



Analisis *Quality Of Service* (QoS) Jaringan Internet Pelanggan Pada ISP Jalurdata.Net Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ)

Ikna Awaliyani¹, RZ. Abdul Aziz^{2*}

^{1,2}Program Studi Magister Teknik Informatika, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Indonesia

¹Universitas Aisyah Pringsewu, Indonesia

^{1,2}Jalan Z.A. Pagar Alam, No.93, Labuhan Ratu. Kota Bandar Lampung, 35142, Indonesia

¹Jl. A Yani No. 1A Tambahrejo, Kec. Gadingrejo, Kab. Pringsewu, Lampung, 35372, Indonesia

**Corresponding Author : rz_aziz@darmajaya.ac.id
ikna.awaliyani.2221210073@mail.darmajaya.ac.id**

Info Artikel	ABSTRAK
Dikirim:	<p>Permasalahan mengenai kontinuitas <i>bandwidth</i> pada sebuah jaringan internet sering sekali terjadi dikarenakan belum adanya pemanfaatan <i>Quality of Service</i> yang maksimal. Tanpa adanya manajemen <i>bandwidth</i> maka akan terjadi permasalahan pada suatu jaringan. <i>Quality of Service</i> merupakan cara yang tepat untuk mengalokasikan <i>bandwidth</i> dalam suatu jaringan karena tidak hanya membatasi <i>bandwidth</i> tetapi juga menjaga kualitas <i>bandwidth</i> merata dan stabil. Dalam penyusunan penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode <i>Hierarchical Token Bucket</i> (HTB) dan <i>Per Connection Queue</i> (PCQ) dengan menghitung parameter seperti <i>Throughput</i>, <i>Delay</i>, <i>Jitter</i> dan <i>Packet loss</i>. Manfaat penelitian ini adalah membandingkan dua metode manajemen <i>bandwidth</i> dan mencari metode manakah yang paling efektif untuk diimplementasikan pada ISP. Hasil akhir perbandingan nilai akhir QoS menggunakan metode HTB dan PCQ berdasarkan nilai <i>index</i> parameter nilainya adalah sama, namun setelah dibandingkan berdasarkan nilai parameter sebenarnya, metode PCQ (<i>Peer Connection Queue</i>) menunjukkan kinerja yang lebih unggul dengan nilai <i>throughput</i> lebih tinggi yaitu 84%, <i>jitter</i> lebih rendah yaitu 13,0948% dan <i>packet loss</i> yang lebih rendah yaitu 0,03 %, meskipun HTB memiliki <i>delay</i> yang lebih rendah yaitu 76,758 ms, namun metode PCQ lebih signifikan dalam skenario jaringan, terutama untuk stabilitas dan konsistensi dalam pengiriman data.</p>
Diterima:	
Diterbitkan:	
Kata kunci:	
Manajemen <i>Bandwidth</i> ; <i>Quality of Service</i> ; HTB; PCQ; ISP.	

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat jumlah pengguna internet telah mengubah pandangan komunikasi dan akses informasi [1]. Berbagai belahan dunia sudah terhubung dengan adanya kecanggihan teknologi seperti internet [2]. Saat ini, banyak jasa penyedia layanan internet seperti ISP, *Internet Service Provider* (ISP) merupakan Perusahaan atau penyedia jasa layanan internet. Masing-masing ISP menawarkan berbagai jenis dan kualitas layanan yang beragam, termasuk *bandwidth*, kualitas jaringan, pemeliharaan, kestabilan koneksi, kecepatan, harga, serta perangkat yang dipakai [3].

Manajemen *bandwidth* merupakan hal yang sangat penting guna mengendalikan pemakaian *bandwidth* oleh user [4], karena jika tidak adanya manajemen akan terjadi pemakaian *bandwidth* yang berlebihan [5]. Pemakaian *bandwidth* yang berlebihan akan menyebabkan user lain tidak mendapatkan alokasi *bandwidth* yang sesuai, efeknya adalah jaringan tidak memberikan *quality of service* secara maksimal [6]. Oleh karena itu diperlukan sebuah metode untuk mengukur dan memantau kualitas internet yaitu metode *Quality of Service* (QoS) untuk menganalisis karakteristik lalu lintas data pada waktu tertentu [7]. Ada 4 parameter dalam menentukan *Quality of Service* (QoS) terdapat 4 parameter berdasarkan TIPHON (*Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) yang mencakup *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*.

Penelitian terdahulu terkait manajemen *bandwidth* diantaranya “Penerapan *Quality of Service* (QoS) dengan Metode PCQ untuk Manajemen *Bandwidth* Internet pada WLAN Politeknik Negeri Madiun”. Hasilnya menunjukkan metode PCQ lebih unggul [8]. Penelitian berjudul “Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan *Wireless* ISP Pada Layanan Xz dan Yz Menggunakan Metode QoS Di Lingkungan Rumah”. Berdasarkan standar TIPHON dan indeks rata-rata *Quality of Service* (QoS), kedua layanan ini mendapatkan nilai 4 untuk QoS [9]. Penelitian yang berjudul “Analisis Perbandingan Quality Of Service (QoS) Pada Performa Bandwidth Jaringan Dengan Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ)”, dengan hasil metode yang lebih unggul adalah *Hierarchical Token Bucket* (HTB) [10]. Penelitian yang berjudul “*Quality of Service* (QoS) For Network Performance Analysis *Wireless* Area Network (WLAN)” dengan hasil parameter quality of service (QoS) menjadi evaluasi bagi administrator jaringan dalam meningkatkan kualitas jaringan internet di Universitas Asahan [11]. Penelitian yang berjudul “Implementasi Manajemen Bandwidth dengan Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) pada STMIK Antar Bangsa” dengan hasil penerapan manajemen *bandwidth* dapat dilakukan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ), yang bertujuan untuk menjaga kestabilan *bandwidth* [12].

