

Penerapan *Quality Of Service* (QoS) dengan Metode PCQ untuk Manajemen Bandwidth Internet pada WLAN Politeknik Negeri Madiun

Hendrik Kusbandono*¹, Eva Mirza Syafitri ²

¹Program Studi Teknologi Informasi, ¹Program Studi Administrasi Bisnis
Politeknik Negeri Madiun

e-mail: *¹h3ndrik57@pnm.ac.id, ²evamirzas@pnm.ac.id

Teknologi *Wireless* LAN difungsikan untuk memfasilitasi kemudahan untuk koneksi jaringan, tidak lain termasuk jaringan internet. Manajemen *bandwidth* merupakan mengalokasikan suatu *bandwidth* yang berfungsi untuk mendukung kebutuhan atau keperluan suatu jaringan internet agar memberikan jaminan kualitas layanan suatu jaringan QoS (*Quality of Services*). Dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana kualitas layanan dan kinerja jaringan *Wireless* LAN (WLAN), serta mengoptimalkan pembagian *bandwidth* secara merata ke sejumlah *client* yang aktif. Metode penelitian ini adalah penerapan *Quality of Service* (QoS) yang digunakan untuk mengukur kualitas *bandwidth* internet yang berjalan pada *Wireless* LAN dengan parameter *download*, *upload*, *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dan manajemen *bandwidth* dengan PCQ (*Per Connection Queue*). Hasil penelitian ini adalah pada rentang waktu 08.00 s/d 16.00 WIB quota IP Address dinamis habis, sehingga tidak dapat mengkoneksikan ke hotspot PNM-MHS. Menunjukkan rata-rata nilai sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ pada *throughput* adalah 374,98 Kbps, nilai *delay* adalah 40,16 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, nilai *jitter* adalah 99,43 ms dengan kategori degradasi “Sedang”, nilai *packet loss* adalah 23,94 % dengan kategori degradasi “Sedang”. Sedangkan setelah melakukan manajemen *bandwidth* nilai *throughput* adalah 362,56 Kbps, nilai *delay* adalah 29,84 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, nilai *jitter* adalah 55,53 ms dengan kategori degradasi “Bagus”, nilai *packet loss* adalah 14,29 % dengan kategori degradasi “Bagus”. Manajemen *bandwidth* metode PCQ bekerja dengan sebuah algoritma yang akan membagi *bandwidth* secara merata ke sejumlah *client* yang aktif. PCQ ideal diterapkan apabila dalam pengaturan *bandwidth* kesulitan dalam penentuan *bandwidth* per *client*.

Kata kunci : *Wireless* LAN (WLAN), *Quality of Services*, *Bandwidth*, PCQ (*Per Connection Queue*)

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, menuntut perubahan yang besar di dalam sistem pendidikan nasional, termasuk perguruan tinggi. Implementasi teknologi informasi tidak hanya berguna untuk hal-hal yang memang secara langsung mengeksplorasi potensi teknologi, tapi juga mendorong munculnya ide-ide baru dalam melakukan aktivitas/kegiatan.

Politeknik Negeri Madiun (PNM) merupakan Perguruan Tinggi Negeri di Madiun yang melakukan berbagai inovasi dalam mengimplemntasikan teknologi informasi untuk mendukung dan menyeleraskan visi misi perguruan tinggi. Hal ini didukung oleh UPT Teknologi Informasi dengan visi-nya sebagai pusat pengelolaan, pelayanan, dan pengembangan teknologi informasi yang mendukung kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi dan tata kelola organisasi. Dengan kapasitas kelola 6 program studi, yaitu Administrasi Bisnis, Komputerisasi Akuntansi, Teknik Komputer Kontrol, Teknik Listrik, Mesin Otomotif, dan Bahasa Inggris.

Implementasi teknologi *Wireless* LAN (WLAN) (atau umunya disebut dengan hotspot) di tiap-tiap titik

kampus Politeknik Negeri Madiun, khususnya gedung M. NUH difungsikan untuk memfasilitasi koneksi internet, baik untuk Dosen, Karyawan, maupun Mahasiswa. Gedung M. NUH terdapat tiga lantai, dengan tiap-tiap lantai terdapat beberapa titik terpasang perangkat *Wireless* LAN. Dari perangkat hotspot di berbagai sudut titik diharapkan dapat memberikan layanan koneksi internet dengan baik, yang difungsikan untuk kebutuhan proses perkuliahan maupun akademik.

