

Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Universitas Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)

Valia Yoga Pudya Ardhana^{1*}, M. Dermawan Mulyodiputro²

¹Fakultas Sains & Teknologi, Teknologi Informasi, Universitas Qamarul Huda Badaruddin, Lombok Tengah, Indonesia

²Fakultas Sains & Teknologi, Ilmu Komputer, Universitas Qamarul Huda Badaruddin, Lombok Tengah, Indonesia

Email: ^{1,*}valianypa81@gmail.com, ²m.dermawan.m@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: valianypa81@gmail.com

Abstrak-Universitas Qamarul Huda Badaruddin adalah salah satu Perguruan Tinggi swasta yang berada di Kabupaten Lombok Tengah dengan jumlah mahasiswa yang kian meningkat. Seiring dengan meningkatnya jumlah mahasiswa tentunya meningkat pula jumlah pengguna internet di kampus, membuat lalu-lintas pada jaringan semakin kompleks dan dibutuhkan sebuah manajemen jaringan. Quality of Service (QoS) dapat dikatakan sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (Service) jaringan untuk mengetahui seberapa baik kualitas yang ada pada layanan tersebut. Dengan adanya Quality of Service (QoS) maka bandwidth dapat digunakan secara optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan internet yang diterima oleh pengguna. Penerapan manajemen bandwidth yang sesuai perlu dilakukan, salah satunya adalah menggunakan metode HTB yaitu manajemen bandwidth dengan teknik antrian peminjaman bandwidth antar class atau user. Yang dapat mengalokasikan bandwidth sesuai dengan kebutuhan bandwidth user sesuai dengan prioritas yang ditentukan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui Quality of Service (QoS) yang dihasilkan metode HTB dalam melakukan manajemen bandwidth sehingga mampu meningkatkan layanan internet yang ada di Universitas Qamarul Huda Badaruddin. Hasil analisis Quality of Service (QoS) berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) diperoleh hasil yang memuaskan yaitu nilai sebesar 3,67. Hasil ini didapatkan dari rata-rata hasil pengujian pada 4 parameter yaitu delay, jitter, packet loss, dan throughput.

Kata Kunci: QoS; HTB; UNIQHBA; Delay; Jitter; Packet Loss; Throughput

Abstract-Qamarul Huda Badaruddin University is a private university located in Central Lombok Regency with an increasing number of students. Along with the increasing number of students, of course, the number of internet users on campus also increases, making traffic on the network more complex and requiring network management. Quality of Service (QoS) can be regarded as a terminology used to define the characteristics of a network service (Service) to find out how good the quality is in that service. With Quality of Service (QoS), bandwidth can be used optimally so as to improve the quality of internet services received by users. The application of appropriate bandwidth management needs to be done, one of which is using the HTB method, namely bandwidth management with bandwidth borrowing queuing techniques between classes or users. Which can allocate bandwidth according to the user's bandwidth requirements in accordance with the specified priority. The purpose of this study is to determine the Quality of Service (QoS) produced by the HTB method in conducting bandwidth management so as to improve existing internet services at Qamarul Huda Badaruddin University. The results of the Quality of Service (QoS) analysis based on the tests that have been carried out show that by applying the Hierarchical Token Bucket (HTB) method, satisfactory results are obtained, namely a value of 3.67. These results are obtained from the average test results on 4 parameters, namely delay, jitter, packet loss, and throughput.

Keywords: QoS; HTB; UNIQHBA; Delay; Jitter; Packet Loss; Throughput

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia semakin mempermudah setiap orang dalam melakukan pekerjaan di berbagai bidang, diantaranya dalam bidang pendidikan. Salah satu perkembangan teknologi informasi dan komunikasi adalah internet. Kehadiran internet di lingkungan Perguruan Tinggi, sudah sangat dibutuhkan mengingat bahwa teknologi informasi ini telah memberikan kemudahan dalam mendukung proses komunikasi dan sarana pra-sarana akan dilakukan [1].

Universitas Qamarul Huda Badaruddin adalah salah satu Perguruan Tinggi swasta yang berada di Kabupaten Lombok Tengah [2][3]. Dengan memiliki 15 Program Studi tentunya Universitas Qamarul Huda Badaruddin merupakan Perguruan Tinggi besar yang memiliki mahasiswa tidak sedikit dimana setiap tahunnya jumlah mahasiswa Universitas Qamarul Huda Badaruddin (UNIQHBA) semakin meningkat [4][5]. Hal ini berdampak pada kebutuhan internet oleh sivitas akademika Universitas Qamarul Huda Badaruddin.

Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna internet, membuat lalu-lintas pada jaringan semakin kompleks dan dibutuhkan sebuah manajemen jaringan [6]. Quality of Service (QoS) dapat dikatakan sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (Service) jaringan untuk mengetahui seberapa baik kualitas yang ada pada layanan tersebut [7]. QoS didesain untuk membantu end server menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa user mendapatkan kinerja yang handal dari aplikasi-aplikasi jaringan. Dengan adanya Quality of Service (QoS) maka bandwidth dapat digunakan secara optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan internet yang diterima oleh pengguna.

Tetapi terdapat beberapa kendala dan permasalahan pada manajemen bandwidth, seperti permasalahan kegagalan dan keterlambatan dalam proses pengiriman data dikarenakan padatnya traffic pada jalur internet tersebut mengakibatkan banyaknya pengguna dari jaringan internet terhadap bandwidth yang dimiliki dan bisa juga karena tidak adanya pengaturan atau pembagian bandwidth [8][9]. Sehingga optimalisasi penggunaan bandwidth adalah salah satu keharusan admin jaringan agar penggunaan bandwidth dapat digunakan secara optimal dan user mendapatkan pelayanan yang baik.

Manajemen bandwidth menentukan bagaimana kualitas dari layanan internet suatu jaringan, sehingga manajemen bandwidth yang diterapkan harus sesuai dengan kebutuhan dan keadaan suatu jaringan di Universitas Qamarul Huda Badaruddin yang memerlukan manajemen bandwidth yang sesuai dengan kebutuhan, aktivitas Universitas Qamarul Huda Badaruddin adalah melakukan aktivitas akademik seperti pengolahan data mahasiswa dan dosen, sharing file melalui jaringan lokal dan aktivitas yang dilakukan mahasiswa berupa browsing atau lainnya yang sebenarnya membutuhkan bandwidth yang sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu dibutuhkan penerapan manajemen bandwidth yang sesuai, salah satunya adalah HTB. Manajemen bandwidth dengan teknik antrian peminjaman bandwidth antar class atau user. Yang dapat mengalokasikan bandwidth sesuai dengan kebutuhan bandwidth user sesuai dengan prioritas yang ditentukan

Beberapa penelitian sebelumnya yaitu [10] dimana nilai dari parameter QoS dalam setiap pengujian menggunakan adopsi model topologi CeLOE Telkom University pada GNS3. Parameter QoS yang bagus dapat membuat jaringan lebih teroptimasi, sehingga setiap client yang ada akan mendapatkan bandwidth yang cukup dan stabil dalam melakukan akses, sehingga dengan mendapatkan bandwidth yang merata Quality of Service dari jaringan akan meningkat saat dalam pemakaian. [11] Menerapkan metode Hierarchical Token Bucket pada SMK Muhammadiyah Karangampel dan dinilai lebih efektif dalam membagi bandwidth secara adil dan merata kepada masing-masing client sehingga pelayanan jaringan lebih optimal.

Sedangkan [12] menggunakan metode hierarchical token bucket dengan penambahan bucket size pada usaha Aj COMP dengan pengambilan 6 customer sebagai sampel pada customer dengan paket 8 Mbps. Hasil yang diperoleh jika semua customer menggunakan internet secara bersamaan maka akan mendapatkan jatah masing-masing sesuai dengan max limit pada child dan jika di jumlah semua total max limit pada child mendapatkan hasil sesuai dengan max limit pada parent. [13] Melakukan optimalisasi bandwidth menggunakan HTB pada SMK Pasundan dimana terdapat sebuah perubahan yang signifikan terutama pada delay dan juga pada jitter.