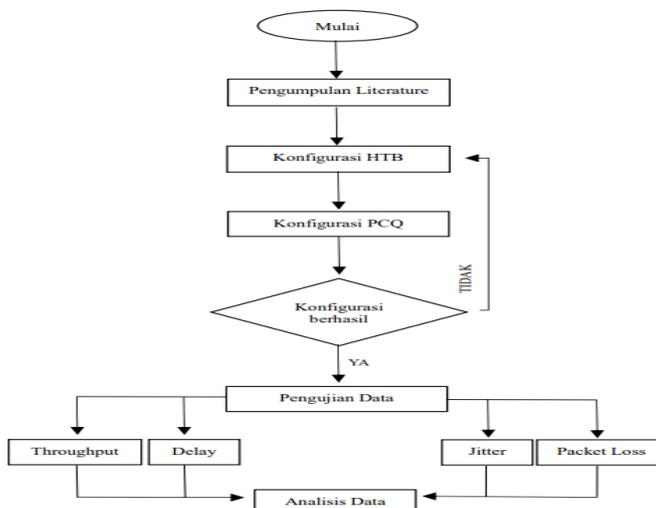
Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dilakukan pengujian selama 14 kali pada hari yang berbeda dan dilakukan pada saat jam produktif penggunaan internet yaitu pada sesi siang jam 10.00 s/d 17.00 dan pada sesi malam jam 19.00 s/d 23.00, setelah dilakukan pengujian kemudian hasilnya di analisis menggunakan variabel *quality of service* terhadap performa *bandwidth* dengan membandingkan dua metode antrian yaitu *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) [13]. Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa perbandingan QoS pada performa *bandwidth* dengan menggunakan metode HTB dan PCQ, sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan referensi kepada administrator jaringan/ISP dalam menentukan metode mana yang paling tepat dalam memanajemen *bandwidth*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

A. Teknik Pengumpulan data

Proses pengumpulan data merupakan langkah yang sistematis dan standar yang sering digunakan guna mendapatkan informasi yang diperlukan dalam penelitian [14]. Metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif yang diperoleh dari hasil observasi dan pengujian sistem di ISP [15], studi pustaka dari sumber-sumber yang berhubungan langsung dengan topik penelitian [16] serta wawancara dengan pihak pengelola ISP. Adapun tujuannya adalah untuk mengevaluasi kualitas layanan jaringan internet dan juga penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) dalam manajemen *bandwidth* [17]. Tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 : Tahapan Penelitian

Penjelasan dari diagram alir pada gambar 1 adalah sebagai berikut :

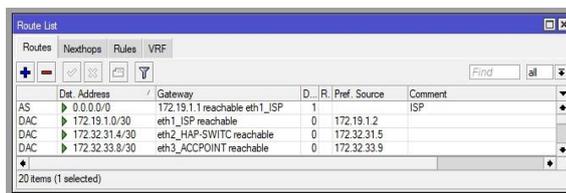
- 1) Pengumpulan *Literature*
 Pada bagian ini, pengumpulan *literature* dilakukan dengan mencari materi yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian serta memperluas wawasan dalam bidang *network*.
- 2) Konfigurasi *Hierarchical Token Bucket* (HTB)
 Konfigurasi ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi winbox versi 7.13.3 dengan melakukan *setting bandwidth* pada mikrotik *routerboard* sesuai yang akan diujikan.
- 3) Konfigurasi *Per Connection Queue* (PCQ)
 Konfigurasi ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi winbox versi 7.13.3 dengan melakukan *setting bandwidth* pada mikrotik *routerboard* sesuai yang akan diujikan.
- 4) Pengujian Data
 Pada tahap ini, dilakukan pengujian data dengan menguji parameter meliputi *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* dengan menggunakan aplikasi *Wireshark* [18].
- 5) Analisa Hasil
 Tahap ini dilakukan proses analisis berdasarkan hasil implementasi yang telah dilakukan untuk memperoleh informasi tentang hasil yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 IMPELEMENTASI

Sebelum dilakukan proses pengujian, pada tahap ini dilakukan implementasi tahapan perancangan. *Software* yang digunakan untuk mengkonfigurasi adalah Winbox. Versi 7.13.3. Adapun tahapan dari konfigurasi pada *device* adalah sebagai berikut

