvswitch dan open virtual network. setelah itu, dapat mengambil kesimpulan dari hasil yang di peroleh.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

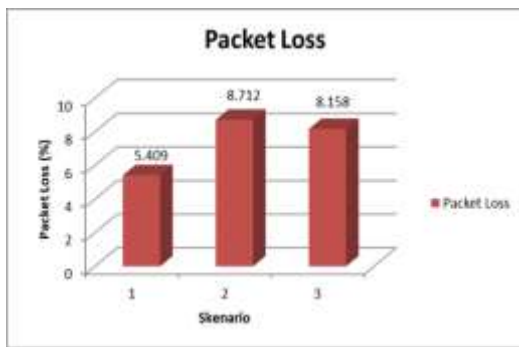
A. Hasil Troughput Pada OVS



Gambar 7 Troughput Pada OVS

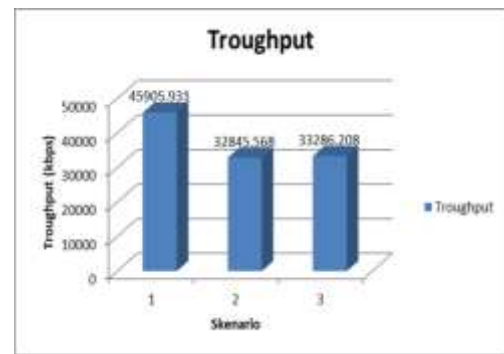
Troughput dari pengukuran OVS pada jaringan SDN dapat dilihat bahwa grafik untuk skenario 2 mendapatkan hasil nilai yang lebih besar dengan bandwidth 10 Mbps dan waktu 10 detik.

Hasil Packet Loss Pada OVS



Gambar 8 Packet Loss Pada OVS

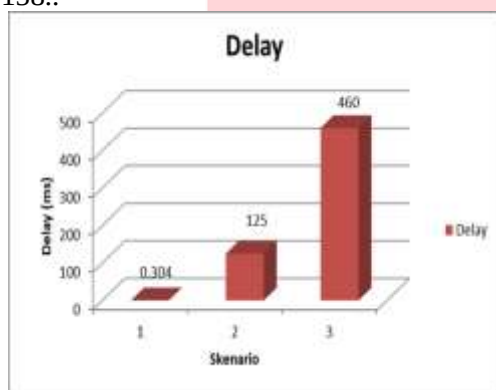
Ketika data packet loss diukur pada switch virtual terbuka yang terhubung ke jaringan SDN, nilai skenario 1 sebesar 5,409 lebih rendah dibandingkan skenario 2 dan 3 yang masing-masing memiliki nilai 8,712 dan 8,158..



Gambar 11 Troughput Pada OVN

Terlihat dari hasil throughput pengujian jaringan virtual terbuka pada jaringan SDN, grafik skenario 1 (45,91 Mbps) lebih besar dibandingkan grafik skenario 2 (32,85 Mbps) dan 3 (33,29 Mbps)..

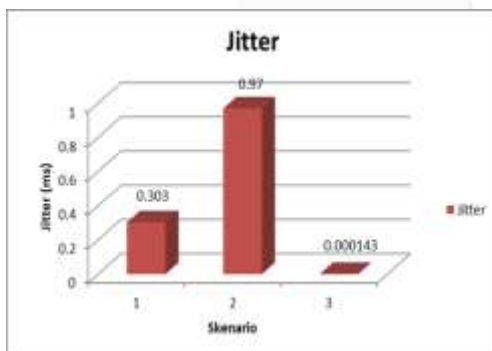
D. Hasil Packet Loss Pada OVN



Gambar 9 Delay Pada OVS

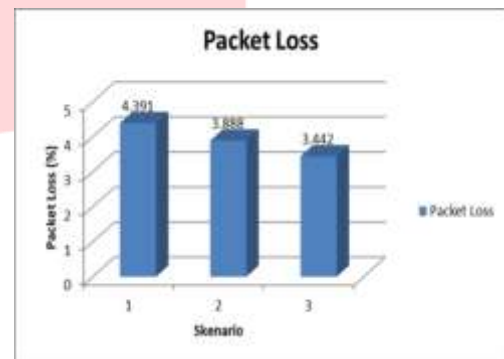
Hasil pengukuran data *delay* pada *open virtual switch* dengan jaringan SDN mendapatkan hasil skenario 1 mendapatkan nilai 304 ns yang lebih kecil dibandingkan skenario 2 dengan nilai 124,97 ns dan skenario 3 dengan nilai 460,24 ns.