Berdasarkan hasil di atas, terlihat bahwa kualitas jaringan dengan metode HTB dan manajemen bandwidth lebih optimal dan maksimal dan juga tidak terjadi hal-hal seperti lag dan lain sebagainya kepada client. [14] Melakukan analisis QoS pada warnet menggunakan metode HTB dimana Implementasi HTB dapat mengontrol delay dan throughput dari setiap client yang ada di jaringan. Pada jaringan dengan metode HTB (Hierarchical Token Bucket), penggunaan bandwidth pada satu client tidak akan mempengaruhi response time pada client lainnya dalam satu jaringan. [15] Melakukan analisis QoS dengan membandingkan WIFI kampus terhadap 4G XL.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui QoS yang dihasilkan metode HTB dalam melakukan manajemen bandwidth sehingga mampu meningkatkan layanan internet yang ada di Universitas Qamarul Huda Badaruddin. Manfaat perkembangan ilmu pengetahuan adalah bahwa kualitas jaringan dengan menggunakan metode antrian HTB (Hierarchical Token Bucket) lebih optimal, hal ini dikarenakan semua client akan mendapatkan kuota bandwidth sesuai dengan rule yang diterapkan pada bandwidth management.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan penelitian yang penulis lakukan dalam penelitian.

1. Studi Literatur
Tahap ini dilakukan untuk mendasari pemikiran dari bahan yang diperoleh dengan metode membaca ataupun menekuni literatur yang berhubungan dengan pengembangan jaringan berbasis mikrotik.
2. Pengumpulan Data
Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode wawancara. Data yang digunakan untuk penelitian berbentuk topologi jaringan di Universitas Qamarul Huda Badaruddin (UNIQHBA), alokasi bandwidth, serta spesifikasi peralatan yang digunakan di Universitas Qamarul Huda Badaruddin (UNIQHBA).
3. Perancangan Topologi
Dalam tahap ini dilakukan perancangan desain topologi jaringan komputer, baik topologi fisik ataupun topologi logis cocok dengan ketersediaan teknologi yang terdapat di Universitas Qamarul Huda Badaruddin (UNIQHBA). Dilakukan desain terhadap sistem yang hendak dibentuk dengan tujuan mengoptimalkan pemakaian bandwidth yang ada pada Universitas Qamarul Huda Badaruddin (UNIQHBA).
4. Implementasi Hierarchical Token Bucket
Pada tahap implementasi ini dilakukan pelaksanaan rancangan dengan Hierarchical Token Bucket (HTB) untuk pembagian bandwidth dengan hasil jaringan sama rata.
5. Analisa QoS.
Pada tahap ini dilakukan analisa QoS dengan parameter Delay, Jitter, Packet loss, serta Throughput.
6. Pengujian
Pada tahap ini dilakukan pengujian parameter QoS pada jam padat untuk mengenali sepanjang mana kinerja performansi manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket.

Dari tahapan penelitian tersebut dapat digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Hierarchical Token Bucket

Pada antrian HTB mempunyai parameter yang menyusunnya dalam antrian [16] yaitu :

1. Rate
Parameter rate menentukan bandwidth maksimum yang bisa digunakan oleh setiap class, jika bandwidth melebihi nilai "rate", maka paket data akan dipotong atau dijatuhkan (drop).
2. Ceil
Parameter ceil di-set untuk menentukan peminjaman bandwidth antar class (kelas), peminjaman bandwidth dilakukan kelas paling bawah ke kelas di atasnya, teknik ini disebut link sharing.
3. Random Early Detection (RED)
Random Early Detection atau bisa disebut Random Early Drop biasanya digunakan untuk gateway/router backbone dengan tingkat trafik yang sangat tinggi. RED mengendalikan trafik jaringan sehingga terhindar dari kemacetan pada saat trafik tinggi berdasarkan pemantauan perubahan nilai antrian minimum dan maksimum. Jika isi antrian dibawah nilai minimum, maka mode 'drop' tidak berlaku, saat antrian mulai terisi hingga melebihi nilai maksimum, maka RED akan membuang (drop) paket data secara acak sehingga kemacetan pada jaringan dapat dihindari. RED juga mempunyai parameter yang menyusunnya, yaitu: Max, Min, Probability, Limit, Burst, Avpkt, Bandwith, Ecn (Explicit Congestion Notification).

2.3 Quality of Service

Analisa QoS menggunakan parameter delay, jitter, packet loss, dan throughput. QoS membantu user agar lebih mampu di dalam mendapatkan performa yang lebih cepat dari aplikasi berbasis jaringan [9]. Nilai dari Quality of Service menurut standard kualitas jaringan dari TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network) [10] di jelaskan di Tabel 1.