- 1) Melakukan konfigurasi pada *Router Mikrotik*
 Masuk pada aplikasi winbox, setelah itu pada kolom *Connect To* : masukan *IP address* yang sudah di *setting*, kemudian pada kolom *login* masukan *username* admin dan *password* dikosongkan.
 Konfigurasi *interface winbox* menggunakan *router mikrotik RB941-2nD* dengan tampilan 4 *interface* yang akan digunakan untuk penamaan pada setiap *interface*. Rancangan *IP Adress* yang diterapkan sebagai gateway router mikrotik default yaitu 0.0.0.0/0 dengan *gateway* 172.19.1, *eth1_ISP* dengan IP Address 172.19.1.0/30, *eth2_HAP-SWITC* dengan IP Address 172.32.31.4/30, *eth3_ACCPOINT* dengan IP Address 172.32.33.8/30. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Tampilan Konfigurasi *Interface*

Langkah kedua yaitu melakukan konfigurasi *Domain Name System* (DNS) pada DHCP Server agar dapat tersambung dengan internet dan konfigurasi DHCP *interface* berfungsi sebagai penamaan IP *Address*, *Gateway*, *Subnet Mask*, *DNS*. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Tampilan Konfigurasi DHCP

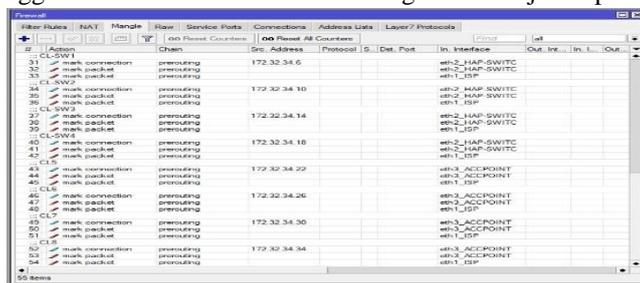
- 2) Melakukan konfigurasi pada *Access Point*
Access Point yang digunakan yaitu *Toto Link* Model No. A3002RU (*Firmware V1.0.4*) menggunakan kabel UTP. Langkah pertama adalah melakukan konfigurasi port LAN *Toto Link* A3002RU disambungkan pada port *Eth3_ACCPOINT* kemudian login melalui *browser* dengan menggunakan IP *default* *Toto Link* A3002RU. Selanjutnya, port LAN *Toto Link* akan disambungkan dengan port

Eth3_ACCPOINT. Selanjutnya masukan login menggunakan IP *default Toto Link* Model No. A3002RU 192.168.1.1 menggunakan *username* dan *password* admin. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 4.



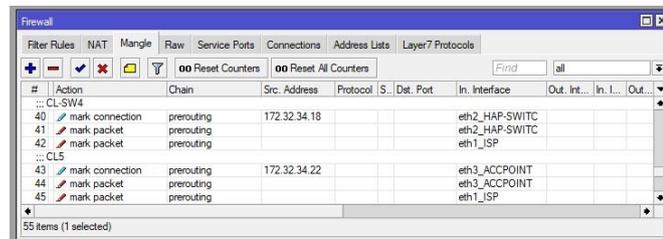
Gambar 4 Tampilan Konfigurasi Wireless Security

- Melakukan *Marking Packet* menggunakan metode HTB
 Akses *platform software* Winbox untuk mengelola *router* dan jaringan. Selanjutnya, pilih menu "Queues" pada menu utama Winbox. Di dalam menu "Queues", pilih opsi HTB untuk melakukan konfigurasi *marking packet* menggunakan metode HTB. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 5.



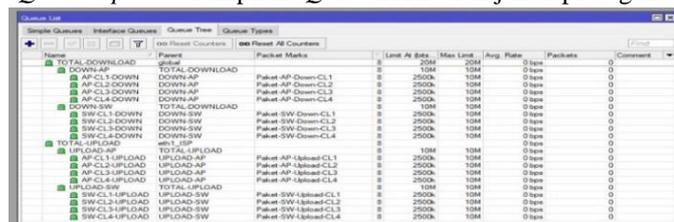
Gambar 5 Tampilan marking packet HTB

- Melakukan *Marking Packet* menggunakan metode PCQ
 Langkahnya tidak jauh berbeda dengan HTB hanya pada konfigurasi PCQ *making packet* cukup dilakukan terhadap *network addressnya* dan memisahkan *traffic upload* dan *download*. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Tampilan konfigurasi marking packet PCQ

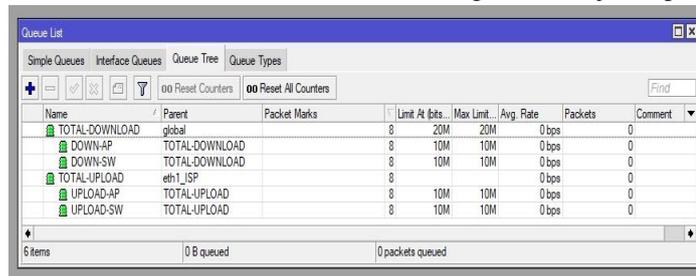
- Queue HTB
 Setting HTB pada menu *queue tree*. Pada step ini, *traffic upload* dan *download* dengan *marking packet* yang sudah dibuat sebelumnya. Pada konfigurasi HTB ini akan berfokus pada pengaturan *Inner Queue Download* dan *Inner Queue Upload*. Tampilan *Queue* HTB ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7 Tampilan konfigurasi Queue HTB

