

Uji Komparasi Quality of Service Antara Metode Routing dan VLAN pada Distribusi Paket Data Jaringan Internet

Surono¹; Febrian Wahyu Christanto^{2*}; Charis Maulana³

^{1,2,3}Jurusan Teknologi Informasi Universitas Semarang, Indonesia
¹ surono@usm.ac.id, ^{2*} febrian.wahyu.christanto@usm.ac.id, ³ charis@usm.ac.id

Abstract

The internet has very high mobility, especially during the current Covid-19 Virus Pandemic. For example, the teaching and learning process in education is required to run online, making the internet the most important requirement. The University of Semarang is an educational institution which currently has a total bandwidth of almost 3 Gbps, distributed both wired and wireless throughout the LAN covering around 15-20 buildings. Internet users at the University of Semarang can reach 2000-5000 users per day. The distribution method for internet network data packets uses the VLAN Routing method at Layer 3 Switches. The problem of uneven bandwidth distribution, high hardware workloads, and down status on data packet distribution causes the QOS of the internet to be not optimal. In data packet distribution, there are 2 (two) methods that can be applied, namely VLAN Routing on Layer 3 Switches and Routing on Routers using NAT. This study will perform a QOS comparative test on the two data packet distribution methods. The parameters to be compared are resource efficiency, resource workload, bandwidth management, traffic management, throughput, distribution speed, and security. The research method uses PPDIOO. The results of this study can be a decision support for network administrators in terms of using methods in the distribution of internet data packets on the LAN to optimize QOS internet usage.

Keywords: QOS, internet, routing, NAT, VLAN

1. Pendahuluan

Internet merupakan teknologi yang sangat dibutuhkan. Internet saat ini menjadi suatu kebutuhan penting manusia dalam berbagai bidang terutama pada masa Pandemi Virus Covid-19 saat ini. Untuk mengatasi lambatnya akses internet yang dikarenakan metode distribusi paket data yang kurang optimal dapat dilakukan yaitu menata kembali lalu lintas dalam jaringan internet dan manajemen bandwidth yang sudah ada sehingga kebutuhan akan internet menjadi lebih optimal [1][2].

Pengguna internet di lingkungan Universitas Semarang yang merupakan institusi pendidikan di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia saat ini memiliki mobilitas yang sangat tinggi baik digunakan untuk browsing informasi, unduh berkas, unggah berkas, dan penggunaan fasilitas internet yang lain. Hal ini digunakan sebagai sarana pertukaran ilmu terutama di masa Pandemi Virus Covid-19 saat ini karena proses belajar mengajar diharuskan berjalan secara online menjadikan internet sebagai kebutuhan

paling penting dalam dunia pendidikan. Jumlah pengguna internet yang sangat banyak dapat mengakibatkan pembagian bandwidth yang tidak merata, beban kerja hardware yang tinggi, serta status down pada distribusi paket data jaringan internet sehingga QOS (Quality of Service) dari internet menjadi tidak optimal [3]. Hal ini dapat dikarenakan pemilihan metode manajemen bandwidth dan pemilihan metode distribusi paket data yang diterapkan kurang optimal [4][5]

Universitas Semarang saat ini memiliki total bandwidth sebesar hampir 3 Gbps (3 GigaBytes per second) dari 3 (tiga) ISP (Internet Service Provider) yaitu Telkom, Hypernet, dan Desnet yang didistribusikan baik secara wired dan wireless ke seluruh LAN (Local Area Network) meliputi sekitar 15-20 gedung. Sedangkan pengguna internet di Universitas Semarang sendiri dapat mencapai 2000-5000 user setiap harinya. Metode yang digunakan untuk distribusi paket data jaringan internet ke seluruh LAN di Universitas Semarang selama ini adalah