B. Hasil Jitter Pada OVS



Gambar 10 jitter Pada OVS

Hasil pengukuran data *jitter* pada *open virtual switch* dengan jaringan SDN mendapatkan hasil pada skenario 3 dengan nilai 143 ns lebih kecil dibandingkan dengan skenario 1 dengan nilai 303 ns dan skenario 2 dengan nilai 970 ns.



Gambar 12 Packet Loss Pada OVN

Skenario 3 mempunyai nilai sebesar 3,442, lebih rendah dibandingkan skenario 2 yang bernilai 3,888 dan skenario 1 bernilai 4,391, sesuai dengan hasil pengukuran data packet loss pada jaringan virtual terbuka dengan jaringan SDN. Hasil Delay Pada OVN

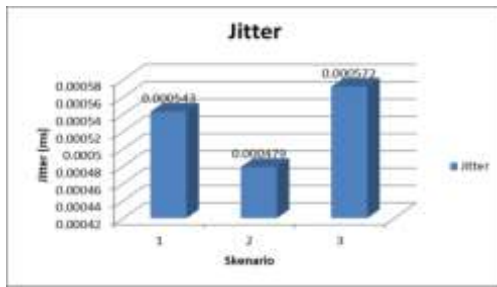


Gambar 13 Delay Pada OVN

Hasil pengukuran data *delay* pada *open virtual network* dengan jaringan SDN mendapatkan hasil skenario 1 mendapatkan nilai 5,14 ns yang lebih kecil dibandingkan skenario 2 dengan nilai 431 ns dan skenario 3 dengan nilai 407 ns.

C. Hasil Troughput Pada OVN.

E. Hasil Jitter Pada OVN



Gambar 14 Jitter Pada OVN

Hasil pengukuran data *jitter* pada *open virtual network* dengan jaringan SDN mendapatkan hasil pada skenario 1 dengan nilai 543 ns, Pada skenario 2 mendapatkan 479 ns, dan pada skenario 3 mendapatkan 572 ns.

Tabel 1 Hasil Pengujian QOS Pada OVS

Skenario	Troughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ns)	Jitter (ns)
1	16,85	5.409	304	303
2	19,43	8.712	125	970
3	19,36	8.158	460,24	143
Rata-rata	18,54	7.426	195,172	424,381

Tabel 2 Hasil Pengujian QOS Pada OVN

Skenario	Troughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ns)	Jitter (ns)
1	45,91	4.391	5,14	543
2	32,85	3.888	431	479
3	33,29	3.442	407	572
Rata-rata	37,35	3.907	1,71	531

Pada hasil tabel 4.9 dan tabel 4.10 mendapatkan rata-rata dari 3 skenario pengujian pada OVS dan OVN. Pada tabel 4.9 mendapatkan nilai rata-rata pada *troughput* 18,54 Mbps. Untuk *packet loss* mendapatkan 7.426 atau 7,4%, Pada *delay* 1,95 ns dan *jitter* dengan nilai 424,381 ns. Pada tabel 4.10 *troughput* mendapatkan rata-rata 37,35 Mbps, *Packet loss* mendapatkan 3.907 atau 3,9 %, *Delay* 1,71 ns, dan *jitter* 531 ns.

KESIMPULAN

- A. Berdasarkan rata-rata hasil pengujian unjuk kerja antara open virtual switch dan open virtual network dengan jaringan software defined network. Jika dibandingkan dengan open virtual switch dengan parameter QOS, open virtual network mempunyai kualitas yang lebih baik. yaitu *troughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Hal itu karena open virtual network memiliki *troughput* yang lebih tinggi, *packet loss* dan *jitter* mendapatkan hasil yang lebih rendah di bandingkan dengan open virtual switch. Untuk *troughput* tertinggi mendapatkan

45,91 Mbps pada skenario 1 untuk OVN dan *troughput* terendah mendapatkan 16,85 Mbps pada skenario 1 untuk OVS. *Packet loss* tertinggi mendapatkan 8.712 atau 8,7% pada skenario 2 untuk OVS, sedangkan *packet loss* terendah mendapatkan 3.442 atau 3,4% pada skenario 3 untuk OVN. Untuk *delay* tertinggi mendapatkan 460,24 ns pada skenario 3 untuk OVS, sedangkan *delay* terendah mendapatkan 5,14 ns pada skenario 1 untuk OVN, Dan *jitter* tertinggi mendapatkan 970 ns pada skenario 2 untuk OVS, Sedangkan *jitter* terendah mendapatkan 43 ns pada skenario 3 untuk OVN. Hal ini menandakan bahwa open virtual network lebih eifisien dalam mengelola aliran data dan mengurangi latensi/delay dalam jaringan. Namun, Open virtual switch mendapatkan latensi/delay yang lebih unggul, lebih di utamakan dalam skenario yang membutuhkan respon cepat.

