

Manajemen Bandwidth dalam Mengoptimalkan Penggunaan Router Mikrotik terhadap Pelayanan Koneksi Jaringan

Siti Aminah^{1✉}

¹Independen researcher

amoy.ami33@gmail.com

Abstract

The internet with unlimited reach can connect all computers in a connection that makes it easier for users to get information, communicate and establish partnerships. The need for technology is very important to support all existing activities, such as the process of teaching and learning activities, data processing and transactions, administrative needs, exchanging information even in terms of social needs and so on. The problem that often occurs when using the internet is that bandwidth management on the internet is irregular and even wasted, it will even make internet network users experience bandwidth struggles, delays, and lagging. There is a need for bandwidth usage management so that unwanted things don't happen. The purpose of this research will be to apply a Queue Tree method to control clients in providing internet services so that they remain stable and efficient to get test results with QoS (Quality Of Service) parameters in optimizing router use. proxy for network connection services. Where the results obtained from 5 clients and 10 clients by limiting upload and download bandwidth of 50 Mbps on Throughput are 32.08 (%) medium category. The 0.0024 (ms) delay category is very good. Packet Loss 7.4 (%) good category. Jitter of 0.0024 (ms) is very good. And the total result of 10 Client Throughput 17.23 (%) is bad. The delay is 0.0044 (ms) which is great. Packet Loss 4.2 (%) good category. Jitter 0.0044 (ms) is very good by using bandwidth management can optimize internet usage well.

Keywords: Bandwidth management, Quality of Service (QOS), Queue Tree, Network Optimization, Mikrotik.

Abstrak

Internet dengan jangkauan tanpa ada batas dapat menghubungkan seluruh komputer dalam suatu koneksi yang memudahkan pengguna dalam mendapatkan informasi, berkomunikasi dan menjalin kemitraan. Kebutuhan akan teknologi sangatlah penting untuk mendukung segala kegiatan yang ada, seperti proses kegiatan belajar mengajar, pengolahan dan transaksi data, kebutuhan administrasi, bertukar informasi bahkan dalam hal kebutuhan sosial dan sebagainya. Permasalahan yang sering terjadi pada saat menggunakan internet adalah manajemen bandwidth pada internet yang tidak teratur dan bahkan terbuang sia-sia, bahkan akan membuat pengguna jaringan internet mengalami perebutan bandwidth, Delay, dan lagging. Perlu adanya manajemen penggunaan bandwidth supaya tidak terjadi hal yang tidak diinginkan Tujuan penelitian ini nantinya akan menerapkan sebuah metode Queue Tree untuk mengontrol client dalam penyediaan pelayanan internet agar tetap stabil dan efisien untuk mendapatkan hasil pengujian dengan parameter QoS (Quality Of Service) dalam mengoptimalkan penggunaan router mikrotik terhadap pelayanan koneksi jaringan. Dimana hasil yang di dapat dari 5 client dan 10 client dengan melimit bandwidth upload dan download sebesar 50 Mbps pada Throughput adalah 32,08 (%) kategori sedang. Delay 0,0024 (ms) kategori sangat bagus. Packet Loss 7,4 (%) kategori bagus. Jitter 0,0024 (ms) sangat bagus. Dan hasil total dari 10 Client Throughput 17,23 (%) jelek. Delay adalah 0,0044 (ms) sangat bagus. Packet Loss 4,2 (%) kategori bagus. Jitter 0,0044 (ms) sangat bagus dengan menggunakan manajemen bandwidth dapat mengoptimalkan pemakaian internet dengan baik.

Kata kunci: Manajemen bandwidth, Quality Of Service (QOS), Queue Tree, Optimalisasi Jaringan, Mikrotik.

INFEB is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Internet dengan jangkauan tanpa ada batas dapat menghubungkan seluruh komputer dalam suatu koneksi yang memudahkan pengguna dalam mendapatkan informasi, berkomunikasi dan menjalin kemitraan **Error! Reference source not found.** Kebutuhan akan *internet* sangatlah penting untuk mendukung segala kegiatan yang ada, seperti proses kegiatan belajar mengajar, pengolahan dan transaksi data, kebutuhan administrasi, bertukar informasi bahkan dalam hal kebutuhan sosial dan sebagainya **Error! Reference source not found.** Oleh sebab itu optimalisasi pada jaringan komputer sangatlah penting