Tabel 1. Index Quality of Service

Nilai	Persentase	Index
3,8-4	95-100%	Sangat Memuaskan
3-3,79	75-94,75%	Memuaskan
2-2,99	50-74,75%	Sedang
1-1,99	25-49,75%	Jelek

a. Delay

Adalah waktu yang dibutuhkan data untu menempuh jarak dari asal ketujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama, yang dijelaskan di Tabel 2.

Tabel 2. Delay

Degradasi	Besar Delay	Index
Sangat Memuaskan	< 150 m/s	4
Memuaskan	150 m/s – 300 m/s	3
Sedang	300 m/s – 450 m/s	2

Degradasi	Besar Delay	Index
Jelek	> 450 m/s	1

b. Jitter

Adalah variasi atau perubahan delay waktu kedatangan paket. Jitter juga diartikan sebagai gangguan pada komunikasi digital atau analog yang disebabkan karena perubahan sinyal. Di jelaskan di Tabel 3.

Tabel 3. Jitter

Degradasi	Peak Jitter	Index
Sangat Memuaskan	0 m/s	4
Memuaskan	0 m/s – 75 m/s	3
Sedang	75 m/s – 125 m/s	2
Jelek	125 m/s – 225 m/s	1

c. Packet Loss

Adalah suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket tidak dapat sampai pada tujuan yang ada, dimana hal tersebut bisa diakibatkan oleh collision dan congestion pada jaringan.

Tabel 4. Packet Loss

Degradasi	Packet Loss	Index
Sangat Memuaskan	0 - 2 %	4
Memuaskan	3 - 14 %	3
Sedang	12 - 24 %	2
Jelek	> 25 %	1

d. Throughput

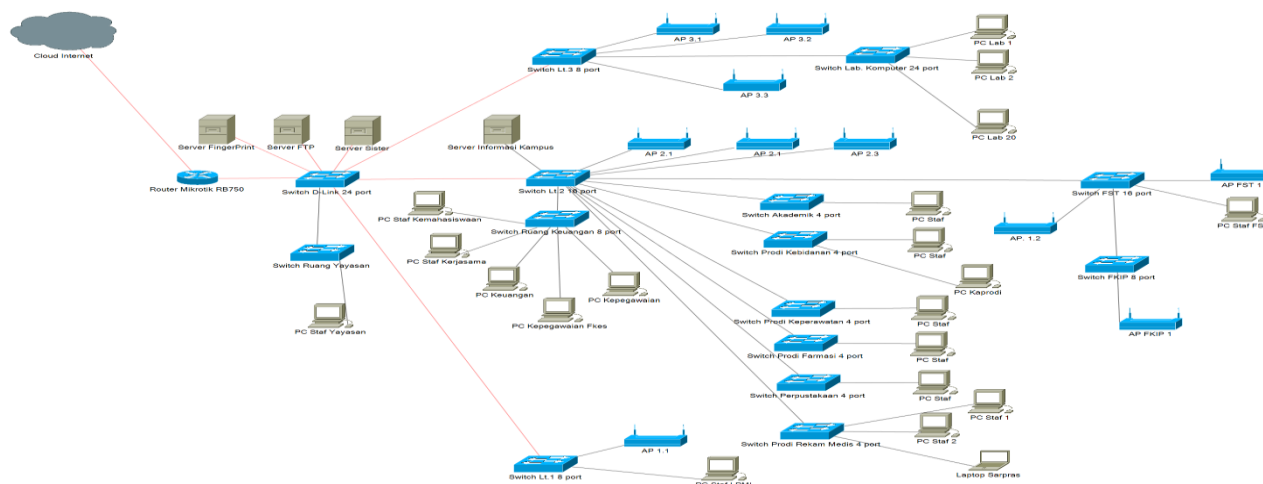
Adalah bandwidth aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute internet yang spesifik ketika sedang mendownload suatu file.