6) Queue PCQ

Pada *settingan* PCQ, *marking packet* hanya perlu *setting network address*. Selanjutnya perlu mengatur *Inner Queue Download* dan *Inner Queue Upload*. Dalam pengaturan PCQ, tentukan parameter seperti *burst-time*, *max-limit*, *burst-limit*, *burst-threshold*. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8 Tampilan konfigurasi Queue PCQ

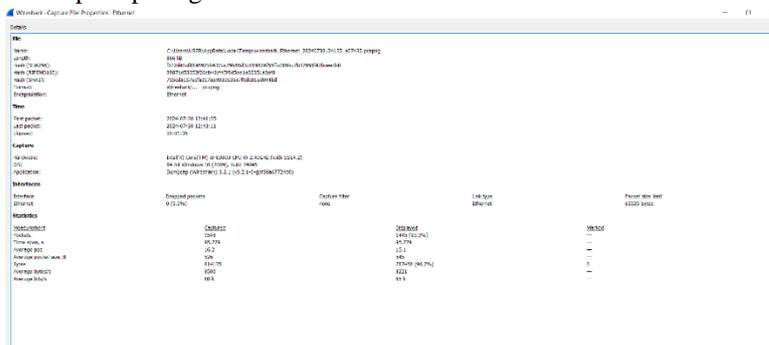
3.2 PENGUJIAN QoS.

Lakukan konfigurasi *packet sniffer*, *packet Sniffer* pada Winbox merupakan suatu perlengkapan didalam mikrotik untuk menangkap serta menganalisis paket- paket yang berjalan di jaringan. Hal ini sangat berguna untuk memantau lalu lintas jaringan [19]. Hasil konfigurasi ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9 Tampilan konfigurasi Packet Sniffer

Pengujian data *QoS* yaitu *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* menggunakan Wireshark versi 4.2.5. Detail hasil *capture* seperti pada gambar 10.



Gambar 10 Tampilan Capture File Properties

Selanjutnya yaitu pengujian *throughput* agar terlihat ukuran sebenarnya dari *bandwidth* yang digunakan dalam mentransmisikan *file* selama periode waktu tertentu. Pengujian nilai *throughput* di lihat pada baris *Bytes* dan kolom *Displayed* dan baris *Time span* kolom *Display*. Perhitngan *throughput* adalah sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \tag{1}$$

Bandwidth yang digunakan untuk setiap *network* sebesar 16 Mbps (1600 kb/s). Hasil dari pengujian nilai *throughput* menggunakan metode HTB dan PCQ ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Pengujian Nilai Throughput HTB

Pengujian	Nilai Throughput		Nilai Throughput (%)	
	Switch	Access Point	Switch	Access Point
Uji 1	6577	7425	80	91

Uji 2	6732	3352	82	41
Uji 3	5526	17269	67	210
Uji 4	11033	4538	134	56
Uji 5	5448	2376	66	29
Uji 6	7763	15015	94	183
Uji 7	5569	2906	67	35
Uji 8	5955	3183	73	40
Uji 9	7156	2267	87	27
Uji 10	6084	7207	75	88
Uji 11	7214	6417	89	79
Uji 12	8966	3463	110	42
Uji 13	5947	5682	73	70
Uji 14	4228	4388	53	54
Nilai rata-rata Throughput	6728 kb/s	6106 kb/s	83%	75%

Pada tabel 1 diatas, nilai *throughput* pada *interface switch* HTB adalah 83%, Pada *interface access point* HTB sebesar 75%, Selanjutnya akan dilakukan perbandingan metode PCQ. Hasil uji pada metode PCQ dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Pengujian Nilai Throughput PCQ

Pengujian	Nilai Throughput		Nilai Throughput (%)	
	Switch	Access Point	Switch	Access Point
Uji 1	11935	6005	145	73
Uji 2	5630	5911	68	72
Uji 3	5664	5757	70	71
Uji 4	5638	5678	69	70
Uji 5	5721	19786	70	241
Uji 6	5516	5758	68	71
Uji 7	5539	5840	69	73
Uji 8	5647	17331	70	211
Uji 9	5439	5890	67	72
Uji 10	5533	3275	68	39
Uji 11	5684	12083	70	147
Uji 12	5742	8884	71	108
Uji 13	5543	2057	69	26
Uji 14	5439	1716	67	21
Nilai rata-rata Throughput	6047 kb/s	7659 kb/s	75 %	92%

Pada tabel 2 diatas, nilai *throughput* pada *interface switch* PCQ adalah 75% , sedangkan pada *interface access point* PCQ sebesar 92%, metode PCQ lebih unggul pada *interface access point*. Selanjutnya yaitu pengujian *delay*, *delay* yaitu total waktu tunda paket yang disebabkan oleh transmisi dari satu titik ke titik lainnya yang menjadi tujuan. Semakin kecil nilai *delay* maka akan semakin bagus. Rumus perhitungan *delay* seperti dibawah ini :

$$\text{Delay rata – rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \tag{2}$$

Pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Nilai Delay HTB

Pengujian	Switch			Access Point		
	Time span	Packet diterima	Rata-rata delay	Time span	Packet diterima	Rata-rata delay
Uji 1	95,779	1445	66,283	10,050	1609	0,006
Uji 2	89,719	971	92,398	275,175	182,52	1,507
Uji 3	63,418	646	98,170	373,206	130,140	2,867
Uji 4	120,050	2546	47,152	236,389	213572	0,001