agar bisa menunjang kegiatan tersebut secara bersamaan tanpa mengurangi kualitas satu sama lain **Error! Reference source not found.** Permasalahan yang sering terjadi pada saat menggunakan internet adalah manajemen *bandwidth* pada *internet* yang tidak teratur dan bahkan terbuang sia-sia, bahkan akan membuat pengguna jaringan internet mengalami *perebutan bandwidth*, *Delay*, dan *lagging*. Perlu adanya manajemen penggunaan *bandwidth* supaya tidak terjadi hal yang tidak diinginkan **Error! Reference source not found.** Solusinya bisa menggunakan *Router* Mikrotik yang sudah sangat populer untuk melakukan tugas sebagai pengatur *bandwidth* **Error! Reference source not found.**

Kecepatan upload maupun download merupakan dua hal yang sangat penting untuk memperlancar transmisi data. Banyak hal yang dapat mempengaruhi kecepatan dua proses tersebut, diantaranya yaitu besarnya bandwidth yang digunakan jaringan tersebut dan seberapa efektif bandwidth tersebut bisa dimanfaatkan **Error! Reference source not found..**

Bagaimana memberikan pelayanan dalam mengakses internet yang baik dengan manajemen bandwidth per-user dalam penelitian ini nantinya akan menerapkan sebuah metode Queue Tree untuk mengontrol client dalam penyediaan pelayanan internet agar tetap stabil dan efisien **Error! Reference source not found..** Sehingga dapat mengurangi terjadi trouble ketika user melakukan akses internet. Bahkan ketika terjadi peningkatan jumlah user yang menggunakan internet dalam waktu yang bersamaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil pengujian parameter QoS (Quality of Service) dalam mengoptimalkan penggunaan router mikrotik terhadap pelayanan koneksi jaringan. Mengoptimalkan dan menganalisis manajemen bandwidth internet menggunakan metode Queue Tree[8].

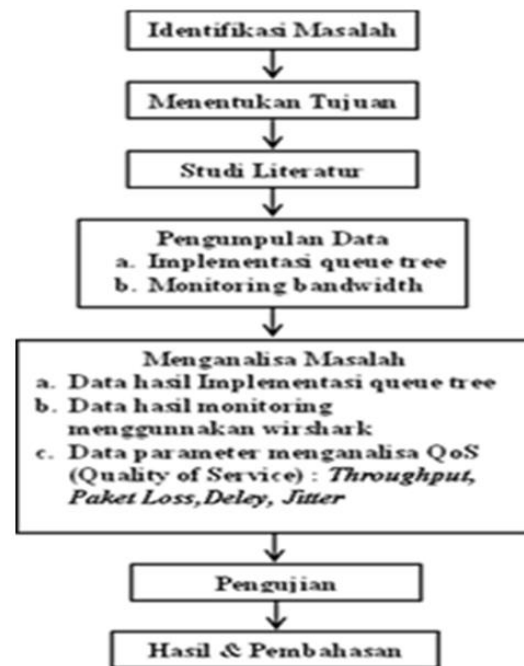
Metode *Queue Tree* saat ini sudah sangat banyak digunakan pada berbagai penelitian, *Queue Tree* berfungsi untuk melimit *bandwidth* pada mikrotik yang mempunyai dua koneksi internet karena paket marknya lebih berfungsi dari pada di *Simple Queue*, *Queue Tree* juga digunakan untuk membatasi satu arah koneksi saja baik itu download maupun upload **Error! Reference source not found..** Berdasarkan hal tersebut, timbul permasalahan bagaimana memberikan pelayanan dalam mengakses internet yang baik dengan manajemen bandwidth per-user dalam penelitian ini nantinya akan menerapkan sebuah metode Queue Tree untuk mengontrol client dalam penyediaan pelayanan internet agar tetap stabil dan efisien. Sehingga dapat mengurangi terjadi trouble ketika user melakukan akses internet. Bahkan ketika terjadi peningkatan jumlah user yang menggunakan internet dalam waktu yang bersamaan. T

ujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil pengujian parameter QoS dalam mengoptimalkan Penggunaan Router Mikrotik Terhadap Pelayanan Koneksi Jaringan **Error! Reference source not found..** Riset melakukan di perguruan tinggi, yaitu fakultas sains dan teknologi Universitas PGRI Silampari yang berada di wilayah Kota Lubuklinggau lalu membuat desain topologi menggunakan MikroTik dengan menempatkannya antara server dengan client untuk memproses pertukaran data. Perancangan ini dibuat untuk membandingkan penggunaan bandwidth antara jaringan dengan MikroTik dan jaringan tanpa MikroTik. Bertujuan untuk meneliti pengaruh penggunaan MikroTik terhadap manajemen pemakaian bandwidth dengan melakukan analisa terhadap besar penggunaan bandwidth yang diterima oleh klien

sebelum dan sesudah menggunakan MikroTik dengan pendekatan Queues Tree **Error! Reference source not found..**