- B. Pengujian hasil scalability *troughput* dan *delay* pada open virtual switch dan open virtual network dengan penambahan masing-masing bandwidth yaitu 30 Mbps, 50 Mbps, dan 70 Mbps. Pada *troughput*, Open virtual switch mendapatkan *troughput* sedikit lebih tinggi sebesar 7,82 Mbps dibandingkan open virtual network mendapatkan sebesar 7,80 Mbps, Perbedaan tersebut cukup kecil. Namun, Pada *delay*, Open virtual switch mendapatkan *delay* yang lebih rendah sebesar 0,002 ms, Sedangkan open virtual network mendapatkan *delay* 0,003 ms. Hal ini menunjukkan bahwa OVS lebih cepat dalam merespons data dalam kondisi jaringan tertentu.
- C. Pengujian hasil rata-rata QOS pada open virtual network dengan hasil yang didapatkan yaitu dengan rata-rata *troughput* 37,34 Mbps, *Packet loss* 3.907 %, *Delay* 1,71 ns, dan *jitter* 531 ms, sedangkan untuk open virtual switch mendapatkan *troughput* 18,54 Mbps, *Packet loss* 7.426 atau 7,4 %, *delay* 1,95 ns, dan *jitter* 424,381 ns.

REFERENSI

- [1] "Analisis Kinerja RouteFlow pada Jaringan SDN (Software Defined Network) dengan Topologi Full-Mesh," oleh Kuku Nugroho dan Dhimas Prabowo Setyanugroho, ELKOMIKA, pp. 585-599, 2019.
- [2] Farniati Fattah and Mardiyah Hasnawi, "Simulasi Jaringan Virtual Topologi Pohon Bertenaga SDN," Konferensi Nasional Sistem Informasi 2018, pp. 639-644, 2018.
- [3] "Analisis Kinerja Pengendali pada Arsitektur Jaringan Software Defined Network (SDN)," oleh Agung Dwi Rahmawan, Syaifuddin, dan Diah Risqiwati, REPOSITOR, pp. 1727-1738, 2020.
- [4] "Analisis Perbandingan Open Virtual Network dengan Open VSWITCH pada Cloud Computing Berbasis OpenStack," oleh Zufar Dhiyaulhaq, Sofia Naning Hertiana, dan Ridha Muldina Negara, e-Proceeding of Engineering, vol. 8, no. 1, pp. 129-141, Februari 2021.
- [5] Adhitya Insan Nurizky, Rendy Munandi, and Sofia Naning Hertiana, "Analisis Perbandingan e-Prosiding Teknik, "Kinerja Pengontrol Ryu dan POX pada

Jaringan yang Ditentukan Perangkat Lunak”, vol. 8, no. 6, pp. 2709-2715, 2022.