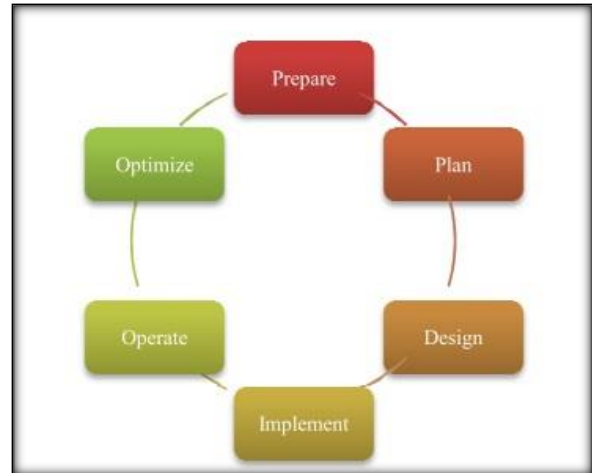
menggunakan metode VLAN Routing pada Switch Layer 3. Dalam dalam distribusi paket data internet ke jaringan LAN sendiri terdapat 2 (dua) metode yang dapat diterapkan yaitu VLAN Routing pada Switch Layer 3 dan Routing pada Router menggunakan NAT (Network Address Translation) [6][7].

Diperlukan suatu studi untuk menentukan penggunaan metode dalam distribusi paket data jaringan internet sehingga menghasilkan QOS (Quality of Service) yang optimal. Penelitian ini akan melakukan uji komparasi QOS (Quality of Service) antara kedua metode distribusi paket data jaringan internet yaitu Routing dan VLAN. Parameter yang akan dibandingkan antara lain adalah efisiensi resource, beban kerja resource, manajemen bandwidth, manajemen trafik, throughput, kecepatan distribusi data, dan keamanan data. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi suatu usulan, pertimbangan, dan pendukung keputusan bagi administrator jaringan baik di Universitas Semarang maupun di tempat lain dalam hal penggunaan metode dalam distribusi paket data internet pada LAN untuk optimalisasi QOS (Quality of Service) penggunaan internet.

Dari uraian di atas maka peneliti mengambil judul penelitian “Uji Komparasi Quality of Service antara Metode Routing dan VLAN pada Distribusi Paket Data Jaringan Internet”.

2. Metodologi

Dari data yang terkumpul kemudian dilakukan pengembangan suatu sistem menggunakan Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, and Optimize (PPDIOO) Network Lifecycle seperti pada Gambar 1 yang terdiri dari beberapa tahap, yaitu:



Gambar 1. Metode PPDIOO [8]

Tahap pertama metode ini adalah Prepare. Dalam model pengembangan sistem PPDIOO fase pertama dimulai dari fase prepare, melakukan proses penelitian dan menganalisa terhadap masalah yang ada, serta bagaimana cara manajemen bandwidth yang terkoneksi dengan internet. Dengan mengumpulkan masing-masing user, baik yang terhubung dengan LAN maupun Wireless kemudian dikelompokkan sesuai dengan hak akses dan kebutuhan bandwidth.

Untuk tahap selanjutnya adalah tahap Planning, merencanakan kebutuhan baik hardware maupun software yang akan digunakan untuk konfigurasi metode VLAN dan Routing, manajemen bandwidth, membagi jaringan menjadi beberapa subnet, serta menentukan parameter untuk uji komparasi.

Dalam tahapan Design ini menggambarkan topologi jaringan yang ada di Universitas Semarang serta konfigurasi yang akan dilakukan pada masing-masing perangkat.

Tahap selanjutnya adalah tahap Implement. Dalam tahap ini menerapkan semua yang telah direncanakan, mencakup instalasi serta konfigurasi terhadap rancangan topologi, dan konfigurasi yang dilakukan pada masing-masing perangkat. Pada tahap konfigurasi Router dan Switch Layer 3.

Dalam tahap Operate dilakukan pemantauan terhadap jaringan yang menggunakan metode

Routing selama paling tidak 1 (satu bulan) dan melakukan pemantauan terhadap jaringan yang menggunakan metode VLAN selama paling tidak 1 (satu bulan). Data dicatat sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dengan melakukan pengujian download dimasing-masing user dapat melihat hasilnya, sehingga dari hasil tersebut dapat dibandingkan perbedaan antara distribusi paket data dengan metode Routing dan distribusi paket data dengan metode VLAN.