Uji 5	122,553	1117	109,71	4.405	2229	1,976
Uji 6	89,404	1178	75,894	308,442	95183	0,003
Uji 7	122,405	1182	103,55	217,897	118098	0,001
Uji 8	89,703	980	91,533	3701	2197	1,684
Uji 9	197,945	1990	99,469	3612	1541	2,343
Uji 10	90,236	1021	88,380	12,461	1967	0,006
Uji 11	8,272	1379	5,9985	101,496	980	0,103
Uji 12	9,359	1646	5,6859	3522	2718	1,295
Uji 13	92,225	1254	73,544	97,112	939	0,1034
Uji 14	262,377	223062	1,1762	272,303	237991	0,0011
Nilai rata-rata Delay			68,4972 ms			85,0198 ms

Pada tabel 3 diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai delay pada interface switch HTB adalah 68,4927 ms, sedangkan pada interface access point HTB sebesar 85,0198 ms, Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai delay pada metode PCQ ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Nilai Delay PCQ

Pengujian	Switch			Access Point		
	Time span	packet	Rata-rata delay	Time span	packet	Rata-rata delay
Uji 1	93,894	1168	80,388	104,431	1286	81,206
Uji 2	75,827	893	84,912	92,316	1189	77,641
Uji 3	102,035	1209	84,396	106,137	1319	80,467
Uji 4	101,057	1272	79,447	85,388	1058	80,706
Uji 5	91,270	1195	76,376	116,575	92650	1,258
Uji 6	91,614	1097	83,513	95,442	1141	83,647
Uji 7	95,711	1224	78,195	109,909	1398	78,618
Uji 8	92,426	1183	78,128	43,909	29251	1,501
Uji 9	82,347	1001	82,264	63,705	856	74,421
Uji 10	88,468	1092	81,014	3200	1848	1731,602
Uji 11	97,623	1224	79,757	6191	1433	4320,307
Uji 12	103,658	1312	79,007	5699	1049	5432,793
Uji 13	106,887	1315	81,282	5684	2101	2705,378
Uji 14	82,347	1001	82,264	6678	2384	2801,174
Nilai rata-rata Delay			80,782 ms			125,36 ms

Pada tabel 4 diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai delay pada interface switch PCQ adalah 80,782., sedangkan pada interface access point PCQ sebesar 125,36 ms. Dari kedua metode perhitungan nilai delay diatas, dapat disimpulkan bahwa metode HTB lebih unggul karena menghasilkan nilai rata-rata yang lebih kecil. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai jitter, jitter atau variasi delay merujuk pada variasi/ perbedaan antara delay pertama dan delay selanjutnya dalam transmisi data.. Rumus perhitungan jitter adalah sebagai berikut :

$$Jitter = \frac{\text{Total variansi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \tag{3}$$

Pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Nilai Jitter HTB

Pengujian	Switch			Access Point		
	Total Variasi Delay	Packet diterima	Jitter	Total Variasi Delay	Packet diterima	Jitter
Uji 1	29,495	1445	20,41	16,209	1609	10,07
Uji 2	2,679	971	2,759	18,252	18252	1,000
Uji 3	34,752	646	53,79	130,14	13014	1,000
Uji 4	72,897	2546	28,63	21,489	21357	0,100
Uji 5	12,836	1117	11,49	22,290	2229	10,00
Uji 6	13,509	1178	11,46	95,198	95183	1,000
Uji 7	18,847	1182	15,94	11,842	11809	0,100
Uji 8	1,8306	980	1,868	21,970	2197	10,00
Uji 9	98,475	1990	49,48	15,410	1541	10,00
Uji 10	1,8559	1021	1,817	19,685	1967	10,00
Uji 11	2,2734	1379	1,648	98,006	980	100,0
Uji 12	3,6730	1646	2,231	27,180	2718	10,00
Uji 13	18,680	1254	14,89	93,899	939	99,99
Uji 14	261,20	223062	1,117	23,886	23799	0,100
Nilai rata-rata Jitter			15,53 ms	18,811 ms		

Pada tabel 5 diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai jitter pada *interface switch* HTB adalah 15,53 ms, pada *interface access point* HTB sebesar 18,811 ms . Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai jitter pada metode PCQ dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Nilai Jitter PCQ

Pengujian	Switch			Access Point		
	Total Variasi Delay	Packet diterima	Jitter	Total Variasi Delay	Packet diterima	Jitter
Uji 1	13,506	1168	11,5633	23,225	1286	18,0598
Uji 2	-9,085	893	-10,173	14,675	1189	12,3423
Uji 3	17,639	1209	14,5897	25,67	1319	19,4611
Uji 4	21,61	1272	16,9889	4,682	1058	4,4253
Uji 5	14,894	1195	12,4636	115,317	92650	1,2446
Uji 6	8,101	1097	7,3846	11,795	1141	10,3374
Uji 7	17,516	1224	14,310	31,291	1398	22,3826
Uji 8	14,298	1183	12,0862	42,408	29251	1,4497
Uji 9	0,083	1001	0,08291	-10,716	856	-12,5187
Uji 10	7,454	1092	6,82600	1468,398	1848	79,4587
Uji 11	17,866	1224	14,5964	187,69	1433	13,0543
Uji 12	24,651	1312	18,7888	266,207	1049	25,3772
Uji 13	25,605	1315	19,4714	2978,622	2101	14,177
Uji 14	0,083	1001	0,08291	3876,826	2384	16,2618
Nilai rata-rata Jitter			9,9330 ms	16,2566 ms		