- [6] Mochammad Ridwan Nurfalah and Ali Akbar “PENGUNAAN OPENFLOW PROTOCOL UNTUK IMPLEMENTASI VLAN PADA SOFTWARE DEFINED NETWORK,” Rismayadi, eProceedings Teknik Informatika (PROTECTIVE), vol. 1, tidak. 1, hal. 173-178, September 2020.
- [7] “Evaluasi Perbandingan Kualitas Layanan Jaringan Internet Berbasis Nirkabel pada Layanan Internet Service Provider (ISP) Home dan First Media,” oleh Priska Restu Utami, hlm. 125–137, 2018.
- [8] “Implementasi Virtual Local Area Network Menggunakan OVS pada Jaringan Mesin Virtual Berbasis Promiscuous Mode,” Dinda Yunafri, Huda Ubaya, and Rido Zulfahmi, hlm. 50–55, 2018.
- [9] Munirul Ula, " Analisis Praktik Keamanan Data Layanan Cloud Computing, TECHSI, vol. 11, no.1, pp. 125-138, April 2019.
- [10] Herdiansyah Pratama “PENGUNAAN TEKNOLOGI CLOUD COMPUTING PADA KATALOG PRODUK DI BALATKOP JAWA BARAT,” oleh Ginanjar dan Angga Setiyadi, Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA), vol. 9, tidak. 1, hal.25–33, Maret 2020.
- [11] Tobias Duha, Wawan Setiawan, dan Nurul Fajriyah, "Evaluasi Layanan Cloud Computing di Era Digital", Jurnal Informatika, vol. 1, tidak. 1, hal. 32-29, Maret 2022.
- [12] “Prototipe Layanan VoIP pada Jaringan OpenFlow,” oleh Eki Ahmad Zaki Hamidi, Mufid Ridlo Effendi, dan Hafizh Wibowo Widodo, TELKA, vol. 4, tidak. 1, hlm. 33–42, Mei 2018.
- [13] Cindy Zefira Afiani and Heru Nurwarsito, " Psutil Agent on Software Defined Network: Implementasi Web Server Load Balancing pada POX Controller Berdasarkan Penggunaan Memori,” Jurnal Perkembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol.5, no.1, pp.115-123, Januari 2021.
- [14] “DESAIN DAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR CLOUD COMPUTING DENGAN OPENSTACK PADA JARINGAN LOKAL MENGGUNAKAN VIRTUALBOX,” Jurnal TEKINKOM, Andi Setiadi Manalu, Ivana Maretha Siregar, dan Nora Januarti Panjaitan, vol. 4, no. 2, pp. 303-311, Desember 2021.
- [15] Stefanus Eko Prasetyo and Benny , "Analisis Perbandingan Performa Virtualisasi Berbasis Container dengan Virtualisasi Berbasis Hypervisor," Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, vol. 7, no. 1, pp. 26-34, Januari 2021.
- [16] “ANALISIS DESAIN DAN KINERJA OPEN VSWITCH PADA VIRTUAL NETWORKS TELKOM UNIVERSITY,” e-Proceedings of Engineering, vol. 2, tidak. 2, hal. 2705-2712, Muhammad Geo Unggul Putra Kusuma Utomo, Dr.Ir. Rendy Munadi, MT, dan Leanna Vidya Yovita, Agustus 2015.
- [17] Scott Raynovich. (2016, Maret) What Is Open Virtual Network (OVN)? How It Works. [Online]. <https://www.sdxcentral.com>
- [18] Rachel Caroline, Basuki Rahmat, and Favian Dewanta, " Implementasi dan Evaluasi Network Slicing Berbasis Jaringan yang Ditentukan Perangkat Lunak,” e-Proceeding of Engineering, vol. 8, no. 6, pp. 3016-3025, 2022.
- [19] JARINGAN KEAMANAN DAN KOMUNIKASI, "Jaringan yang ditentukan perangkat lunak (SDN): survei," Karnal Benzekki, Abdeslam El Fergougui, dan Elberlrhiti Elalaoui, pp. 5803-5833, February 2017.
- [20] Muhd. Iqbal, Zulfan , and Muhammad Arif Jurnal Analisis Data, vol. 3, tidak. 1, hal. 36–49; Ramadhan, “Analisis Kualitas Layanan pada Jaringan Nirkabel Berbasis Software-Defined Network dengan Protokol Openflow Menggunakan Floodlight Controller,” 2020.
- [21] “Simulasi Virtual Local Area Network (VLAN) Berbasis Software Defined Network (SDN) Menggunakan POX Controller,” oleh Rohmat Tulloh, Ridha Muldina Negara, dan Arif Nur Hidayat, Jurnal Infotel, vol. 7, tidak. 2., pp. 129-136, 2015.
- [22] “REMASTERING DISTRO UBUNTU UNTUK MENDUKUNG PEMBELAJARAN INFORMATIKA,” Seminar Nasional Informatika, Budi Santosa, Dessyanto Boedi P, dan Yan Indra Putra 2010 (*semmasIF 2010*), pp. 56-65, Mei 2010.
- [23] “Pelatihan Mengatasi Masalah Instalasi Linux Debian dengan Text Mode dan Graphic Mode di SMK Negeri 5 Palembang,” oleh M Ezar Al Rivan, Molavi Arman, dan Hafiz Irsyad, Jurnal Pengabdian Masyarakat, vol. 1, tidak. 1, hal. 25-33, 2021.
- [24] “Analisis Data Menggunakan Algoritma Parallel Matrix Shuffle Transpose Menggunakan Bahasa Pemrograman C#,” Artikel oleh Danang Aji Pangestu, Mikhael Kristian, Aldy Febriyadani, dan Aris Gunaryati, Jurnal Teknologi dan Informatika (JoTI), vol. 1, no. 2, pp. 80-83, April 2020.
- [25] Muhammad Afif Al Fauzan and Timur Dali Purwanto, "PERANCANGAN FIREWALL ROUTER MENGGUNAKAN OPNSENSE UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN JARINGAN PT. PERTAMINA ASSET 2 PRABUMULIH," Seminar Hasil Penelitian Vokasi (SEMHAPOK), vol. 3, no. 1, pp. 137-146, Juni 2021.