Dari hasil uji komparasi, dilakukan konfigurasi untuk metode yang hasil ujinya lebih baik sehingga dapat menghasilkan QOS jaringan internet yang optimal dalam tahap Optimize ini. Perawatan, pemeliharaan, dan pengelolaan terhadap manajemen bandwidth termasuk pula dalam fase ini.

3. Hasil dan Analisa Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu diperlukan sebagai pedoman dan acuan dalam penelitian yang akan dijalankan. Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan adalah sebagai berikut dalam Tabel 1.

No	Judul Jurnal	Hasil Penelitian
1.	The Impact of QoS Changes towards Network Performance [9]	Rekomendasi dalam meningkatkan performansi jaringan terhadap perubahan kualitas parameter QoS.
2.	Analysis of the Vlan Network Delay Performance to Improve Quality of Services (QOS) [10]	Peningkatan QOS jaringan lokal menggunakan pembagian dengan metode VLAN
3.	Wireless Local Area Network VLAN Investigation and Enhancement Using	Integrasi VLAN ke dalam Wireless LAN untuk meningkatkan

	Routing Algorithms [11]	QOS jaringan komputer
4.	Design and Research of VLAN Communication Experiment Based on the Web Environment [12]	Rekomendasi untuk desain jaringan VLAN
5.	Pengembangan Metrik Keamanan Jaringan Komputer Berbasis Graf untuk Meningkatkan Keamanan Jaringan Komputer [13]	Algoritma untuk menghasilkan graf serangan status. Algoritma graf serangan status ini menghasilkan tabel perhitungan status kinerja jaringan.

Dari studi penelitian terdahulu mayoritas penelitian menggunakan metode VLAN dalam distribusi paket data jaringan internet. Beberapa penelitian mempunyai kebaruan tentang implementasi VLAN ke dalam jaringan wireless dan sistem keamanan dengan algoritma baru yang dapat menghasilkan graf serangan status dan menampilkan perhitungan terhadap status kinerja jaringan.

Kebaruan dari penelitian ini adalah metode yang dibandingkan adalah metode Routing dan VLAN, serta parameter QOS yaitu efisiensi resource, beban kerja resource, dan keamanan data yang berlaku baik untuk jaringan wired dan wireless. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah rekomendasi hasil komparasi 2 (dua) metode tersebut.

Implementasi Metode VLAN

VLAN pada dasarnya adalah sebuah LAN dalam mode virtual. Pada VLAN, workstation dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga dapat terhubung satu sama lain, walaupun tidak berdekatan secara fisik. Sedangkan pada LAN,

sebuah workstation akan menjadi bagian dari sebuah LAN jika workstation tersebut dimiliki oleh LAN tersebut secara fisik. Kriteria dari keanggotaan LAN adalah letak geografis [14].

Secara umum, beberapa keunggulan yang dimiliki VLAN dibandingkan dengan LAN antara lain [15]:

- a. Performa : Performa jaringan akan meningkat karena paket yang tidak perlu lewat akan diblokir. Sebuah broadcast domain yang besar akan dibagi menjadi beberapa broadcast domain yang lebih kecil sehingga trafik jaringan akan relatif lebih stabil dan tidak padat.
- b. Fleksibilitas : Desain jaringan akan menjadi lebih fleksibel karena VLAN memungkinkan anggotanya untuk berpindah-pindah lokasi tanpa harus merombak ulang perangkat jaringan. Cukup dengan konfigurasi pada perangkat lunak, hal tersebut dapat dicapai.
- c. Biaya instalasi yang sedikit : Jika VLAN yang ada ingin diubah, maka tidak diperlukan biaya instalasi maupun perangkat baru.
- d. Keamanan : Ketika paket disebar, hanya user yang berada dalam satu VLAN yang dapat menerima paket tersebut. User di grup yang lain tidak akan melihatnya karena telah tersegmentasi.