Tabel 5. Throughput

Degradasi	Throughput %	Index
Sangat Memuaskan	100%	4
Memuaskan	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	25%	1

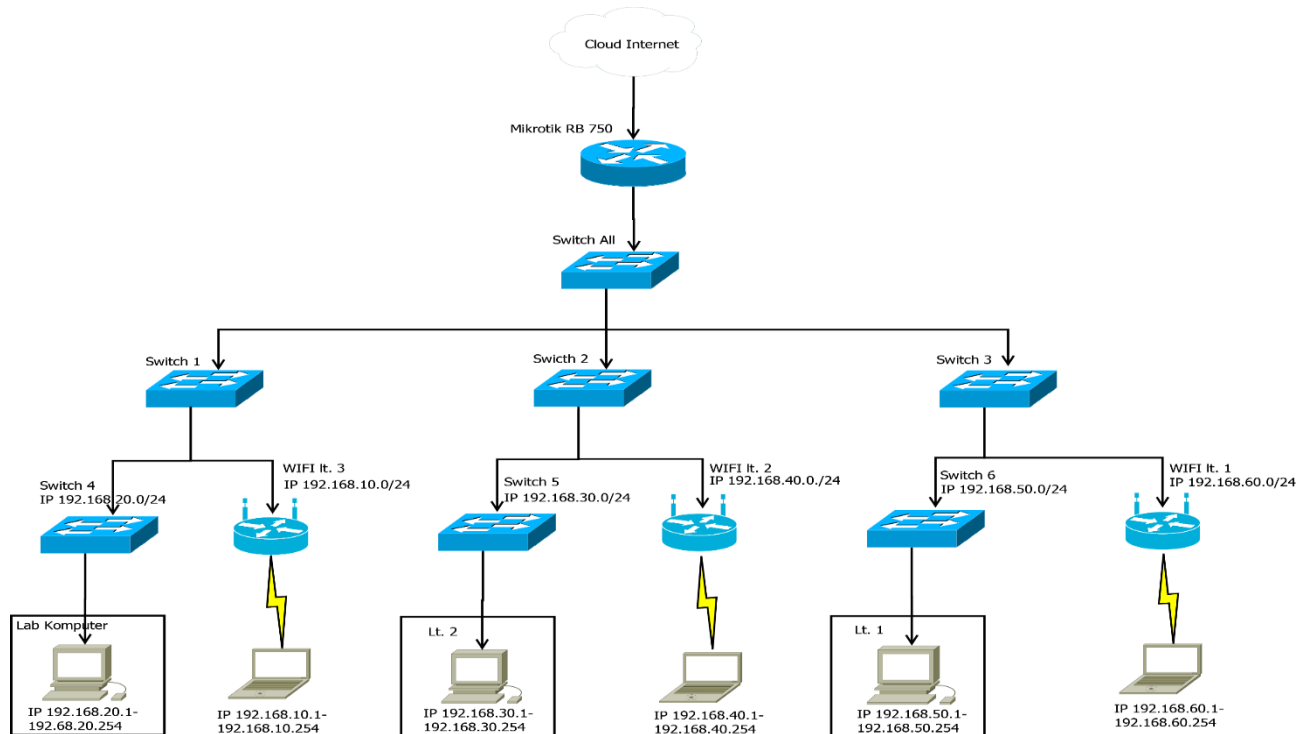
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 2 yang tertera di bawah dapat dipaparkan jika sumber daya internet di Universitas Qamarul Huda Badaruddin (UNIQHBA) menggunakan ISP dan didistribusikan ke seluruh wilayah di kampus yang terdiri dari gedung 3 lantai. Belum terdapat pembagian sumber daya internet yang menyeluruh tiap ruangan dan tidak terdapat filter terhadap akses internet. Lantai 1 terdapat beberapa ruangan seperti ruangan yayasan, ruangan PMB, ruangan LPPM, kantin dan tentunya parkir serta taman baca. Kemudian pada lantai 2 terdapat ruangan rektorat, ruangan akademik, ruangan keuangan, ruangan LPMI, ruangan-ruangan prodi, dan lainnya. Sedangkan lantai 3 digunakan untuk ruangan lab komputer dan kelas-kelas.



Gambar 2. Topologi Jaringan UNIQHBA Saat Ini

Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) pada topologi, dimana bandwidth sebesar 50 Mbps dialokasikan ke dalam 6 class yaitu masing-masing 2 class setiap lantai nya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Bandwidth yang diterima kemudian dialirkan ke mikrotik router untuk dilakukan konfigurasi metode HTB di ip firewall mangle. Selanjutnya membuat mark connection dan mark packet untuk proses pemfilteran packet seperti packet browsing, streaming, download dan game online. Setelah itu dilakukan pembagian queue tree berdasarkan mark packet yang telah dibuat.