Fasilitas di lantai 1 (satu), 2 (dua), maupun 3 (tiga) tidak hanya dalam kelas saja, di luar kelas pun harus berfungsi dengan baik. Kenyataannya tidak demikian, laptop/notebook sering terjadi sulitnya terkoneksi dengan perangkat *Wireless* LAN (*hotspot*), apabila dapat terkoneksi dengan jaringan, akan tetapi koneksi akses internet kurang baik. Hal-hal seperti ini sering dijumpai oleh dosen maupun mahasiswa di dalam kelas atau luar kelas, apalagi pada waktu-waktu padat dengan mahasiswa (pukul 08.00 s/d 16.00 WIB).

Jaringan yang terkoneksi internet, baik yang menggunakan media kabel ataupun *wireless* LAN (WLAN), akan dipengaruhi masalah besarnya kapasitas *bandwidth* dan seberapa efektif *bandwidth* dapat digunakan untuk kerlancar transmisi data *upload* maupun *download*. *Bandwidth* merupakan kapasitas

atau daya tampung kabel ethernet agar dapat dilewati trafik paket data dalam jumlah tertentu [1].

Penggunaan *bandwidth* pada umumnya seringkali tidak difungsikan dengan optimal. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya satu atau lebih client yang menghabiskan kapasitas *bandwidth* untuk proses download maupun mengakses aplikasi-aplikasi yang dapat menyita kapasitas *bandwidth*. Semakin baik kualitas *bandwidth* yang diberikan, maka pengguna juga semakin nyaman dalam menggunakan jaringan. Penerapan jaringan berbasis *wireless* harus memiliki sebuah standar layanan atau yang dikenal sebagai *Quality of Services* (QoS). QoS merupakan kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan trafik data yang melewatinya. Pada *operting system* mikrotik, metode PCQ (*Per Connection Queue*) merupakan program untuk mengelola jaringan lalu lintas pada *Quality of Service* (QoS) [2]. Metode manajemen *bandwidth* dengan PCQ (*Per Connection Queue*) berfungsi untuk melakukan *bandwidth* sharing otomatis dan merata ke multi *client*.

II. LANDASAN TEORI

a. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu layanan. QoS berfungsi untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu layanan [3].

Tabel 1. Persentase dan nilai *Quality of Service* (QoS)

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 - 4	95 - 100	Sangat Memuaskan
3 - 3,79	75 - 94,75	Memuaskan
2 - 2,99	50 - 74,75	Kurang Memuaskan
1 - 1,99	25 - 49,75	Jelek

(TIPHON, 1999)

Tujuan QoS adalah untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan layanan yang berbeda dengan menggunakan infrastruktur yang sama. Elemen kinerja jaringan dalam cakupan QoS seringkali termasuk ketersediaan (*uptime*), *bandwith* (*throughput*), keterlambatan (*latency/delay*), dan tingkat kesalahan. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk penilaian *Quality of Service* (QoS) yaitu *Throughput*, *Delay* (*Latency*), *Jitter* (Variasi kedatangan paket), dan *Packet Loss* [4].

1) Throughput

Throughput merupakan kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (bit per

second). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu.

Tabel 2. Parameter *Throughput*

Kategori	Throughput	Indeks
Sangat Bagus	100 %	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	< 25 %	1

(TIPHON, 1999)

Persamaan perhitungan *throughput* :

$$Throughput = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \dots\dots\dots(1)$$

2) Delay (Latency)

Merupakan total waktu yang dilalui suatu paket dari pengirim ke penerima melalui jaringan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama.

Tabel 3. Parameter *Delay* (*Latency*)

Kategori	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

(TIPHON, 1999)

Persamaan perhitungan *delay* (*latency*) :

$$Delay \text{ rata - rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots\dots\dots(2)$$

3) Jitter (Variasi kedatangan paket)

Merupakan variasi dari *delay end-to-end*. Level-level yang tinggi pada *jitter* dalam aplikasi-aplikasi berbasis UDP merupakan situasi yang tidak dapat diterima dimana aplikasi-aplikasinya merupakan aplikasi-aplikasi *real-time*. Pada kasus seperti itu, *jitter* akan menyebabkan sinyal terdistorsi, yang dapat diperbaiki hanya dengan meningkatkan *buffer* di antrian.

