

RANCANG BANGUN DAN ANALISIS QoS (*QUALITY OF SERVICE*) MENGUNAKAN METODE HTB (*HIERARCHICAL TOKEN BUCKET*) PADA RT/RW NET PERUMAHAN PRASANTI 2

Syaiful Ahdan¹⁾, Okta Firmanto²⁾, Suci Ramadona³⁾

¹⁾Teknologi Informasi, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

²⁾Informatika, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

^{1,2)}Jl. H.ZA Pagaralam, No 9-11, Labuhanratu, Bandarlampung

³⁾Teknik Elektro, Politeknik Caltex Riau

³⁾Jl. Umban Sari, No.1, Rumbai Pekanbaru, Riau

Email : syaifulahdan@teknokrat.ac.id¹⁾, oktafirmanto1@gmail.com²⁾, suci.ramadona@pcr.ac.id³⁾

Abstrak - Permasalahan tentang kontinuitas *bandwidth* pada sebuah jaringan sering kali terjadi, hal tersebut dikarenakan belum memanfaatkan *Quality of Service* secara optimal. Tanpa adanya manajemen *bandwidth* maka akan mengakibatkan terjadinya masalah pada *bandwidth* yang diterima oleh *node* pada suatu jaringan. Untuk meminimalkan masalah kontinuitas pada *bandwidth* maka perlu diterapkan metode HTB *Hierarchical Token Bucket* pada manajemen *bandwidth* dengan menggunakan *router*, agar dapat mendapatkan hasil QoS yang baik maka perlunya melakukan pengujian terhadap *bandwidth* yang digunakan dengan menggunakan beberapa parameter pengujian yaitu: *Delay*, *Throughput*, *Packetloss* dan *Jitter*. Hasil dari perhitungan dan analisis QoS yang didapatkan setelah penerapan metode HTB yaitu: pada paket berukuran 43,01MB *delay* yang didapatkan sebesar 2,9 ms dan hasil sebelum penerapan HTB adalah 5,1 ms, dengan menggunakan HTB *delay* mengalami optimasi sebesar 72,9% dari *delay* sebelumnya. Untuk hasil *throughput* nilai yang didapatkan sebesar 2535 Kbps dan hasil sebelum penerapan HTB sebesar 1657 kbps, dengan menggunakan HTB *Throughput* mengalami optimasi sebesar 34,6% dari nilai *throughput* sebelumnya. Untuk nilai *packetloss* sama-sama tidak mengalami kehilangan *packet* yaitu dengan hasil 0%, untuk hasil *jitter* nilai yang didapatkan sebesar 2,95 ms dan hasil sebelum penerapan metode HTB sebesar 5,06 ms dengan menggunakan HTB *Jitter* mengalami optimasi sebesar 71.5 %.

Kata kunci: *Quality of Service*, HTB, *Management Bandwidth*.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tingkat pertumbuhan *traffic* internet saat ini terus meningkat berdasarkan semakin banyaknya pengguna. Salah satu sumber terkemuka yang memantau tingkat lalu lintas internet menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan saat ini adalah 40 hingga 50%, oleh karena itu kemampuan jaringan, khususnya kemampuan transmisi, *routing* dan *switching* perlu menyesuaikan