2. Metodologi Penelitian

Kerangka kerja penelitian adalah suatu alur sistematis yang digunakan dalam penelitian supaya penelitian yang dilakukan dapat tersusun secara sistematis dan diterima oleh semua pihak. Adapun kerangka kerja penelitian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja

2.1. Identifikasi Masalah

Langkah awal dari penelitian ini dimulai dari tahap Identifikasi Masalah. Pada tahap ini dirumuskan masalah yang akan menjadi objek penelitian perumusan masalah apa saja yang terdapat pada objek penelitian serta memberikan batasan dari permasalahan yang akan diteliti. Bagaimana menerapkan metode Queue Tree dalam mengoptimalkan penggunaan router mikrotik terhadap pelayanan koneksi jaringan **Error! Reference source not found..**, apa yang akan dijadikan penilaian dalam melakukan identifikasi dan bagaimana mengukur tingkat akurasi dalam pelayanan jaringan di fakultas sains dan teknologi Universitas PGRI Silampari Lubuklinggau.

2.2. Menentukan Tujuan

Tahapan menentukan tujuan adalah sebuah tahapan yang harus dicapai oleh sebuah penelitian. Dan tujuan dari penelitian ini adalah pengoptimalan pelayanan jaringan internet yang dapat membantu penggunaan internet dalam melakukan kegiatan belajar mengajar di lingkungan fakultas sains dan teknologi

2.3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori tentang subjek penelitian **Error! Reference source not found.** Yaitu pengoptimalan layanan jaringan internet. Kemudian dalam tahap ini juga dikumpulkan pengetahuan tentang prinsip dan teori tentang pengenalan manajemen bandwidth menggunakan mikrotik router untuk mengoptimalkan pelayanan penggunaan jaringan internet dengan menggunakan software winbox dan speedtest.

2.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan metode studi lapangan. Penulis melakukan survey lapangan pada fakultas sains dan teknologi Universitas PGRI Silampari Lubuklinggau, dengan mulai dari proses mengamati dan menganalisa QoS (Quality of Service) manajemen bandwidth internet menggunakan metode Queue Tree.

a. Observasi

Pengumpulan data dengan teknik observasi ini penulis mendatangi langsung fakultas sains dan teknologi Universitas PGRI Silampari Lubuklinggau untuk mengetahui permasalahan pemakaian jaringan internet. Data yang dikumpulkan disini adalah data hasil pengujian pemakaian jaringan.

b. Wawancara

Dalam hal ini penulis melakukan wawancara dengan UPT. Pusat komputer yaitu bapak Nugroho Ponco Riyanto, M.Kom fakultas sains dan teknologi Universitas PGRI Silampari Lubuklinggau.

c. Studi Pustaka

Penulis mengumpulkan, mempelajari serta memahami data dari literatur-literatur ilmiah yang menggunakan metode serupa dengan penelitian ini yaitu metode Queue Tree.

2.5. Menganalisa Masalah

Pada tahap ini akan dilakukan analisa data hasil terhadap permasalahan yang ada berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan dengan tahapan-tahapan yang ada dalam proses menganalisa Quality of Service adalah kemampuan untuk menggambarkan suatu tingkatan pencapaian di dalam suatu sistem komunikasi data. Quality of Service adalah mekanisme jaringan yang memungkinkan aplikasi atau layanan beroperasi secara implementasi. Tujuan Quality of Service adalah menggunakan infrastruktur yang sama untuk memenuhi persyaratan layanan yang berbeda. Manajemen bandwidth internet menggunakan metode Queue Tree. Beberapa parameter QoS yang sering digunakan untuk mengukur kinerja jaringan yaitu Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter **Error! Reference source not found.** Indeks parameter disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks Parameter QoS