Tabel 4. Parameter *Jitter*

Kategori	Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	75 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

(TIPHON, 1999)

Persamaan perhitungan *jitter* :

$$Jitter = \frac{\text{Total variansi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots\dots\dots(3)$$

4) Packet Loss

Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan. Umumnya perangkat jaringan memiliki *buffer* untuk menampung data yang diterima. Jika terjadi kongesti yang cukup lama, *buffer* akan penuh, dan data baru tidak akan diterima.

Tabel 5. Parameter Packet Loss

Kategori	Packet Loss	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

TIPHON, 1999)

Persamaan perhitungan *Packet Loss* :

$$\text{Paket Loss} = \left(\frac{\text{Datayang dikirim} - \text{paket data yang diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \right) \times 100\%$$

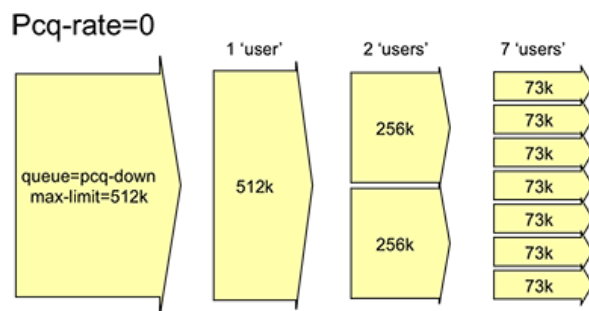
..... (4)

b. Manajemen Bandwidth

Bandwidth Management adalah suatu cara yang dapat digunakan untuk management dan mengoptimalkan berbagai jenis jaringan dengan menerapkan layanan *Quality Of Service (QoS)* untuk menetapkan tipe-tipe lalu lintas jaringan. Sedangkan *QoS* adalah kemampuan untuk menggambarkan suatu tingkatan pencapaian didalam suatu sistem komunikasi data [5].

c. Metode PCQ (Per Connection Queue)

PCQ (*Per Connection Queue*) pada *queue type* merupakan salah satu *feature* dari MikroTik untuk membantu memanager *traffic rate* dan *traffic packet*. Pada *operting system* mikrotik, PCQ merupakan program untuk mengelola jaringan lalu lintas *Quality of Service (QoS)* [2]. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk melakukan *bandwidth sharing* otomatis dan merata ke multi *client*[6]. Prinsip kerja metode PCQ adalah menerapkan *simple queue* dimana hanya ada satu *client* aktif yang menggunakan *bandwidth*, sementara *client* lain berada dalam posisi *idle*, maka *client* aktif tersebut dapat menggunakan *bandwidth* maksimum, tetapi jika *client* lain aktif, maka *bandwidth* yang maksimal dapat digunakan oleh kedua *client*, sehingga *bandwidth* dapat terdistribusi secara adil untuk semua *client* [7]. Cara kerja PCQ adalah dengan menambahkan sub-queue, berdasar classifier tertentu. Berikut Gambaran 2.1. cara kerja PCQ dengan parameter PCQ-Rate = 0.



Gambar 1. Cara kerja PCQ

d. Wireless Local Area Network (WLAN)

Wireless Local Area Network (WLAN) merupakan jaringan komputer yang menggunakan frekuensi radio dan *infrared* sebagai media transmisi data. *Wireless LAN* sering disebut jaringan nirkabel atau jaringan wireless. *Wireless LAN (WLAN)* merupakan komunikasi wireless dalam lingkup area yang terbatas, biasanya antara 10 sampai dengan 100 meter dari base station ke Access Point (AP). keluarga IEEE 802.11 (seperti 802.11b, 802.11a, 802.11g), HomeRF, 802.15 (*Personal Area Network*) yang berbasis Bluetooth, 802.16 (*Wireless Metropolitan Area Network*) [8][9].

III. METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan studi pustaka yang melibatkan penyelidikan tentang proses pada setiap parameter dan variabel. Adapun metode penelitian yang digunakan di pada penelitian ini , diantaranya adalah :

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara studi pustaka, metode observasi, dan metode wawancara.

b. Penerapan Quality of Service (QoS) dan PCQ (Per Connection Queue)

- Pengujian QoS Sebelum

Tahapan ini adalah melakukan penerapan *Quality of Service (QoS)* untuk mengukur kualitas layanan dan kinerja jaringan *Wireless LAN (WLAN)* dengan parameter *download, upload, throughput, delay, jitter*, dan *packet loss*. Pengukuran terhadap parameter QoS dilakukan pada sesi jam sibuk (sekitar pukul 08.00-16.00 WIB). Sedangkan pengukuran parameter QoS, penulis menggunakan aplikasi *Wireshark*[10].

- Konfigurasi sistem dengan metode PCQ (*Per Connection Queue*)

Tahapan ini adalah melakukan setting manajemen *bandwidth* internet dengan metode PCQ (*Per Connection Queue*) menggunakan router Mikrotik[11].

- Pengujian QoS Sesudah

Tahapan ini adalah melakukan penerapan *Quality of Service* (QoS) untuk mengukur kualitas layanan dan kinerja jaringan *Wireless LAN* (WLAN) setelah implementasi metode PCQ (*Per Connection Queue*).

c. Analisis *Quality of Service* (QoS) dan PCQ (*Per Connection Queue*)

Pada tahapan ini adalah analisis gap hasil pengukuran *Quality of Service* (QoS) baik sebelum maupun sesudah melakukan manajemen *bandwidth* internet dengan metode PCQ (*Per Connection Queue*) terhadap kualitas layanan dan kinerja jaringan *Wireless LAN* (WLAN).

d. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan, meliputi :
 - Komputer (Laptop/Notebook) yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan dan kinerja jaringan *Wireless LAN* (WLAN).
 - Router Mikrotik digunakan untuk manajemen *bandwidth* internet dengan menggunakan metode PCQ (*Per Connection Queue*).

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat *software* yang digunakan adalah *Wireshark* merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan dan kinerja jaringan *Wireless LAN* (WLAN). *Wireshark* merupakan sebuah *software sniffer freeware* yang dapat di *download* di www.wireshark.org.

IV. HASIL

Adapun hasil rekap pengujian QoS sebelum melakukan manajemen *bandwidth* menggunakan metode PCQ (*Per Connection Queue*) pada Tabel 6, sedangkan sesudah melakukan manajemen *bandwidth* pada tabel 7.

Tabel 6. Nilai pengujian QoS sebelum manajemen *bandwidth*

Waktu Pengujian	Nilai <i>Throughput</i>	Nilai <i>Delay</i>	Nilai <i>Jitter</i>	Nilai <i>Packet Los</i>
08.00 - 10.00 WIB	256,52 Kbps	17,15 ms	22,74 ms	16,58 %
11.00 - 12.00 WIB	104,58 Kbps	25,66 ms	42,81 ms	34,08 %
12.00 - 14.00 WIB	10,56 Kbps	144,55 ms	415,51 ms	51,21 %
14.00 - 15.00 WIB	447,22 Kbps	11,18 ms	13,88 ms	13,49 %
15.00 - 16.00 WIB	1.056,03 Kbps	2,27 ms	2,23 ms	4,36 %
Rata-rata	374,98 Kbps	40,16 ms	99,43 ms	23,94 %
Kategori		Sangat Bagus	Sedang	Sedang

Berdasarkan tabel diatas hasil perhitungan nilai parameter QoS sebelum melakukan manajemen *bandwidth* dengan rentang waktu, menunjukkan rata-rata nilai *throughput* adalah 374,98 Kbps, sedangkan nilai *delay* adalah 40,16 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, sedangkan nilai *jitter* adalah 99,43 ms dengan kategori degradasi “Sedang”, sedangkan nilai *packet loss* adalah 23,94 % dengan kategori degradasi “Sedang”.