arus lalu lintas agar pertumbuhan internet yang stabil dapat dipertahankan [1]. QoS (*Quality of Service*) adalah metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat suatu layanan. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah di spesifikasikan dan biasanya diasosiasikan dengan suatu layanan [2]. QoS dalam suatu jaringan adalah suatu permintaan untuk melakukan suatu kinerja yang diperlukan untuk mentransfer paket-paket IP dalam suatu jaringan [3]. Dalam dekade terakhir, parameter QoS telah menimbulkan tantangan besar bagi operator jaringan, sebagian dikarenakan jumlah permintaan lalu lintas yang meningkat secara bervariasi, internet adalah teknologi *best-effort*, oleh karena itu sangat tidak optimal untuk layanan transportasi yang sensitif terhadap *delay*. Seiring dengan tuntutan yang meningkat pada kebutuhan layanan jaringan maka diperlukan usaha keras untuk memberikan layanan yang berkualitas baik kepada pelanggan [4]. Masalah penyediaan QoS internet telah menjadi bidang penelitian yang sangat aktif selama bertahun tahun. Dari arsitektur layanan terpadu sebelumnya (IntServ) hingga arsitektur *Differentiated Services* (DiffServ), banyaknya mekanisme kontrol QoS terutama di area penjadwalan paket dan algoritma manajemen antrian telah banyak diusulkan [5]. QoS adalah mekanisme pengukuran untuk mengetahui seberapa baik aplikasi dan layanan yang berjalan di jaringan. QoS bertujuan untuk memberikan kualitas layanan yang lebih baik dan layanan yang berbeda beda dengan infrastruktur jaringan yang sama [6]. Tujuan dari pengendalian lalu lintas adalah untuk memberikan jaminan yang berkaitan dengan kinerja jaringan, QoS jaringan dan pengguna. Salah satu teknik yang dapat mengimplementasikan alokasi sumber daya yang efisien adalah dengan menggunakan HTB. Kontrol HTB menggunakan penggunaan *bandwidth* keluar (*egress bandwidth*) pada tautan yang diberikan. Selain itu, HTB memungkinkan berbagi satu tautan fisik ke beberapa tautan yang disimulasikan lebih lambat [7]. Beberapa masalah yang dihadapi warga perumahan prasanti 2 dalam membangun jaringan internet adalah mahalnya biaya instalasi jaringan dan biaya internet. Oleh karena itu perlu adanya pembangun jaringan internet yang dapat terjangkau oleh warga perumahan prasanti 2 sukarama.

Dalam hal pembangunan jaringan ini perlu juga diperhatikan bagaimana jaringan tersebut dapat berjalan dengan baik dengan mementingkan QoS.

Berdasarkan hal tersebut maka fokus pada penelitian ini terletak pada bagaimana membangun jaringan pada perumahan prasanti 2 dan menganalisis QoS dengan cara mengimplementasikan metode HTB.

B. Landasan Teori

1. Manajemen Bandwidth

Manajemen *bandwidth* yang berfokus pada kinerja jaringan adalah salah satu masalah yang penting pada saat ini dalam aplikasi dan sistem teknik komputer terutama dalam manajemen jaringan [8]. *Bandwidth* mengacu pada jumlah informasi yang dapat dikirimkan pada suatu waktu tertentu melalui media transmisi, secara umum *bandwidth* jaringan adalah ukuran *bit rate* dari sumber daya komunikasi data yang tersedia yang dapat dinyatakan dalam bit/ detik atau kelipatan (kilobit /s, megabits /s dll) [9]. *Bandwidth Management* adalah suatu cara yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan jaringan [10].

2. Metode HTB (Hierarchical Token Bucket)

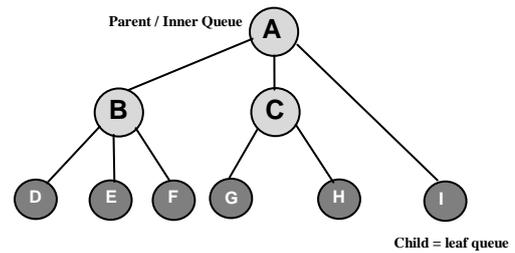
HTB adalah metode antrian *classfull* yang berguna untuk menangani berbagai jenis trafik, HTB memungkinkan untuk membuat struktur antrian secara hirarkis dan menentukan hubungan antrian seperti (*parent-child*) atau (*child-child*). Tiga langkah dasar untuk membuat HTB adalah :

1. *Match and mark Traffic* yaitu : membuat klasifikasi lalu lintas untuk digunakan lebih lanjut yang terdiri dari satu atau lebih parameter yang cocok untuk memilih paket untuk kelas tertentu.
2. *Create rules (Policy) to mark Traffic* yaitu : membuat klasifikasi lalu lintas untuk digunakan lebih lanjut yang terdiri dari satu atau lebih parameter yang cocok untuk memilih paket untuk kelas tertentu.
3. *Attach policy for specific interface(-s)* yaitu : Menambahkan suatu kebijakan (*policy*) untuk semua antarmuka (*Global-in, global-out atau global-total*), untuk antar muka tertentu atau untuk *parent-queue* tertentu.