Pada tabel 6 diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai jitter pada *interface switch* PCQ adalah 9,9330. Pada *interface access point* PCQ sebesar 16,2566 ms. Dari kedua metode perhitungan nilai

jitter diatas, dapat disimpulkan bahwa metode PCQ lebih unggul karena hasil nilai rata-ratanya lebih rendah.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai *packet loss*, *packet loss* merupakan parameter yang menggambarkan kondisi di mana sejumlah paket hilang karena *collision* dan *congestion* dalam jaringan. Perhitungan rumus *packet loss* seperti berikut :

$$Paket\ Loss = \left(\frac{Data\ yang\ dikirim - paket\ data\ yang\ diterima}{Paket\ data\ yang\ dikirim} \right) \times 100\% \tag{4}$$

Perhitungan nilai *packet loss* ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7 Pengujian Nilai Packet loss HTB

Pengujian	Switch			Access Point		
	Paket Data dikirim	Packet data diterima	Hasil Paket loss	Paket Data dikirim	Packet data diterima	Hasil Paket loss
Uji 1	1548	1445	0,06	1621	1609	0,00
Uji 2	1018	971	0,04	187089	182524	0,02
Uji 3	681	646	0,05	131562	130140	1,40
Uji 4	5022	2546	0,49	214115	213572	0,00
Uji 5	1171	1117	0,04	2229	2229	0,00
Uji 6	1300	1178	0,09	96069	95183	0,00
Uji 7	1242	1182	0,04	122785	118098	0,03
Uji 8	1844	980	0,46	2199	2197	0,00
Uji 9	2262	1990	0,12	1547	1541	0,00
Uji 10	1065	1021	1,00	1992	1967	0,01
Uji 11	1379	1379	0,00	1023	980	0,04
Uji 12	1656	1646	0,00	2718	2718	0,00
Uji 13	1320	1254	0,05	1547	939	0,39
Uji 14	223715	223062	0,00	238774	237991	0,00
Nilai rata-rata Packet Loss			0,01 %			0,13 %

Pada tabel 7 diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai *packet loss* pada *interface switch* HTB adalah 0,01 ms, sedangkan pada *interface access point* HTB sebesar 0,13 ms ,Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai *packet loss* pada metode PCQ ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8 Pengujian Nilai Packet loss PCQ

Pengujian	Switch			Access Point		
	Paket Data dikirim	Packet data diterima	Hasil Paket loss	Paket Data dikirim	Packet data diterima	Hasil Paket loss
Uji 1	1196	1168	0,02	1352	1286	0,04
Uji 2	920	893	0,02	1236	1189	0,03
Uji 3	1235	1209	0,02	1355	1319	0,02
Uji 4	1272	1272	0,00	1081	1058	0,02
Uji 5	1195	1195	0,00	123375	92650	0,02
Uji 6	1097	1097	0,00	1168	1141	0,02
Uji 7	1224	1224	0,00	1448	1398	0,03
Uji 8	1183	1183	0,00	38709	29251	0,24
Uji 9	1001	1001	0,00	873	856	0,01
Uji 10	1092	1092	0,00	1853	1848	0,00
Uji 11	1224	1224	0,00	1433	1433	0,00
Uji 12	1312	1312	0,00	2271	1049	0,53
Uji 13	1315	1315	0,00	2101	2101	0,00
Uji 14	1001	1001	0,00	2387	2384	0,00
Nilai rata-rata Packet Loss			0,00 %			0,06 %

Pada tabel 8 diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai *packet loss* pada *interface switch* PCQ adalah 0,00. Sedangkan pada *interface access point* PCQ sebesar 0,06 ms. Dari kedua metode perhitungan

nilai *packet loss* diatas, dapat disimpulkan bahwa metode PCQ lebih unggul karena menghasilkan nilai rata-rata paket yang hilang yang lebih kecil.

3.3 ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Dari hasil pengujian menggunakan metode HTB dan PCQ, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *quality of service* seperti *Throughput*, *Delay*, *Jitter* dan *Packet Loss*, pengujian dilakukan pada saat jam produktif penggunaan internet yaitu pada sesi siang pukul 10.00 s/d 17.00 dan pada sesi malam jam 19.00 s/d 23.00. Analisis hasilnya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Analisis Metode HTB

Metode	Interface	Parameter QoS	Nilai	Standar TIPHON	
				Indeks	Kategori
HTB	Switch	Throughput	83%	4	Sangat Bagus
		Delay	68,4972 ms	4	Sangat Bagus
		Jitter	15,53 ms	3	Bagus
		Packet Loss	0,01 %	4	Sangat Bagus
	Access Point	Throughput	75%	3	Bagus
		Delay	85,0198 ms	4	Sangat Bagus
		Jitter	18,811 ms	3	Bagus
		Packet Loss	0,13 %	4	Sangat Bagus
Rata-rata HTB	Throughput	79%	4	Sangat Bagus	
	Delay	76,7585 ms	4	Sangat Bagus	
	Jitter	17,17 ms	3	Bagus	
	Packet Loss	0,07%	4	Sangat Bagus	

Dari tabel 9 dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata *Throughput* HTB sebesar 79% dengan kategori Sangat Bagus , *Delay* 76,7585 ms dengan kategori Sangat Bagus, *Jitter* 17,17 ms dengan kategori Bagus, *Packet loss* 0,007% dengan kategori Sangat Bagus. Untuk selanjutnya akan dibandingkan dengan hasil pengujian metode PCQ seperti pada tabel 10.