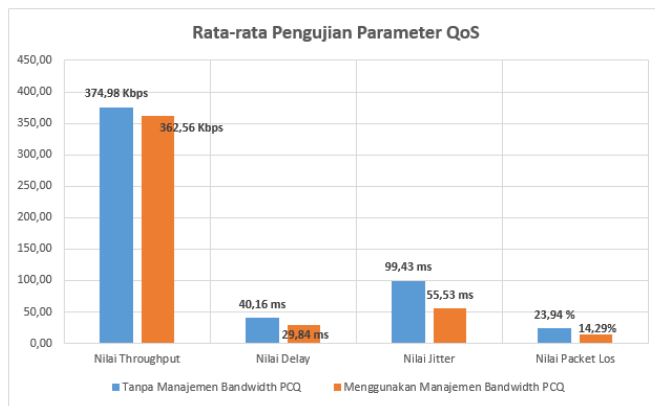
Tabel 7 Nilai Pengujian Parameter QoS sesudah manajemen *bandwidth*

Waktu Pengujian	Nilai <i>Throughput</i>	Nilai <i>Delay</i>	Nilai <i>Jitter</i>	Nilai <i>Packet Los</i>
08.00 - 10.00 WIB	240,12 Kbps	14,10 ms	19,64 ms	12,50 %
11.00 - 12.00 WIB	110,52 Kbps	22,15 ms	40,11 ms	13,18 %
12.00 - 14.00 WIB	90,86 Kbps	100,36 ms	197,50 ms	32,20 %
14.00 - 15.00 WIB	401,26 Kbps	10,17 ms	15,18 ms	10,40 %
15.00 - 16.00 WIB	970,03 Kbps	2,40 ms	5,20 ms	3,16 %
Rata-rata	362,56 Kbps	29,84 ms	55,53 ms	14,29 %
Kategori		Sangat Bagus	Bagus	Bagus

Berdasarkan tabel diatas hasil perhitungan nilai parameter QoS sebelum melakukan manajemen *bandwidth* dengan rentang waktu, menunjukkan rata-rata nilai *throughput* adalah 362,56 Kbps, sedangkan nilai *delay* adalah 29,84 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, sedangkan nilai *jitter* adalah 55,53 ms dengan kategori degradasi “Bagus”, sedangkan nilai *packet loss* adalah 14,29 % dengan kategori degradasi “Bagus”.

Dapat disimpulkan dari Tabel 6 dan Tabel 7, bahwa nilai rata-rata *throughput* mengalami penurunan, hal ini disebabkan pembagian *share bandwidth* yang diberikan kepada *client* secara merata. Nilai *delay* mengalami peningkatan, yaitu penurunan nilai dari sebelum ke sesudah dengan kategori latensi “Sangat Bagus”. Sedangkan untuk nilai *jitter* dan *packet loss* mengalami peningkatan dari kategori latensi “Sedang” menjadi kategori latensi “Bagus”.

Adapun hasil rata-rata pengujian di masing-masing parameter QoS dari sebelum manajemen *bandwidth* dan setelah manajemen *bandwidth* dengan metode PCQ sebagaimana tampil pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai rata-rata pengujian parameter QoS

Berdasarkan Gambar 5.2 nilai rata-rata pengujian parameter QoS pada parameter *throughput* dengan manajemen *bandwidth* metode PCQ maupun yang tidak menggunakan metode PCQ. Manajemen *bandwidth* tanpa metode PCQ diperoleh *throughput* sebesar 374,98 Kbps, sedangkan menggunakan manajemen *bandwidth* dengan PCQ diperoleh *throughput* sebesar 362,56 Kbps. Dari kedua data tersebut dapat disimpulkan, bahwa setelah dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ mengalami penurunan *throughput* sebesar 12,42 Kbps. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data mengalami penurunan, yang disebabkan pembatasan *bandwidth* yang diberikan merata ke multi *client*.

Hasil nilai *delay* rata-rata sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ adalah 40,16 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, sedangkan untuk sesudah nilainya adalah 29,84 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”. Setelah dilakukan manajemen *bandwidth* dengan metode PCQ, nilai *delay* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh manajemen *bandwidth* terhadap waktu yang dibutuhkan untuk menempuh data sampai ke tujuan.

Hasil nilai rata-rata *jitter* sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ adalah 99,43 ms dengan kategori degradasi “Sedang”, sedangkan untuk sesudah nilainya adalah 55,53 ms dengan kategori degradasi “Bagus”. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai *jitter* yang diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket data dalam perjalanan semakin membaik setelah dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ.