HTB juga memiliki kategori limitasi diantaranya adalah :

1. *CIR (Committed Information Rate)* adalah proses menentukan batas bawah atau minimal trafik (*limit-at*) yang dapat diperoleh antrian. *Limit-at* membatasi minimal trafik dari suatu antrian, tidak peduli dalam kondisi apapun antrian tidak akan mendapati *traffic* di bawah batas ini.
2. *MIR (Maximal Information Rate)* adalah skenario terbaik, yaitu dengan cara menentukan batas atas atau menggunakan maksimal trafik (*max-limit*) yang bisa diperoleh antrian. *max-limit* akan membatasi trafik suatu antrian secara maksimal dan setiap antrian akan

mencapai batas ini jika *parent* masih memiliki cadangan *bandwidth* [11].



Gambar 1. Struktur Hirarki HTB

4. Failover

Failover adalah mode yang secara otomatis dapat mengarahkan lalu lintas ke *gateway* alternatif yang masih ada jika salah satu *gateway* gagal [12], *failover* dapat memulihkan konektifitas dengan melakukan koneksi kembali dengan *gateway/controllers* yang ada [13]. *Failover* dalam jaringan komunikasi adalah proses memindahkan tugas secara instan dari komponen yang gagal ke komponen redundan yang sama untuk menghindari gangguan dan mempertahankan operasi, *automated failover* adalah kemampuan untuk secara cepat mengubah rute data secara otomatis dari komponen yang gagal seperti server atau koneksi jaringan, menjadi komponen yang berfungsi [14].

5. Quality of Service (QoS)

Masalah-masalah penting dalam jaringan internet adalah ketersediaan *bandwidth, packet loss, delay* dan *jitter* atau *delay variance*. Teknologi QoS dapat diaktifkan di perangkat jaringan layer 2 dan layer 3. untuk menjamin kualitas komunikasi *end-to-end*, dan diperlukan proses pemetaan dari lapisan 2 ke lapisan 3 [15].

QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda. QoS menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut-atribut layanan jaringan yang disediakan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Pada Tabel I diperlihatkan nilai presentase dari QoS [2, 6, 15].

Tabel 1. Indeks Parameter 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

Parameter Quality of Service terdiri dari :

1. Throughput

Throughput merupakan kecepatan (*rate*) *transfer* data efektif, yaitu diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut [2]. *Throughput* dapat dihitung dalam persamaan berikut :

Throughput Error!
Reference source not found.

$$= \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Total waktu pengiriman data}}$$

Tabel 2. Kategori Throughput

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

2. Delay (Latency)

Adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ketujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama [2]. Menurut versi TIPHON, besarnya delay dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total packet yang diterima}}$$

Tabel 3. Kategori Delay

Kategori Latensi	Besar 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

3. Jitter (Variasi kedatangan paket)

Jitter disebut juga variasi delay. Jitter disebabkan karena variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengelolaan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhiri perjalanan jitter, jitter berhubungan dengan latency [2]. Jitter dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}}$$

Untuk mencari total variasi delay diperoleh dari penjumlahan sebagai berikut :

$$(\text{delay}2-\text{delay}1)+(\text{delay}3-\text{delay}2)+\dots+(\text{delay} n- \text{delay} (n-1))$$

Tabel 4. Kategori Jitter

Kategori Degradasi	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

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 [2]. Packet Loss dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Packetloss} = \frac{\text{Packet data dikirim}-\text{Packet data diterima}}{\text{Packet data dikirim}} \times 100$$