Nilai	Presentase (%)	Indeks
3,8 – 4	100%	Sangat Bagus
3 – 3,79	75 – 94,75%	Bagus
2 – 2,99	50 – 74,75%	Sedang
1 – 1,99	25 – 49,75%	Jelek

- a. Throughput adalah bandwidth aktual yang diukur pada waktu tertentu untuk mentransfer file. Tidak seperti bandwidth, meskipun unitnya sama dengan bps, throughput juga mewakili bandwidth sebenarnya pada suatu waktu dan pada kondisi dan jaringan tertentu yang digunakan untuk mengunduh suatu file dengan ukuran tertentu. Indeks *Throughput* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	76 – 100%	4
Bagus	51 – 75%	3
Sedang	26 – 50%	2
Jelek	25%	1

Rumus *Throughput* yang digunakan disajikan pada Persamaan (1).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket Data Diterima}}{\text{Lama Pengmatan}} \times 100\% \quad (1)$$

b. *Packet Loss*

Packet Loss adalah parameter yang digunakan untuk menggambarkan situasi yang mewakili jumlah total paket yang hilang yang mungkin terjadi karena collision (tabrakan) dan congestion (kemacetan) di jaringan. Indeks *Packet Loss* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Packet Loss*

Kategori Degradasi	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

Rumus *Packet Loss* yang digunakan disajikan pada Persamaan (2).

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima}}{\text{Paket data dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

c. *Delay*

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan mengirim paket data dari satu komputer ke komputer lainnya. Keterlambatan proses pengiriman paket data di jaringan komputer dapat disebabkan oleh antrian yang panjang atau penggunaan rute lain untuk menghindari kemacetan rute. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kemacetan, atau waktu pemrosesan yang lama. Indeks *Delay* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Delay

Kategori Delay	Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

Rumus *Delay* yang digunakan disajikan pada Persamaan (3).

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket Diterima}} \quad (3)$$

d. Jitter

Jitter atau variasi delay adalah perubahan penundaan atau perbedaan antara penundaan pertama dan penundaan berikutnya. Jika penundaan transmisi berubah terlalu banyak, hal itu akan mempengaruhi kualitas data yang dikirimkan. *Jitter* merupakan penundaan paket data dikenal sebagai *QoS* yang sangat penting terutama untuk aplikasi-aplikasi yang realtime. Indeks *Jitter* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Jitter

Kategori Jitter	Besaran Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms – 75 ms	3
Sedang	76 ms – 125 ms	2
Jelek	125 ms – 255 ms	1

Rumus *Jitter* yang digunakan disajikan pada Persamaan (4).

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

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini adalah berupa Tabel dan Diagram pada pengujian *Quality of Service*. Dilanjutkan dengan rancangan manajemen bandwidth menggunakan metode *Queue Tree*, kemudian dibandingkan keduanya pada parameter *QoS* yaitu *Throughput*, *Delay*, *Packet Loss*, *Jitter*. Login Mikrotik dilakukan dengan menggunakan software untuk remote Mikrotik yaitu Winbox, dengan winbox bisa login kedalam Mikrotik menggunakan IP Address dan Mac Address terlihat pengaturan IP Address. Pada tahap analisis, dilakukan dengan menganalisa data dari ISP (*internet service provider*) seperti *IP*, *DNS*, *Gateway*, *Bandwidth*, dll, kemudian memasukkan data tersebut kedalam Mikrotik melalui Winbox. Pengujian didapat dari parameter *QoS* yaitu *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay* dan *Jitter* pada Tabel 6 sampai Tabel 9.

Tabel 6. Hasil pengujian pada *Queue Tree* pada 5 Client

No	Throughput (%)	Delay (ms)	Paket loss (%)	Jitter (ms)
1	32,70	0,0024	8,1	0,0024
2	31,00	0,0024	7,0	0,0024
3	32,70	0,0024	7,3	0,0024
4	31,40	0,0024	6,4	0,0024
5	31,70	0,0024	7,5	0,0024
6	31,60	0,0024	7,8	0,0024
7	33,80	0,0023	7,7	0,0023
8	31,70	0,0024	7,8	0,0024
9	32,20	0,0024	7,0	0,0024
10	32,00	0,0024	7,4	0,0024