Hasil nilai rata-rata *packet loss* sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ adalah 23,94% dengan kategori degradasi “Sedang”, sedangkan untuk sesudah nilainya adalah 14,29% dengan kategori degradasi “Bagus”. Dapat

disimpulkan dengan menurunnya *packet loss*, menunjukkan bahwa jumlah paket data yang dikirim tidak banyak yang hilang. Hal ini diakibatkan penurunan signal pada WLAN (hotspot), terjadi tabrakan data, melebihi batas saturasi jaringan, dan kesalahan pada perangkat jaringan

V. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah parameter *download*, *upload*, *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang menunjukkan rata-rata nilai sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* metode PCQ pada *throughput* adalah 374,98 Kbps, nilai *delay* adalah 40,16 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, nilai *jitter* adalah 99,43 ms dengan kategori degradasi “Sedang”, nilai *packet loss* adalah 23,94 % dengan kategori degradasi “Sedang”. Sedangkan setelah melakukan manajemen *bandwidth* nilai *throughput* adalah 362,56 Kbps, nilai *delay* adalah 29,84 ms dengan kategori latensi “Sangat Bagus”, nilai *jitter* adalah 55,53 ms dengan kategori degradasi “Bagus”, nilai *packet loss* adalah 14,29 % dengan kategori degradasi “Bagus”. Manajemen *bandwidth* metode PCQ bekerja dengan sebuah algoritma yang akan membagi *bandwidth* secara merata ke sejumlah *client* yang aktif. PCQ ideal diterapkan apabila dalam pengaturan *bandwidth* kesulitan dalam penentuan *bandwidth* per *client*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Towidjojo, “Mikrotik Kung Fu : Kitab 3,” 3 ed., Jakarta: Jasakom, 2016.
- [2] R. Towidjojo, “Mikrotik Kung Fu : Kitab 2,” 2 ed., Jakarta: Jasakom, 2013.
- [3] E. Febriyanti, S. Raharjo, dan M. Sholeh, “PERBANDINGAN MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE FIFO (FIRST-IN FIRST-OUT) DAN PCQ (PER CONNECTION QUEUE) PADA ROUTER MIKROTIK,” *JARKOM*, vol. 5, no. 2, hal. 89–98, 2017.
- [4] T. Pratama, M. A. Irwansyah, dan Yulianti, “Perbandingan Metode PCQ, SFQ, RED Dan FIFO Pada Mikrotik Sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan Pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura,” *J. Tek. Inform. Univ. Tanjungpura*, vol. 3, no. 3, hal. 298–303, Okt 2015.
- [5] A. I. Wijaya dan L. B. Handoko, “Manajemen Bandwidth Dengan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) Pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Semarang,” *J. Tek. Inform. Udinus*, vol. 1, no. 1, hal. 5–7, 2014.
- [6] M. F. Asnawi, “APLIKASI KONFIGURASI

-
- MIKROTIK SEBAGAI MANAJEMEN BANDWIDTH DAN INTERNET GATEWAY BERBASIS WEB,” *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 5, no. 1, hal. 42–48, Jan 2018.
- [7] Mirsantoso, T. U. Kalsum, dan R. Supardi, “Implementasi Dan Analisa Per Connection Queue (Pcq) Sebagai,” *J. Media Infotama*, vol. 11, no. 2, hal. 139–148, 2015.
- [8] Aji Supriyanto, “Analisis Kelemahan Keamanan pada Jaringan Wireless,” *J. Teknol. Infromasi Din.*, vol. 11, no. 1, hal. 38–46, 2006.
- [9] F. I. Aziz, B. A. P, dan R. Ritzkal, “SISTEM MONITORING JARINGAN DAN OPTIMALISASI MANAJEMEN BANDWIDTH DENGAN ALGORITMA HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA ZABBIX DENGAN NOTIFIKASI SMS GATEWAY DAN EMAIL (STUDI KASUS DINAS KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA KAB. BOGOR),” *Pros. Semin. Nas. ENERGI Teknol.*, hal. 231–245, Apr 2018.
- [10] TIPHON, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON) General aspects of Quality of Service (QoS)*. France: ETSI, 1999.
- [11] N. F. Puspitasari dan A. Dahlan, “Analisa Trafik dan Quality of Service (QoS) untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth (Studi Kasus : Universitas Amikom Yogyakarta),” *Dasi*, vol. 18, no. 3, hal. 63–70, 2017.