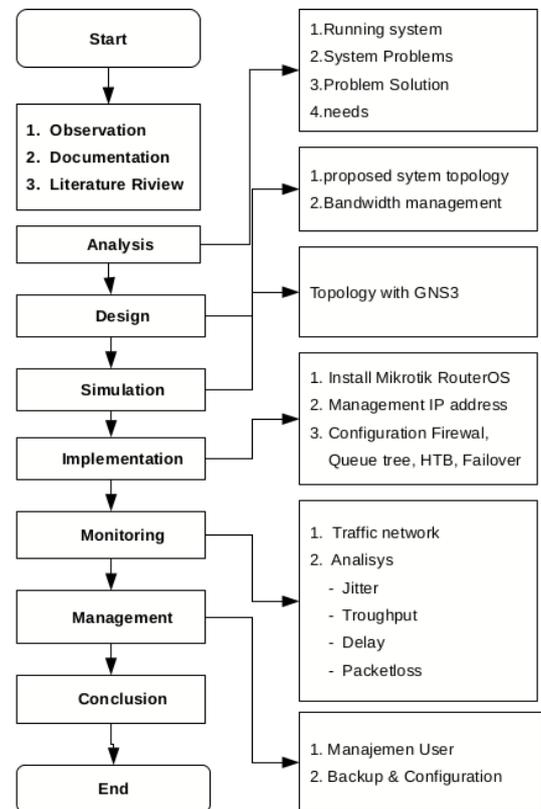
Tabel 5. Kategori Packetloss

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

2. ANALISIS DAN PERANCANGAN

A. Kerangka Penelitian

Penelitian ini menggunakan kerangka penelitian yang terdiri dari beberapa tahapan antara lain : (1) Analisis, (2) Desain, (3) Simulasi, (4) Implementasi, (5) Monitoring, Manajemen, (Kesimpulan).

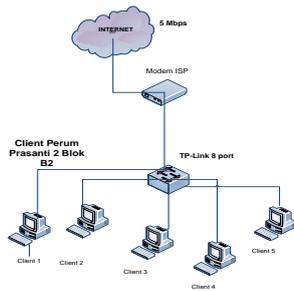


Gambar 2. Kerangka Penelitian

B. ANALISIS SISTEM

1. Sistem Berjalan

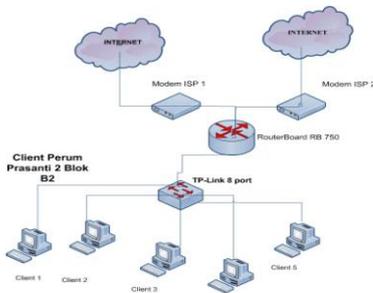
Berdasarkan analisis sistem yang berjalan diketahui bahwa kecepatan transfer data pada setiap komputer client yang terhubung ke jaringan memiliki kecepatan yang berbeda-beda, hal ini mengakibatkan bandwidth client tidak terbagi secara merata. Permasalahan ini terjadi karena pada jaringan yang saat ini berjalan belum menggunakan RouterBoard Mikrotik dan belum menambahkan manajemen bandwidth .



Gambar 3. Topologi Sistem Berjalan

Pembagian *bandwidth* yang tidak merata dapat diatasi dengan cara manajemen penggunaan *bandwidth*. Manajemen *bandwidth* dapat menggunakan RouterBoard Mikrotik. Untuk menerapkan manajemen *bandwidth* maka diperlukan desain topologi dengan menambahkan RouterBoard Mikrotik dan menerapkan manajemen *bandwidth* dengan metode HTB .

2. Skema Jaringan yang diusulkan



Gambar 4. Skema Jaringan yang diusulkan

3. Skenario Pengujian

Pada penelitian ini skenario yang akan dilakukan yaitu melakukan uji coba jaringan dengan melakukan *Remote* pada jaringan asli di perumahan prasanti 2 dengan menggunakan aplikasi *teamviewer* .

1. Pengujian Koneksi Internet
2. Pengujian Bandwidth dalam keadaan padat pengguna dan dalam keadaan sepi pengguna
3. pengujian failover yaitu backup jalur koneksi internet.
4. Analisis QoS dengan packet data 18,90 Mb, 32,76 Mb, 43,01 Mb.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Manajemen *Bandwidth* dengan HTB

1. Pengujian dalam kondisi sepi pengguna

Pengujian dilakukan pada saat kondisi jaringan tidak terdapat banyak *user* yang sedang *online* yaitu client.1, pada pengujian tahap ini hanya menggunakan 1 *user*, ketika kondisi sepi pengguna *user* yang *online* akan mendapatkan maksimal *bandwidth* yang telah disediakan, hasilnya *bandwidth* yang didapatkan yaitu sebesar 4.0 Mbps sesuai dengan maksimal *parent* yang telah dikonfigurasi *user* bahwa yang mendapatkan

maksimal *bandwidth* akan ditandai pada *queue tree list* berwarna merah. *Bandwidth* maksimal yang didapat diperoleh dari konfigurasi *max-limit* pada *queue tree child*.