Tabel 7. Hasil pengujian pada *Queue Tree* pada 10 Client

No	Throughput (%)	Delay (ms)	Paket loss (%)	Jitter (ms)
1	16,00	0,0043	4,9	0,0043
2	17,20	0,0043	4,0	0,0043
3	17,30	0,0043	3,9	0,0043
4	18,20	0,0042	5,2	0,0042
5	16,20	0,0045	4,4	0,0045
6	17,00	0,0043	5,5	0,0043
7	17,20	0,0045	1,9	0,0045
8	17,60	0,0047	4,2	0,0047
9	17,20	0,0045	3,8	0,0045
10	18,40	0,0043	4,3	0,0043

Tabel 8. Hasil pengujian pada 5 Client

Hasil Total	<i>Queue tree</i>	Kategori
Throughput (%)	32,0800	Sedang
Delay (ms)	0,0024	Sangat Bagus
Paket loss (%)	7,4000	Bagus
Jitter (ms)	0,0024	Sangat Bagus

Tabel 9. Hasil pengujian pada 10 Client

Hasil Total	<i>Queue tree</i>	Kategori
Throughput (%)	17,2300	Sedang
Delay (ms)	0,0044	Sangat Bagus
Paket loss (%)	4,2000	Bagus
Jitter (ms)	0,0044	Sangat Bagus

Hasil dari keuntungan menggunakan manajemen bandwidth *Queue Tree* adalah dapat mengatur besar kecilnya *bandwidth* yang dibutuhkan oleh *client* secara dinamis sehingga pembagian *bandwidth* kepada *client* menjadi teratur, adil dan dapat memaksimalkan *bandwidth* yang tersedia. Pengaturan ini menjadikan jaringan bekerja dengan sangat optimal sehingga seluruh *client* dapat terlayani dengan baik.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini adalah user mendapatkan limit bandwidth upload dan download sebesar 50 Mbps sesuai dengan perbandingan melalui software Wireshark. Dengan parameter Quality Of Service (QoS) dalam pengujian download berkas meliputi throughput, Delay, packet loss, dan jitter sesuai menurut standar Tiphon. Dimana hasil total dari 5 Client *Queue Tree* pada Throughput adalah 32,08 (%) atau masuk dalam kategori sedang. Sedangkan pada total Delay adalah 0,0024 (ms) atau masuk dalam kategori sangat bagus. Pada total Packet Loss adalah 7,4 (%) atau masuk dalam kategori bagus. Sedangkan pada rata - rata Jitter adalah 0,0024 (ms) atau masuk dalam kategori sangat bagus. Dan hasil total dari 10 Client *Queue Tree* pada Throughput adalah 17,23 (%)

atau masuk dalam kategori jelek. Sedangkan pada total Delay adalah 0,0044 (ms) atau masuk dalam kategori sangat bagus. Pada total Packet Loss adalah 4,2 (%) atau masuk dalam kategori bagus. Sedangkan pada rata - rata Jitter adalah 0,0044 (ms) atau masuk dalam kategori sangat bagus.