Keanggotaan VLAN dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu Static VLAN dan Dynamic VLAN. Static VLAN merupakan port-based VLAN yang dikonfigurasi secara manual (menempatkan kabel pada port yang diinginkan), sedangkan Dynamic VLAN akan bekerja secara otomatis menggunakan software yang dijalankan pada server pusat, biasanya dikenal sebagai VLAN Management Policy Server (VMPS) [16]. Pada perangkat jaringan Cisco, terdapat protocol Virtual Trunking Protocol (VTP) yang memungkinkan switch-switch untuk saling bertukar informasi. VTP memudahkan proses konfigurasi secara otomatis antar sesama switch. VTP bekerja pada Layer 2. VTP memudahkan network administrator dalam mengelola jaringan, baik menghapus maupun mengubah konfigurasi VLAN. Jika salah satu switch mengalami perubahan konfigurasi, maka VTP akan melakukan sinkronisasi konfigurasi pada switch lainnya [17].

Pada konfigurasi jaringan USM, konfigurasi VLAN digunakan untuk memisahkan konektivitas antar gedung sehingga dapat mempermudah administrator dalam memonitoring penggunaan traffic baik WAN maupun jaringan LAN disetiap gedung. Berikut dalam Tabel 2 adalah daftar penggunaan VLAN pada jaringan USM.

Tabel 2. Daftar Penggunaan VLAN di USM

No	Gedung	VLAN	Penggunaan
1	Datacenter		Trunk Backbone
		301	Gedung A
		302	Gedung B
		303	Gedung D
		304	Gedung E
		305	Gedung G
		306	Gedung M
		307	Gedung N
		308	Gedung O
		309	Gedung P
		310	Gedung T
		311	Gedung V
		312	Gedung E Lab
		100	Ruckus
2	Gedung A	5xx	LAN Gedung A
3	Gedung B	6xx	LAN Gedung B
4	Gedung D	7xx	LAN Gedung D
5	Gedung E	8xx	LAN Gedung E
6	Gedung G	9xx	LAN Gedung G
7	Gedung M	11xx	LAN Gedung M
8	Gedung N	12xx	LAN Gedung N
9	Gedung O	13xx	LAN Gedung O
10	Gedung P	14xx	LAN Gedung P
11	Gedung T	15xx	LAN Gedung T

12	Gedung V	16xx	LAN Gedung V
13	Gedung E Lab	17xx	LAN Gedung E Lab

Dari data tersebut kemudian dikonfigurasi melalui switch menghasilkan data konfigurasi seperti dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Konfigurasi VLAN di USM Mode GUI

VLAN ID	STP	802.1W	Port Members
1-DEFAULT-VLAN	Enabled	Disabled	1/1/13 Untagged 1/1/14 Untagged 1/1/15 Untagged 1/1/16 Untagged 1/1/17 Untagged 1/1/18 Untagged 1/1/19 Untagged 1/1/20 Untagged 1/1/21 Untagged 1/1/22 Untagged 1/1/23 Untagged 1/1/24 Untagged
300-management	Disabled	Disabled	1/1/1 Tagged 1/1/2 Tagged 1/1/3 Tagged 1/1/4 Tagged 1/1/5 Tagged 1/1/6 Tagged 1/1/7 Tagged 1/1/8 Tagged 1/1/9 Tagged 1/1/10 Tagged 1/1/11 Tagged 1/1/12 Tagged
301-Trunk-Gd-A	Disabled	Disabled	1/1/1 Tagged 1/1/25 Tagged
302-Trunk-Gd-B	Disabled	Disabled	1/1/2 Tagged 1/1/26 Tagged
303-Trunk-Gd-D	Disabled	Disabled	1/1/3 Tagged 1/1/27 Tagged
304-Trunk-Gd-E	Disabled	Disabled	1/1/4 Tagged 1/1/28 Tagged
305-Trunk-Gd-G	Disabled	Disabled	1/1/5 Tagged 1/1/29 Tagged
306-Trunk-Gd-M	Disabled	Disabled	1/1/6 Tagged 1/1/30 Tagged
307-Trunk-Gd-N	Disabled	Disabled	1/1/7 Tagged 1/1/31 Tagged
308-Trunk-Gd-O	Disabled	Disabled	1/1/8 Tagged 1/1/32 Tagged
309-Trunk-Gd-P	Disabled	Disabled	1/1/9 Tagged 1/1/33 Tagged 1/1/35 Tagged 1/1/47 Tagged 1/1/48 Tagged
310-Trunk-Gd-T	Disabled	Disabled	1/1/10 Tagged 1/1/34 Tagged
311-Trunk-Gd-V	Disabled	Disabled	1/1/11 Tagged 1/1/35 Tagged
312-Trunk-Gd-Elab	Disabled	Disabled	1/1/12 Tagged 1/1/36 Tagged