2. Pengujian dalam kondisi padat pengguna

Pengujian dilakukan pada saat kondisi jaringan terdapat banyak *user* yang sedang *online*, pada pengujian tahap ini terdapat 3 *user* yang sedang *online* diantaranya *client.1*, *client.2* dan *client.3*. Pada tahap pengujian dengan menggunakan 3 *user* dengan menerapkan manajemen *bandwidth* HTB bahwa semakin banyak *user* maka akan membagi *bandwidth* secara merata yaitu dibuktikan bahwa *client.1* mendapatkan *bandwidth* sebesar 1724 kbps , lalu *client.2* mendapatkan 1648 kbps dan *client.3* mendapatkan *bandwidth* sebesar 1664 kbps . pada *parent* TotalDownload terlihat berwarna merah karna dari jumlah *bandwidth* yang digunakan dari 3 *user* yang aktif mencapai maksimal *limit* pada *parent* Total download. Pada pengujian menggunakan 5 *user* yang sedang aktif. Bahwa ketika seluruh *user online* dan melakukan aktifitas internet maka manajemen *bandwidth* HTB akan membagi secara merata sehingga . QoS pada manajemen *bandwidth* yang menerapkan HTB bukan membatasi *bandwidth* tetapi lebih kepada menjaga kualitas *bandwidth*, tanpa adanya QoS dalam sebuah jaringan maka akan mengakibatkan permasalahan pada kontinuitas *bandwidth* yang diterima oleh *user*. *Hierarchical Token Bucket* (HTB) merupakan teknik QoS yang mampu memaksimalkan *bandwidth* yang tidak terpakai, sehingga kualitas pelayanan menjadi lebih meningkat.

B. Pengujian *Failover*

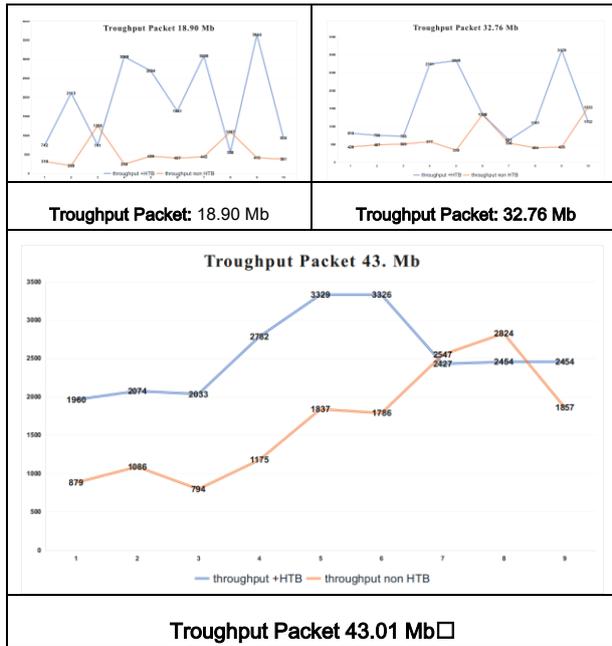
Metode *failover* bertujuan apabila salah satu *link* ISP bermasalah/*down* maka pemakaian koneksi internet dapat di-*backup* dengan *link* ISP lainnya. Kondisi yang dibahas pertama ketika *link* ISP 1 dengan *link* ISP 2 berada dalam kondisi hidup. *User* mencoba melakukan *ping* pada dns *google* yaitu 8.8.8.8 maka terlihat *user* terhubung ke internet dengan *link* ISP1 dan ISP2 berada dalam keadaan aktif secara bersamaan.

Kondisi selanjutnya akan dilakukan percobaan saat salah satu *link* ISP bermasalah / *down* maka pemakaian koneksi internet dapat di-*backup* dengan *link* ISP lainnya.