Tabel 10. Analisis Metode PCQ

Metode	Interface	Parameter QoS	Nilai	Standar TIPHON	
				Indeks	Kategori
PCQ	Switch	Throughput	75%	3	Bagus
		Delay	80,782 ms	4	Sangat Bagus
		Jitter	9,9330 ms	3	Bagus
		Packet Loss	0,00 %	4	Sangat Bagus
	Access Point	Throughput	92%	3	Bagus
		Delay	125,36 ms	4	Sangat Bagus
		Jitter	16,2566 ms	3	Bagus
		Packet Loss	0,06 %	4	Sangat Bagus
Rata-rata PCQ	Throughput	84%	4	Sangat Bagus	
	Delay	103,071 ms	4	Sangat Bagus	
	Jitter	13,0948 ms	3	Bagus	
	Packet Loss	0,03 %	4	Sangat Bagus	

Dari tabel 10 dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata *Throughput* PCQ sebesar 84% dengan kategori Sangat Bagus , *Delay* 103,071 ms dengan kategori Sangat Bagus, *Jitter* 13,0948 ms dengan kategori Bagus, *Packet loss* 0,003% dengan kategori Sangat Bagus.

Berdasarkan hasil perbandingan dari kedua metode yang digunakan, nilai akhir dari *quality of service* ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11 Perbandingan Nilai QoS

Parameter QoS	HTB	PCQ
<i>Throughput</i>	4	4
<i>Delay</i>	4	4
<i>Jitter</i>	3	3
<i>Packet Loss</i>	4	4
Rata-rata	3,75	3,75
Indeks	Memuaskan	Memuaskan

Dari tabel 11 diatas dapat dilihat hasil nilai berdasarkan parameter QoS adalah sama yaitu dengan indeks Memuaskan. Namun untuk mendapatkan hasil akhir dari perbandingan kedua metode tersebut akan dilakukan berdasarkan nilai yang sebenarnya, perhitungan hasil ditunjukkan pada tabel 12 :

Tabel 12. Perbandingan Nilai Akhir

Parameter QoS	HTB	PCQ
<i>Throughput</i>	79%	84%
<i>Delay</i>	76,758 ms	103,071 ms
<i>Jitter</i>	17,17 ms	13,0948 ms
<i>Packet Loss</i>	0,07%	0,03%

Secara keseluruhan, PCQ menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan nilai *throughput* lebih tinggi yaitu 84%, *jitter* yang lebih rendah yaitu 13,0948 ms, dan *packet loss* yang lebih rendah yaitu 0,03%, meskipun HTB memiliki *delay* yang lebih rendah yaitu 76,758 ms, namun metode PCQ lebih signifikan dalam skenario jaringan, terutama untuk stabilitas dan konsistensi dalam pengiriman data.

4. KESIMPULAN

Hasil akhir perbandingan nilai akhir QoS menggunakan metode HTB dan PCQ berdasarkan nilai index parameter nilainya adalah sama, namun setelah dibandingkan berdasarkan nilai parameter sebenarnya, metode PCQ (*Peer Connection Queue*) menunjukkan kinerja yang lebih unggul dengan nilai *throughput* lebih tinggi yaitu 84%, *jitter* lebih rendah yaitu 13,0948% dan *packet loss* yang lebih rendah yaitu 0,03 %, meskipun HTB memiliki *delay* yang lebih rendah yaitu 76,758 ms, namun metode PCQ lebih signifikan dalam skenario jaringan, terutama untuk stabilitas dan konsistensi dalam pengiriman data. Meskipun penelitian ini menghasilkan temuan positif, peneliti menyadari adanya kekurangan dan batasan.

Adapun saran untuk penelitian pengembangan selanjutnya yaitu dengan mengkombinasikan berbagai macam metode manajemen *bandwidth* dan menggunakan variabel yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ratih windari,Sriyanto, “Tinjauan Implementasi National Institute of Standards and Technology (Nist) Dalam Meningkatkan Keamanan Jaringan Dengan Cybersecurity Framework (Csf): Studi Kasus SMKN 4 Bandar Lampung,” J. Ilmu Komputer, S. Informasi, and T. Informatika vol. 3, no. 1, pp. 27–39, 2024.

[2] Rionaldi Ali, Yuni Puspita Sari, R.Z Abdul Aziz, Joko Triloka, Sri Lestari, “Silent Monitoring And Cyber Law Awareness Siswa SMK Trisakti Bandar Lampung,” Jurnal Publika Darmajaya, vol. 1, no. 2, pp. 43–47, 2019.