Implementasi Metode Routing

Routing merupakan proses dimana sesuatu dibawa dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Contoh riil sesuatu yang membutuhkan perutean adalah surat, panggilan telepon, perjalanan kereta api, dan lain sebagainya. Pada suatu jaringan router adalah perangkat yang digunakan untuk merutekan trafik jaringan. Untuk dapat melakukan perutean, suatu router, atau entitas apapun yang membangun routing, melakukan beberapa langkah berikut ini:

- Mengetahui alamat tujuan

- Mengenali sumber-sumber informasi perutean.
- Menemukan rute-rute.

Pada suatu sistem jaringan komputer, router mempelajari informasi routing dari sumber-sumber routing yang terletak di dalam tabel routing (routing table). Router akan berpedoman pada tabel ini untuk menyatakan port mana yang digunakan untuk forward paket-paket yang ditujukan kepadanya [18].

Dalam jaringan di USM, routing digunakan untuk mengakses di setiap IP Lokal yang berada pada masing-masing gedung. Dalam mode routing ini konektifitas antar gedung akan menggunakan IP address backbone dengan kelas yang sama dan kemudian routing ditambahkan agar IP Lokal di setiap gedung agar dapat diakses. Berikut dalam Tabel 4 adalah konfigurasi routing pada router distribusi USM mode GUI.

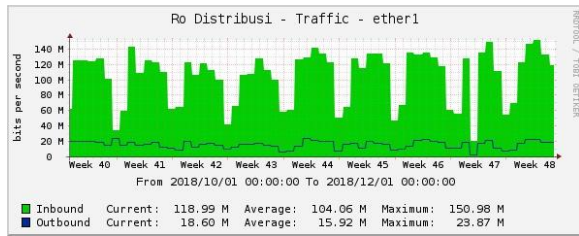
Tabel 4. Konfigurasi Routing pada Router Distribusi USM Mode GUI

AS	0.0.0.0/0	103.134.214.73 reachable vln216	1
AS	10.24.0.0/16	10.24.3.245 reachable ether3	1
AS	10.254.88.0/21	10.24.3.245 reachable ether3	1
AS	103.30.180.192/27	10.10.99.2 reachable eoiip-distrib-lama	1
AS	192.168.12.0/24	103.90.210.138 reachable Vlan304-gd-E	1
AS	192.168.13.20	10.10.99.2 reachable eoiip-distrib-lama	1
AS	192.168.13.42	103.134.214.154 reachable Vlan311-gd-V	1
AS	192.168.16.0/24	103.134.212.146 reachable Vlan308-gd-O	1
AS	192.168.19.0/24	103.134.212.138 reachable Vlan305-gd-G	1
DAo	10.10.44.0/23	103.134.214.154 reachable Vlan311-gd-V	110
DAo	10.20.0.0/24	103.90.210.130 reachable Vlan301-gd-A	110
DAo	10.100.24.0/24	103.134.212.154 reachable Vlan310-gd-T	110
DAo	192.168.10.0/24	103.90.210.146 reachable Vlan306-gd-M	110
DAo	192.168.11.0/24	103.134.214.130 reachable Vlan303-gd-D	110
Do	192.168.12.0/24	103.90.210.138 reachable Vlan304-gd-E	110
DAo	192.168.14.0/24	103.134.212.130 reachable Vlan302-gd-B	110
DAo	192.168.15.0/24	103.134.214.138 reachable Vlan307-gd-N	110
DAo	192.168.18.0/24	103.90.210.130 reachable Vlan301-gd-A	110
DAo	192.168.21.0/24	103.134.212.154 reachable Vlan310-gd-T	110
DAo	192.168.30.0/24	103.134.214.154 reachable Vlan311-gd-V	110
DAo	192.168.31.0/24	103.134.214.154 reachable Vlan311-gd-V	110
DAo	192.168.32.0/24	103.134.214.154 reachable Vlan311-gd-V	110