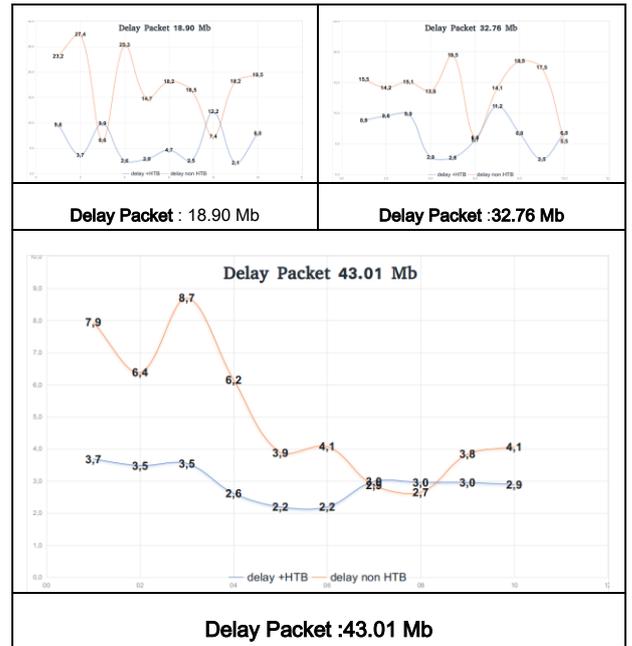
C. Hasil Analisis *Quality of Service*

1. Parameter *Throughput*

Pengujian dilakukan berdasarkan besaran jumlah paket yang berbeda beda di setiap skenario pengujian diantaranya 18,90 Mb, 32,76 Mb dan 43,01 Mb. Pengujian dilakukan antara sebelum penerapan HTB dan setelah penerapan HTB, pada setiap besaran paket pengujian dilakukan sebanyak 10 kali, dapat dilihat pada gambar 5. Hasil pengujian perbandingan dapat dilihat berdasarkan tabel 6 dan grafik *throughput* pada gambar 6.



Gambar 5. Troughput berdasarkan besaran Paket



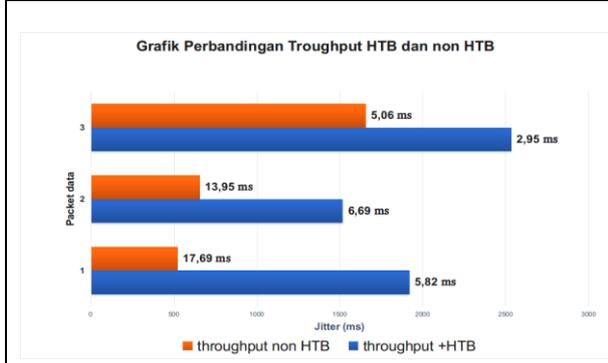
Gambar 7. Delay berdasarkan besaran Paket

Tabel 6. Optimasi Troughput Setelah Penerapan HTB

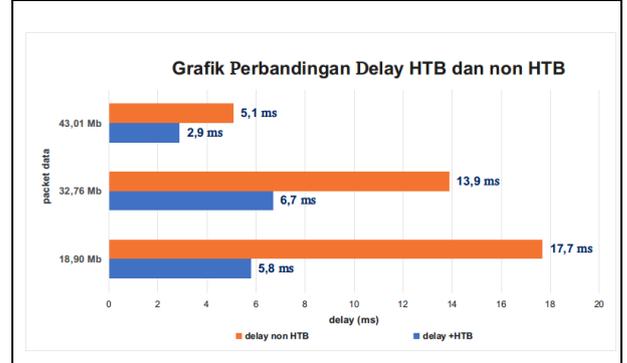
Jumlah Paket	HTB	NON HTB	Optimasi
18,90 Mb	1922 kbps	524 kbps	266,8 %
32, 70 Mb	1519 kbps	657 kbps	56,7 %
43, 01 Mb	2535 kbps	1657 kbps	34,6 %

Tabel 7. Optimasi delay Setelah Penerapan HTB

Jumlah Paket	HTB	NON HTB	Optimasi
18,90 Mb	5,8 ms	17,7 ms	205,2 %
32, 70 Mb	6,7 ms	13,9 ms	107,5 %
43, 01 Mb	2,9 ms	5,1 ms	72,9 %



Gambar 6. Perbandingan Troughput HTB dan non HTB



Gambar 8. Perbandingan Delay HTB dan non HTB

2. Parameter Delay

Pengujian dengan menggunakan parameter *delay* dilakukan berdasarkan besaran jumlah paket yang berbeda beda di setiap skenario pengujian diantaranya: paket 18,90 Mb, paket 32,76 Mb dan paket 43,01 Mb. Pengujian dilakukan dengan cara mendownload paket sebelum penerapan HTB dan mendownload paket setelah penerapan HTB, pada setiap besaran paket pengujian dilakukan sebanyak 10 kali (dengan penerapan HTB) dan 10 Kali (tanpa menggunakan HTB), delay yang dihasilkan dari setiap pengujian dapat dilihat pada gambar 7. Perbandingan *delay* dapat dilihat berdasarkan tabel 7 dan grafik *throughput* pada gambar 8.