[3] M. Salah, S. Persyaratan, M. Derajat, S. Komputer, S. Jelang, and A. Pranggono, “Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Internet Service Provider Di Daerah Condongcatur Menggunakan Metode Ahp Berbasis Web Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta 2021,”Jurnal Informatika Atma Jaya, vol. 2, pp. 30–38, 2021.

[4] M. Purwahid and J. Triloka, “Analisis Quality of Service (QOS) Jaringan Internet Untuk Mendukung

- Rencana Strategis Infrastruktur Jaringan Komputer Di SMK N I Sukadana,” *Jtksi*, vol. 2, no. 3, pp. 100–109, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.stmikpringsewu.ac.id/index.php/jtksi/article/view/778/>
- [5] D. L. Hanayuda, “Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik: Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik,” *J. Netw. Comput. Appl. ...*, vol. 3, no. 1, pp. 33–38, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.netplg.com/index.php/jnca/article/view/4>
- [6] F. H. I. Pamungkas, R. Satra, and E. I. Alwi, “Perbandingan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode PCQ (Per Connection Queue) dan HTB (Hierarchical Token Bucket),” *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 2, no. 3, pp. 187–196, 2021, doi: 10.33096/busiti.v2i3.888.
- [7] S. A. Sutarman, R. Rohmat Saedudin, Y. Kurnia, and S. Hediyanto, “Analisis Simulasi Bandwidth Dengan Menggunakan Metode PCQ (Peer Connection Queuing) Untuk Meningkatkan QoS (Quality Of Service),” *E-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 9062–9071, 2021.
- [8] H. Kusbandono, E. Mirza Syafitri, P. Studi Teknologi Informasi, and P. Studi Administrasi Bisnis Politeknik Negeri Madiun, “information system, & technology management Penerapan Quality Of Service (QoS) dengan Metode PCQ untuk Manajemen Bandwidth Internet pada WLAN Politeknik Negeri Madiun,” *Res. J. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2019.
- [9] Asri S. D. Manuel, “Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan Wireless ISP Pada Layanan Xz dan Yz Menggunakan Metode QOS Di Lingkungan Rumah,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, no. x, pp. 1–10, 2023.
- [10] A. A. Tambunan and L. Lukman, “Analisis Perbandingan Quality Of Service (Qos) Pada Performa Bandwidth Jaringan Dengan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dan Per Connection Queue (Pcq).,” *Respati*, vol. 15, no. 3, p. 24, 2020, doi: 10.35842/jtir.v15i3.362.
- [11] M. Y. Simargolang and A. Widarma, “Quality of Service (QoS) for Network Performance Analysis Wireless Area Network (WLAN),” *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 7, no. 1, p. 162, 2022, doi: 10.24114/cess.v7i1.29758.
- [12] Subhiyanto, “Implementasi Manajemen Bandwidth dengan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ) pada STMIK Antar Bangsa,” *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 69–73, 2021, doi: 10.51998/jti.v7i2.436.
- [13] M. A. Sunandar, H. Pratiwi, and Y. Muhyidin, “Analisis Perbandingan Performa Jaringan pada Isp Indihome Hypernet dan Hspnet Menggunakan Aplikasi Wireshark Berdasarkan Parameter Qos Standar Tiphon,” *J. Ilmu Komput. dan Bisnis*, vol. 14, no. 2a, pp. 166–173, 2023, doi: 10.47927/jikb.v14i2a.669.
- [14] J. Triloka. Agung Wibowo, “Desain Jaringan Untuk Mendukung Rencana Strategis Di Smk Muhammadiyah 2 Metro,” *Aisyah J. Informatics Electr. Eng. Univ. Aisyah Pringsewu*, vol. 5, no. 1, pp. 98–104, 2023.
- [15] F. Hardiyanti, P. Bintoro, T. H. Andika, and F. Ardhy, “Komparasi Layanan Video Live Streaming Menggunakan Metode Quality of Service,” *Jurnal Algoritma*, Vol. 21, No.1 pp. 306–313.
- [16] N. Nurdadyansyah and M. Hasibuan, “Perancangan Local Area Network Menggunakan NDLC Untuk Meningkatkan Layanan Sekolah,” *J. KONIK*, vol. 5, no. August, pp. 342–346, 2021.
- [17] I. A. Pujakesuma and I. Iskandar, “KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Analisis Kualitas Jaringan Internet 4G Menggunakan Metode Quality of Service,” *Media Online*, vol. 3, no. 6, pp. 798–805, 2023, doi: 10.30865/klik.v3i6.897.
- [18] Satria Turangga, Martanto, and Yudhistira Arie Wijaya, “Analisis Internet Menggunakan Paramater Quality of Service Pada Alfamart Tuparev 70,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 392–398, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4693.
- [19] A. A. Priyatna, J. Triloka, J. Magister, T. Informatika, and F. I. Komputer, “Analisis Kinetja Mikrotik Omnitik Sebagai Pendeteksi Interferensi Frekuensi Di Balai Monitoring Spektrum Frekuensi Radio Lampung,” *Journal of Information Technology*, Vol 9, No 1, Maret 2024: 119-127 .