Penggunaan Traffic

Network Monitoring System (NMS) merupakan tool untuk melakukan monitoring atau pengawasan pada elemen-elemen dalam jaringan komputer. Fungsi dari NMS adalah melakukan pemantauan terhadap kualitas SLA (Service Level Agreement) dari bandwidth yang digunakan. Hasil dari pantauan tersebut biasanya dijadikan bahan dalam pengambilan keputusan oleh pihak manajemen, disisi lain digunakan oleh administrator jaringan (technical person) untuk menganalisa anomali atau kejanggalan dalam

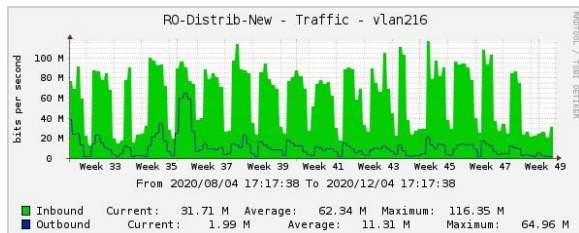
operasi jaringan [19]. Berikut dalam Gambar 2 ini merupakan data Network Monitoring System (NMS) penggunaan trafik pada jaringan VLAN.



Gambar 2. Data Network Monitoring System (NMS) Penggunaan Traffic pada Jaringan VLAN

Data Gambar 2 diatas merupakan penggunaan traffic selama 4 bulan yang rata-rata penggunaan bandwidth download sebesar 104.06 M dan upload sebesar 15.92 M. Maksimum penggunaan bandwidth download sebesar 150.98 M dan upload sebesar 23.87M.

Sedangkan pada Gambar 3 adalah merupakan data Network Monitoring System (NMS) penggunaan traffic pada jaringan routing.



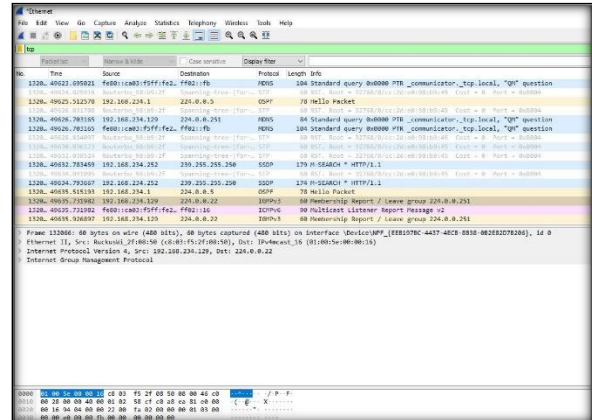
Gambar 3. Data Network Monitoring System (NMS) Penggunaan Traffic pada Jaringan Routing

Data Gambar 3 diatas adalah penggunaan traffic selama 4 bulan rata-rata penggunaan bandwidth download sebesar 62.34 M dan upload sebesar 11.31 M. Maksimum penggunaan bandwidth download sebesar 116.35 M dan upload sebesar 64.96 M.