Gambar 3. Topologi Yang Akan Digunakan

Pengujian yang dilakukan adalah dengan mengukur parameter QoS yaitu delay, jitter, packet loss, dan throughput. Pengujian dilakukan pada saat jam padat yaitu jam 10.00 s/d 13.00 WIB, data hasil pengujian diukur berdasarkan standar QoS versi THIPON. Tools yang digunakan untuk pengambilan data yaitu Wireshark. Berikut adalah hasil pengujian parameter QoS jaringan internet yang menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB), dimana dilakukan pengujian di 6 lokasi yang mewakili masing-masing class.

Tabel 6. Rata-rata Delay

Lokasi Pengujian	Besar Delay	Index	Hasil
Lab Komputer	99 m/s	4	Sangat Memuaskan
Ruang Akademik	62 m/s	4	Sangat Memuaskan
Ruang PMB	104 m/s	4	Sangat Memuaskan
WIFI It. 1	112 m/s	4	Sangat Memuaskan
WIFI It. 2	98 m/s	4	Sangat Memuaskan
WIFI It. 3	83 m/s	4	Sangat Memuaskan

Tabel 6 menampilkan hasil perhitungan nilai rata-rata parameter delay, dimana nilai delay terbaik di ruang akademik dengan nilai 62 m/s dan nilai delay terburuk pada saat menggunakan WIFI di lantai 1 dengan nilai 112 m/s. Sedangkan nilai total rata-rata parameter throughput sebesar 93 m/s dengan katagori sangat memuaskan.

Tabel 7. Rata-rata Throughput

Lokasi Pengujian	Throughput %	Index	Hasil
Lab Komputer	78%	4	Sangat Memuaskan
Ruang Akademik	82%	4	Sangat Memuaskan
Ruang PMB	80%	4	Sangat Memuaskan
WIFI It. 1	67%	3	Memuaskan
WIFI It. 2	76%	4	Sangat Memuaskan
WIFI It. 3	66%	3	Memuaskan

Tabel 7 memperlihatkan hasil perhitungan nilai rata-rata parameter throughput, dimana nilai throughput tertinggi di ruang akademik dengan nilai 82 % dan nilai throughput ter-endah pada saat menggunakan WIFI di lantai 3 dengan nilai 66%. Sedangkan nilai total rata-rata parameter throughput sebesar 76% dengan katagori sangat memuaskan.

Tabel 8. Rata-rata Jitter

Lokasi Pengujian	Peak Jitter	Index	Hasil
Lab Komputer	49 m/s	3	Memuaskan
Ruang Akademik	12 m/s	3	Memuaskan
Ruang PMB	54 m/s	3	Memuaskan
WIFI lt. 1	62 m/s	3	Memuaskan
WIFI lt. 2	48 m/s	3	Memuaskan
WIFI lt. 3	33 m/s	3	Memuaskan

Tabel 8 memperlihatkan hasil perhitungan nilai rata-rata parameter jitter, dimana nilai jitter terbaik di ruang akademik dengan nilai 12 m/s dan nilai jitter terburuk pada saat menggunakan WIFI di lantai 1 dengan nilai 62 m/s. Sedangkan nilai total rata-rata parameter jitter sebesar 43 m.s dengan katagori memuaskan.

Tabel 9. Rata-rata Packet Loss

Lokasi Pengujian	Packet Loss	Index	Hasil
Lab Komputer	0%	4	Sangat Memuaskan
Ruang Akademik	0%	4	Sangat Memuaskan
Ruang PMB	0%	4	Sangat Memuaskan
WIFI lt. 1	0%	4	Sangat Memuaskan
WIFI lt. 2	0%	4	Sangat Memuaskan
WIFI lt. 3	0%	4	Sangat Memuaskan

Tabel 9 menunjukkan hasil perhitungan nilai rata-rata parameter packet loss, dimana nilai packet loss di semua class adalah 0%, sehingga nilai total rata-rata parameter packet loss sebesar 0% dengan katagori sangat memuaskan. Dengan hasil pengujian 4 parameter diatas, diperoleh index Quality of Service (QoS) dengan nilai 3,67 dan masuk di kategori memuaskan.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis Quality of Service (QoS) berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) diperoleh hasil yang memuaskan yaitu nilai sebesar 3,67. Hasil ini didapatkan dari rata-rata hasil pengujian pada 4 parameter yaitu delay, jitter, packet loss, dan throughput. Pengujian dilakukan dengan mendistribusikan bandwidth ke dalam 6 class. Dengan hasil analisis ini maka metode Hierarchical Token Bucket (HTB) layak dan dapat digunakan pada jaringan internet di Universitas Qamarul Huda Badaruddin.