3. Parameter Packet Loss

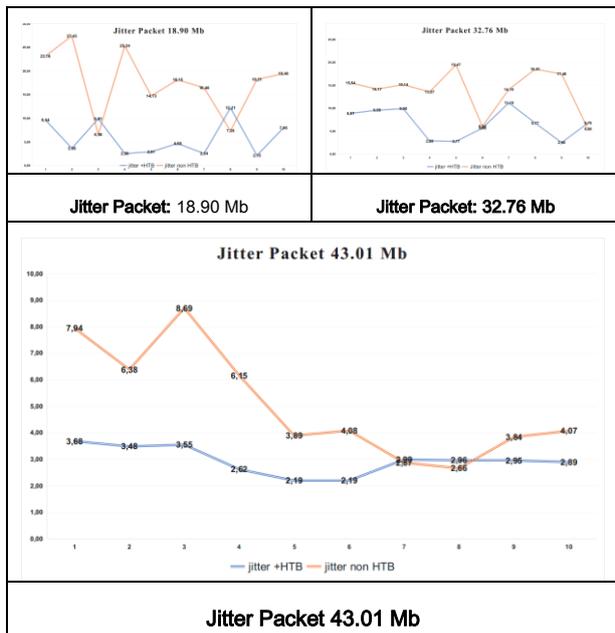
Pengujian dengan menggunakan parameter *packet loss* dilakukan berdasarkan besaran jumlah paket yang berbeda beda di setiap skenario pengujian diantaranya paket 18,90 Mb, paket 32,76 Mb dan paket 43,01 Mb. Pengujian dilakukan dengan cara mendownload paket sebelum penerapan HTB dan mendownload paket setelah penerapan HTB, pada setiap besaran paket pengujian dilakukan sebanyak 10 kali (dengan penerapan HTB) dan 10 kali (non HTB), *packet loss* yang dihasilkan dari setiap pengujian dapat dilihat pada tabel 8. Hasilnya tidak terdapat *packet loss* dari setiap pengujian HTB dan Non HTB nilai *packet loss* yaitu 0%.

Tabel 8. Optimasi *Packet Loss* Setelah Penerapan HTB

Jumlah Paket	HTB	NON HTB	Optimasi
18,90 Mb	0%	0%	0%
32, 70 Mb	0%	0%	0%
43, 01 Mb	0%	0%	0%

4. Parameter Jitter

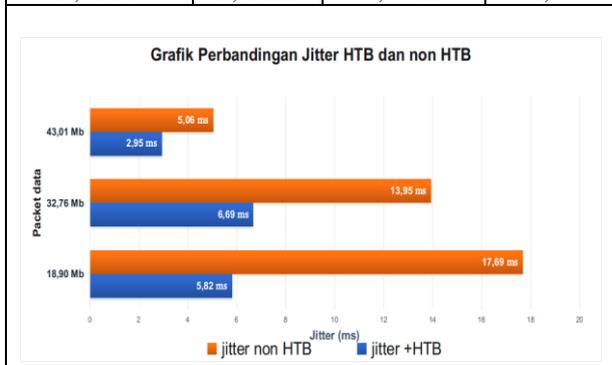
Pengujian dengan menggunakan parameter *jitter* dilakukan berdasarkan pengujian yang sama dengan pengujian *delay*, *throughput* dan *packet loss*, dengan besaran jumlah paket yang berbeda beda di setiap skenario pengujian diantaranya 18,90 Mb, 32,76 Mb dan 43,01 Mb. Hasil pengujian dapat dilihat berdasarkan tabel 9 dan grafik *jitter* pada gambar 10.