Analisa Jaringan

Analisa jaringan dalam penelitian ini menggunakan software Wireshark untuk mengukur atau menilai QoS (Quality of Servis) dari sebuah jaringan Pengukuran Analisis (QoS) Quality of Service salah satu parameternya untuk menilai QoS tersebut dari sebuah jaringan adalah delay, Delay atau waktu paket di dalam system

adalah waktu sejak paket tiba ke dalam system sampai paket selesai ditransmisikan. Salah satu jenis delay adalah delay transmisi, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk sebuah pengirim mengirimkan sebuah paket. Delay dapat dipengaruhi oleh kongesti, media fisik, jarak atau juga waktu proses yang lama. Untuk pengukuran parameter QoS, Tampilan halaman depan Wireshark dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Sniffing Analisa Paket Data dengan Wireshark

Hasil monitoring didapatkan pengukuran Delay (Latency), Packet Loss, Jitter, dan Troughput untuk metode routing dan metode VLAN dari setiap gedung dengan berdasar dengan versi TIPHON yang menghasilkan rekapitulasi rekapitulasi perhitungan QoS kedua metode sebagai berikut dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan QoS

No Pengukuran	Paket Loss	Parameter QoS Routing			Parameter Qos Vlan				
		Delay (ms)	Jitter (bps)	Troughput (bps)	Paket Loss	Delay (ms)	Jitter (bps)	Troughput (bps)	
1	Gedung A	0%	20,7	0	93,7	0%	9,1	0	95,5
2	Gedung B	0%	30,1	0	80,50	0%	23	0	94,2
3	Gedung D	0%	40,2	0	79,50	0%	21,6	0	92,7
4	Gedung E	0%	44,1	0	78,30	0%	8,15	0	93,4
5	Gedung N	0%	19,8	0	92,6	0%	14	0	95,5

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran QoS yang di dapatkan untuk kedua metode tersebut didapatkan Paket Loss dengan metode Routing dengan nilai indeks QoS yaitu 0% dengan kategori memuaskan, dengan metode VLAN 0% dengan kategori memuaskan, Delay dengan metode Routing di dapat nilai rata rata

sebesar 30,98 ms dengan kategori memuaskan dan nilai rata rata Delay dengan metode VLAN sebesar 15,17 ms dengan kategori memuaskan, untuk nilai Jitter kedua metode dengan tersebut bernilai 0 ms yang berarti memuaskan atau sempurna, sedangkan untuk nilai Troughput dari kedua metode tersebut adalah metode Routing dengan rata – rata nilai sebesar 84,92 Mbps dengan kategori memuaskan sedangkan untuk metode VLAN nilai rata-rata sebesar 94,26 Mbps dengan kategori yang memuaskan.

Dari nilai-nilai parameter tersebut metode VLAN dapat disimpulkan lebih bagus dibandingkan dengan metode Routing meskipun kecil, dengan mengacu pada standard TRIPTON kedua metode tersebut masih layak digunakan akan tetapi metode Routing lebih efektif.