Daftar Rujukan

- [1] Putra, I. B. A. E. M., Adnyana, M. S. I. D., & Jasa, L. (2021). Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 20(1), 95-102. <https://doi.org/10.24843/MITE.2021.v20i01.P11>
- [2] Daru, A. F., Christanto, F. W., & Kurniawan, A. (2021). Metode PCQ dan Queue Tree untuk Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 407-412. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.3026>
- [3] Rahmi, A. (2022). Optimalisasi Jaringan 4g Pada Frekuensi 1800mhz Dengan Metode Re-Azimuth Dan Tilting Menggunakan Software Simulasi Atoll (Study Kasus: Kota Pemalang). *Media Elektrika*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.26714/Me.V15i1.9972>
- [4] Simpony, B. K. (2021). Simple Queue Untuk Manajemen User dan Bandwidth di Jaringan Hotspot Menggunakan Mikrotik. *Jurnal Informatika*, 8(1), 87-92. <https://doi.org/10.31294/ji.v8i1.9385>
- [5] Rasim, R., Mugiarto, M., & Warta, J. (2022). Implementasi Metode Queue Tree Untuk Manajemen Bandwidth Berbasis Hotspot (Studi Kasus: Onesnet Bekasi). *JSI (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 9(1), 151-160. <https://doi.org/10.35968/Jsi.V9i1.851>
- [6] Budiman, A., Sucipto, A., & Dian, A. R. (2021). Analisis Quality Of Service Routing MPLS OSPF Terhadap Gangguan Link Failure. *Techno.Com*, 20(1), 28-37. <https://doi.org/10.33633/Tc.V20i1.4038>
- [7] Putra, Y. S., Indriastuti, M. T., & Mukti, F. S. (2020). Optimalisasi Nilai Throughput Jaringan Laboratorium Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Studi Kasus: Stmik Asia Malang). *Network Engineering Research Operation*, 5(2), 83-90. <http://dx.doi.org/10.21107/nero.v6i1.198>
- [8] Prihantoro, C., Hidayah, A. K., & Fernandez, S. (2021). Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Jaringan Internet Universitas Muhammadiyah Bengkulu. *Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)*, 13(2), 81. <https://doi.org/10.31603/binr.5447>
- [9] Milasari, M., Syukri, A., Badarussamsi, B., & Rizki, A. F. (2021). Filsafat Ilmu dan Pengembangan Metode Ilmiah. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 4(3), 217-228. <https://doi.org/10.23887/jfi.v4i3.35499>
- [10] Tampubolon, D. S., Aprilyani, H., & Pulungan, R. W. (2022). Perancangan Jaringan dan Manajemen Bandwidth User dengan Mikrotik di Dinas Kominfo Provinsi Sumatera Utara. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (CoSIE)*, 26-37. <https://doi.org/10.55537/cosie.v1i1.28>
- [11] Sadino, S. K., Saedudin, R. R., & Hediyanto, U. Y. K. S. (2021). Analisis Simulasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Simple Queue Untuk Meningkatkan Kualitas Jaringan. *eProceedings of Engineering*, 8(5). <https://doi.org/10.51211/itbi.v6i1.1698>
- [12] Marpaung, N. L., Amri, R., & Saputri, R. D. (2022). Qualification of Internet Network Using Zoom Application. *GCISTEM Proceeding*, 1, 160-170. <https://doi.org/10.56573/gcistem.v1i.25>
- [13] Pratama, R., Irawan, J. D., & Orisa, M. (2022). Analisis Quality Of Service Sistem Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Laboratorium Teknik Informatika Itn Malang. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 196-204. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4557>
- [14] Ferdiansyah, P., Indrayani, R., & Subektiningsih, S. (2020). Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada Router dengan Standar Deviasi. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 6(1), 38-45. <https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.v6i1.2020.38-45>
- [15] Hasnidar, S., Purnawansyah, P., & Fattah, F. (2021). Analisis Perbandingan Quality of Service (QoS) Pada Jaringan 4G Terhadap Layanan Video Conference. *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, 2(2), 78-82. <https://doi.org/10.33096/busiti.v2i2.751>
- [16] Desmira, D. (2021). Analisa Optimalisasi Kinerja Jaringan Metropolitan Area Network Pada Layanan Internet Berbasis Mikrotik Sytem Di Pt. Bina Technindo Solution. Prosisko: *Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 8(1), 8-17. <https://doi.org/10.30656/prosisko.v8i1.2936>
- [17] Rezki, M., Ihsan, M. I. R., & Ambarsari, D. A. (2021). Animasi Interaktif Klasifikasi Jangkauan Dan Topologi Jaringan Komputer Berbasis Android Sebagai Media Belajar. *Computer Science (CO-SCIENCE)*, 1(2), 113-122. <https://doi.org/10.31294/coscience.v1i2.466>
- [18] Choirina, P., Huda, M. M., Jannah, U. M., Utama, S., & Pradani, E. R. K. (2021). Pelatihan Topologi Jaringan Menggunakan Cisco Packet Tracer untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Politeknik Angkatan Darat Malang. *Mitra Mahajana: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 117-123. <https://doi.org/10.37478/mahajana.v2i2.848>
- [19] Maulana, A. R., Walidainy, H., Irhamsyah, M., Fathurrahman, F., & Bintang, A. (2021). Analisis Quality of Service (Qos) Jaringan Internet pada Website E-Learning Universitas Syiah Kuala Berbasis Wireshark. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 6(2). <https://doi.org/10.24815/kitektro.v6i2.22284>
- [20] Budiman, A., Sucipto, A., & Dian, A. R. (2021). Analisis Quality of Service Routing MPLS OSPF Terhadap Gangguan Link Failure. *Techno. com*, 20(1), 28-37. <https://doi.org/10.33633/tc.v20i1.4038>