Gambar 9. *Jitter* berdasarkan besaran Paket

Tabel 9. Optimasi *Jitter* Setelah Penerapan HTB

JumlahPaket	HTB	NON HTB	Optimasi
18,90 Mb	52,82 ms	17,69 ms	67,1%
32, 70 Mb	6,69 ms	13,95 ms	108,5%
43, 01 Mb	2,95 ms	5,06 ms	71,5%



Gambar 10. Perbandingan *jitter* HTB dan non HTB

4. KESIMPULAN

berdasarkan hasil rangkaian uji coba dan analisis penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat

disimpulkan bahwa (1) Penerapan manajemen *bandwidth* dengan metode HTB telah berhasil memaksimalkan *bandwidth*, sehingga kualitas pelayanan *bandwidth* menjadi meningkat. (2) dengan mengimplementasikan Manajemen *bandwidth* menggunakan metode HTB maka pengaturan *bandwidth* untuk *user* dapat terbagi secara merata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saleh, A., Fellow., Simmons, IEEE. "Technology and Architecture to Enable the Explosive Growth of Internet," in *IEEE Communications Magazine*, vol.49, no.1, pp.126-132, january 2011, IEEE 2011
- [2] Wulandari, R. "Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon-Lipi," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol 2, no.2, Agustus 2016
- [3] Kozacinski, H., Knezevic, P."Configuration of Quality of Service Parameter in Communication Networks," in *Procedia Engineering* 69 (2014) 655-664, Elsevier 2014.
- [4] Odinnma, AC., Oborkhale L."Quality of Service Mechanisms and Challenges for IP Networks," *The Pacific Journal of Science and Technology*, vol.7 no 1. May 2006.
- [5] Firouiu, V., Boudec, Y., Towsley D., Zhang Z."Theories and Models for internet Quality of Service," *Proceddings of the IEEE*, May 2002.
- [6] Sucipto, A., Bandung, Y."Stereotypes Based Resource Allocation for Multimedia Internet Service in Limited Capacity Network," in *International Symposium on Electronics and Smart Device (ISESD)*, 29-30 November 2016..
- [7] Bhattacharjee, T., Gopal, V., Nganggoua, LN., Raghunanth, C."TrafficLight: Network Traffic Monitoring and Allocation," <http://people.cs.vt.edu/~tirtha23/CSGrad/TrafficLight.pdf> [diakses 28 mei 2018]
- [8] Kassim, M., Ismail, M., Jumari, K., Yusof, M.I."A Survery: Bandwidth Management in an IP Based Network," <https://waset.org/publications/3739/a-survey-bandwidth-management-in-an-ip-based-network> [diakses 28 mei 2018]
- [9] Richmond, K., Shade, K., Samson, O., Aderonke, A."Management and Control of Bandwidth in Computer Network," in *IRACST - International Journal of Computer Network and Wireless Communication (IJCN*Gambar 9.Perbandingan Packet Loss HTB dan non HTBWC), Vol.2, No.3, June 2012.
- [10] Siahaan, MDL., Panjaitan, MS., Siahaan, APU."MikroTik Bandwidth Management to Gain the user prosperity Prevalent," in *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*-Vol.42, No.5, December 2016.
- [11] Mikrotik Documentation. 2011. "Manual HTB" <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:HTB> [diakses 2008 Mei 2018]
- [12] Cyberoam, White Papper."An Introduction to Load balancing and Failover: what to look for when going for multiple gateways," <https://www.cyberoam.com/down-loads/Whitepaper/White-Paper-on-Load-balancing-and-failover.pdf> [diakses 30 mei 2018]
- [13] Obadia, M., Bouet, M., Leguay, J., Phemius, K., Iannone, L."Failover Mechanismes for Distributed SDN Controllers," In *International Conference and Workshop on the Network of the Future (NOF)* 3-5 Dec 2014, IEEE Explore Juni 2015.
- [14] ECESSA, White Papper"Everything you need to know about network failover," <http://www.ecessa.com/wp-content/uploads/2015/02/Everything-You-Need-To-Know-About-Network-Failover.pdf> [diakses 30 mei 2018]
- [15] Sudarsono, A., Siswanto, A., Iswanto, H., Setiawan, Q."Traffic Analysis of Quality of Service (QoS) for Video Conferencing between Main Campus and Sub Campus in Laboratory Scale," in *EMITTER - International of Engineering Technology*, Vol.3, No.2, December 2015.