REFERENCES

- [1] Armanto and N. K. Daulay, "Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Internet di Universitas BIna Insan Lubuklinggau Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, vol. 3 no. 1, 2020.
- [2] V. Y. P. Ardhana, M. Sapi'i, H. Hasbullah, and E. A. M. Sampetoding, "Web-based library information system using Rapid Application Development (RAD) method at qamarul Huda university," *ijics*, vol. 6, no. 1, p. 43, 2022.
- [3] V. Y. P. Ardhana and M. Sapi'i, "Perancangan Aplikasi Keuangan Kampus Berbasis Web," *SainsTech Innovation j.*, vol. 4, no. 2, pp. 130-133, 2021.
- [4] V. Y. P. Ardhana, M. Sapi'i, and M. D. Mulyodiputro, "Sistem Informasi E-Learning Berbasis Web Pada Universitas Qamarul Huda Badaruddin," *SainsTech Innovation j.*, vol. 4, no. 1, pp. 115-119, 2021.
- [5] Ardhana, Valian Yoga Pudya. "Evaluasi Usability E-Learning Universitas Qamarul Huda Menggunakan System Usability Scale (SUS)." *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering 2.1* (2022): 5-11.
- [6] Afriansyah, M., Valian Yoga Pudya Ardhana, and Joni Saputra. "Pengukuran Kualitas Website Universitas Qamarul Huda Badaruddin Menggunakan Metode Webqual 4.0." *SainsTech Innovation Journal 5.1* (2022): 175-182.
- [7] Ardhana, Valian Yoga Pudya. "Analisa Quality of Service (QoS) Jaringan Internet di SMP Al Mutmainnah." *SainsTech Innovation Journal 4.2* (2021): 139-143.
- [8] M. R. Dirgantara, I. Asrowardi, and E. W. Kenali. 2019. "Perancangan Dan Implementasi Bandwidth Management Pesawaran," pp. 1-5
- [9] Ardhana, Valian Yoga Pudya, and M. Dermawan Mulyodiputro. "Pelatihan Pengenalan Internet Dan Microsoft Office Bagi Siswa SMP Al Mutmainnah." *Bakti Sekawan: Jurnal Pengabdian Masyarakat 2.1* (2022): 71-74.
- [10] A. Z. Fadhilah, R. R. Saedudin, and U. Y. Kurnia, "Analisis Simulasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Untuk Meningkatkan Quality Of Service (Qos)," *e-Proceeding of Engineering*, vol.8, no.5, 2021.
- [11] L. Hakim, I. N. Wijaya, Martanto, Y. A. Wijaya, and O. Nurdian, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket Pada SMK Muhammadiyah Karangampel," *Informatics For Educators And Professionals*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [12] M. H. Andhika, A. Solehudin, D. Juardi, and Garmo, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dengan Penambahan Bucket Size Usaha Aj Comp," *Jurnal Ilmiah Elektronika Dan Komputer*, vol.15, no.1, 2022.

- [13] M. Diki, and A. A. Rismayadi, “Optimalisasi Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket Di Smk Pasundan Rancaekek”, *Jurnal Responsif*, vol. 4, no.1, 2022.
- [14] A. W. Azinar, and R. S. Adi, “Analisis Qos (Quality Of Service) Pada Warnet Dengan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket)”, *Jurnal Ilmiah NERO*, vol. 3, no.1, 2017.
- [15] V. Y. P. Ardhana and A. W. Yulianto, “Analisis Perbandingan Quality of Service (QoS) Wifi Universitas Qamarul Huda Badaruddin Terhadap Hotspot 4G XL,” *SainsTech Innovation j.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2018.
- [16] I. Marzuki, “Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Hierarchial Token Bucket di Universitas Panca Marga Probolinggo,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol.53, no.9, 1689–1699, 2017.