Saran yang dapat diajukan sebagai tindak lanjut penelitian kedepan adalah pengukuran QoS terhadap metode VLAN lebih mendalam seperti penerapan metode Virtual Trunking Protocol (VTP) untuk keamanan dan sinkronisasi distribusi data serta optimalisasi port gigabitethernet untuk transmisi data yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Adekitan and C. O. A. Awosope, "Internet Data Traffic Analysis for Identifying Usage Trends on Each Day of the Week in a University," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 17, no. 3, pp. 1442–1452, 2020, doi: 10.11591/ijeecs.v17.i3.pp1442-1452.
- [2] P. L. Dordal, *An Introduction to Computer Networks*, 2.0.2. Chicago: Department of Computer Science Loyola University Chicago, 2020.
- [3] M. Nadhom and P. Loskot, "Survey of Public Data Sources on the Internet Usage and other Internet Statistics," *Data Br.*, vol. 18, pp. 1914–1929, 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.04.107.
- [4] C. O. Agwu, N. E. Nwogbaga, and C. N. Ojiugwo, "The Proposed Roles of VLAN and Inter-VLAN Routing in Effective Distribution of Network Services in Ebonyi State University," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 4, no. 7, pp. 2608–2615, 2015.
- [5] M. Alasmar, G. Parisi, R. Clegg, and N. Zakhleniu, "On the Distribution of Traffic Volumes in the Internet and its Implications," *Proc. - IEEE INFOCOM*, vol. 2019-April, pp. 955–963, 2019, doi: 10.1109/INFOCOM.2019.8737483.
- [6] H. D. Haryoyudhanto, I. Fitri, and A. Aningsih, "Implementasi Encapsulation Jaringan Redudansi VLAN Menggunakan Metode Hot Standby Router Protocol (HSRP)," *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.)*, vol. 5, no. 1, pp. 49–54, 2020, doi: 10.31328/jointecs.v5i1.1247.
- [7] R. Vadivelu and S. Malathy, "Design and Performance Analysis of Complex Switching Networks through VLAN , HSRP and Link Aggregation," *Int. J. Printing, Packag. Allied Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 139–148, 2017.
- [8] M. R. R. Fernando, L. M. N. Magaly, and C. S. M. Jose, "Analysis of Methodologies of Data Networks LAN," *Int. J. Adv. Eng. Res. Sci.*, vol. 3, no. 9, pp. 52–61, 2016, doi: 10.22161/ijaers/3.9.9.
- [9] W. Sugeng, J. E. Istiyanto, K. Mustofa, and A. Ashari, "The Impact of QoS Changes towards Network Performance," *Int. J. Comput. Networks Commun. Secur.*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2015.
- [10] W. Amayreh, N. Alqahtani, and B. Al-Balawi, "Analysis of the Vlan Network Delay Performance to Improve Quality of Services (QOS)," *Commun. Appl. Electron.*, vol. 5, no. 9, pp. 51–54, 2016, doi: 10.5120/cae2016652378.
- [11] S. Y. Ameen and S. W. Nourildean, "Wireless Local Area Network VLAN Investigation and Enhancement Using Routing Algorithms," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 260–263, 2013.
- [12] G. Zhai, Z. Long, J. Zhong, and Y. Cui, "Design and Research of VLAN Communication Experiment Based on the Web Environment," *Int. Work. Inf.*

- Electron. Eng.*, vol. 29, pp. 2485–2490, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.337.
- [13] T. W. Purboyo, “Pengembangan Metrik Keamanan Jaringan Komputer Berbasis Graf untuk Meningkatkan Keamanan Jaringan Komputer,” Institut Teknologi Bandung, 2015.
- [14] I. A. Alimi and A. O. Mufutau, “Enhancement of Network Performance of an Enterprises Network with VLAN,” *Am. J. Mob. Syst. Appl. Serv.*, vol. 1, no. 2, pp. 82–93, 2015.
- [15] Y. Pantu, C. Iswahyudi, and Y. Rachmawati, “Analisis dan Perancangan VLAN pada Dishubkominfo Kabupaten Manggarai Menggunakan Cisco Packet Tracer,” *J. JARKOM*, vol. 3, no. 1, pp. 66–76, 2015.
- [16] R. Saibi, Kurniabudi, and A. Rahim, “Analisa dan Perancangan Jaringan Komputer Menggunakan Metode Virtual Local Area Network (VLAN) (Studi Kasus: Diskominfo Provinsi Jambi),” *J. Ilm. Media Process.*, vol. 9, no. 2, pp. 185–195, 2014.
- [17] A. A. Boavida, J. Triyono, and E. Sutanta, “Simulasi dan Perancangan Jaringan Teknologi VLAN di Escóla Técnico Agrícola de Natarbora Menggunakan Packet Tracer 6.0,” *J. JARKOM*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2013.
- [18] A. P. N. Permana and R. Firmansyah, “Distribusi Jaringan Menggunakan Routing OSPF dengan Metode Redistribution,” *J. SIMETRIS*, vol. 9, no. 1, pp. 519–532, 2018.
- [19] F. W. Christanto and M. S. Suprayogi, “Pemantauan Sumber Daya Virtual Server Pada Cloud Computing Universitas Semarang Menggunakan Network,” *SIMETRIS (Jurnal Tek. Mesin, Elektro, dan Ilmu Komputer)*, vol. 8, no. 2, pp. 629–638, 2017.