- [26] "Virtual Network Simulation Design Based on Software-Define Networking," Ind. Journal on Computing, vol. 1, no. 1, pp. 96-105, 2016 by Izzatul Ummah and Desianto Abdillah.
- [27] Muhammad Hasbi "ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) JARINGAN INTERNET KANTOR PUSAT RAJA BUKOPIN MENGGUNAKAN WIRESHARK," vol. 12, tidak. 1, hlm. 17-23, September 2021, dan Naldo Rafli Saputra.
- [28] "Implementasi Website Profil SMK Kartini Sebagai Media Informasi dan Promosi Berbasis Open Source," oleh Abdur Rochman, Muhammad Iqbal Hanafri, dan Ayu Wandira, AJCSR [Academic Journal of Computer Science Research], vol. 2, tidak. 1, hal.46-51, Januari 2020.
- [29] Mahesadaru Wicaksono and Johan Pamungkas, "DEBIAN 10 PADA MESIN VIRTUAL UNTUK MEMBUAT WEB SERVER," Jurnal Aisyah Teknik Informatika dan Elektro, vol.4, no.1, pp. 17-26, Februari 2022.
- [30] "ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA JARINGAN INTERNET SMK NEGERI 7 JAKARTA," oleh Aprianto Budiman, M. Ficky Dunsarnaen, dan Hamidillah Ajie, JURNAL PINTER, vol. 4, tidak. 2, Desember 2020.
- [31] "PERANCANGAN DAN ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) MENGGUNAKAN METODE HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA RT/RW NET RESIDENTIAL PRASANTI 2," oleh Syaiful Ahdan, Okta Firmanto, dan Suci Ramadona, Jurnal Informasi Teknik, vol. 12, tidak. 2., pp. 49-54, 2018.
- [32] Imam Fauzy Muldani Rachmat, " PARAMETER KUALITAS PELAYANAN UNTUK ANALISIS BANDWIDTH JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS: CAFÉ ILHAM)," JURNAL IPSIKOM, vol. 9, no. 1, hal. 57-66, 2021.
- [33] Misalina Ginting, "Pemanfaatan Cloud Computing Pada Aplikasi E-Learning," *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, vol. 03, no. 01, Juni 2018.
- [34] Mei Lenawati and Hani Atun Mumtahana, "PEMANFAATAN CLOUD STORAGE PADA KURSUS FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PGRI MADIUN," Jurnal Komputer, Sistem Informasi & Manajemen Teknologi, vol.1, no.2, oktober 2018.
- [35] "IMPLEMENTASI VIRTUALISASI SERVER BERBASIS DOCKER CONTAINER," Jurnal PROSISKO, vol. 7, tidak. 2 September 2020, Saleh Dwiyatno, Edy Rakhmat, dan Oki Gustiawan.
- [36] "Analisis Quality of Service (QOS) Jaringan Internet Untuk Membantu Rencana Strategis Infrastruktur Jaringan Komputer di SMK N I Sukadana," oleh Muhammad Purwahid dan Joko Triloka, JTKSI, vol. 2, tidak. 3, hlm. 100-109, musim gugur 2019..
- [37] Imam Fauzy Muldani Rachmat, " PARAMETER KUALITAS PELAYANAN UNTUK ANALISIS BANDWIDTH JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS: CAFÉ ILHAM)," JURNAL IPSIKOM, vol. 9, no. 1, hal. 57-66, 2021.
- [38] Imam Fauzy Muldani Rachmat, " PARAMETER KUALITAS PELAYANAN UNTUK ANALISIS BANDWIDTH JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS: CAFÉ ILHAM)," JURNAL IPSIKOM, vol. 9, no. 1, hal. 57-66, 2021.