

Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode PCC pada Jaringan LAN Fakultas Bisnis dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta

Aulia Desy Nur Utomo¹, Ahmad Ashari²

¹Program Studi S2/S3 Ilmu Komputer, FMIPA UGM, Yogyakarta

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

¹auliautomo@gmail.com, ²ashari@ugm.ac.id

Abstract-- On the use of the Internet network of a general nature need to apply the appropriate configuration of bandwidth management in order to maximize the use of bandwidth provided by the provider. This is important for optimal bandwidth usage and according to the utility that basically is general and is used together can be achieved. Per Connection Classifier (PCC) is a method of load balancing to distribute the traffic load on more than one network connection point in a balanced way, so that traffic can run optimally. The research focused on the application bandwidth management and network configuration method to maximize the use of the internet university of each user. Quality of Service is used to look at the performance of the network traffic that is indicated by the value of the parameter delay, throughput and packet loss. Based on the results of tests performed, the measurement results are shown based bandwidth QoS parameters after using PCC and bandwidth management configuration is applied include filtering traffic, limit bandwidth and burst. Results obtained for the delay value decreased from 180.26 ms becomes 112.21 ms and throughput increased from 1.76% to 2.66%, then to packet loss decreased from 25.37% to 15.74% s in accordance with the standards TIPHON.

Keywords— Quality of Service, Per Connection Classifier, Management bandwidth

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dunia telekomunikasi sangat berpengaruh terhadap komunikasi dan interaksi di dalam masyarakat, baik organisasi, institusi serta lembaga pendidikan. Salah satu perkembangan teknologi telekomunikasi adalah layanan komunikasi data, atau pelayanan *internet* cepat. Seiring dengan perkembangannya, layanan *internet* sangat dibutuhkan karena penyampaian informasinya yang cepat dan efisien.

Dalam lingkungan institusi dan lembaga pendidikan penggunaan layanan *internet* pada jam kerja hampir secara serentak digunakan secara bersamaan, baik mengakses aplikasi *online* yang digunakan kantor ataupun media informasi *email*, *web*, *chatting*, *browsing*, *multimedia* dan sebagainya, ini akan mengakibatkan *bandwidth* yang tersedia akan terbebani dan saling berebut antar *user* dengan *user* yang lain untuk memenuhi kebutuhan akses datanya.

Universitas Teknologi Yogyakarta (UTY) sebagai institusi pendidikan yang memiliki integritas tinggi

untuk memajukan civitas akademiknya, memiliki banyak kelengkapan fasilitas pendukung sarana dan prasarana pendidikan, baik dari segi operasional maupun laboratorium khususnya laboratorium komputer. Tetapi dalam pelaksanaannya penggunaan layanan dalam hal ini *internet* pada jam kerja dalam satu waktu secara bersamaan akan mempengaruhi kinerja operasional pendidikan serta kegiatan belajar mengajar. Hal ini ditandai dengan penggunaan layanan internet pada laboratorium komputer yang tidak stabil, seringnya terjadi '*not connection*' atau putus nyambung, lamanya proses upload nilai dan entri data pada sistem informasi universitas.

Melihat permasalahan tersebut untuk kelancaran operasional pendidikan perlu diterapkannya manajemen *bandwidth* yang sesuai untuk kebutuhan dari setiap *user* dan untuk membatasi penggunaan *bandwidth* yang berlebihan dari setiap *user*. Pada proses manajemen *bandwidth* juga diterapkan metode PCC (*Per Connection Classifier*), dimana penggunaan metode ini diharapkan dapat melancarkan pendistribusian beban *traffic* pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang agar *traffic* dapat berjalan optimal, dan juga dapat memaksimalkan *throughput*, dan memperkecil waktu tanggap atau *delay* untuk memaksimalkan QoS (*Quality of Service*) dari masing-masing *user*, serta dapat menghindari *overload* pada salah satu jalur koneksi pada jaringan [1].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Masalah

Penerapan manajemen *bandwidth* dan metode PCC (*Per Connection Classifier*) akan diimplementasikan secara langsung pada jaringan internet di F-ITB [2], penerapan konfigurasi ini digunakan untuk melakukan pengujian dan dianalisis kinerjanya melalui hasil pengukuran pada tiap tahapan implementasi dengan tiga buah parameter *Quality of Service*[3] yaitu *delay*, *throughput* dan *packet loss*[4].

2.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem bertujuan untuk membahas bagaimana implementasi sistem manajemen *bandwidth* dan metode yang dirancang harus dapat menyelesaikan masalah pada jaringan F-ITB dan

mengidentifikasi kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan.

2.2.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Terdapat beberapa macam perangkat keras yang digunakan termasuk diantaranya. Perangkat Komputer yang digunakan sebagai komputer *client* pada laboratorium komputer dan ruang kantor operasional pendidikan, yang dalam penelitian ini sebagai *measurement point* atau *node* dilakukannya pengambilan data dan pengukuran. Routerboard Mikrotik digunakan untuk manajemen *bandwidth* dan tempat pengkonfigurasi metode PCC. Laptop yang digunakan sebagai salah satu *node* dan juga perekam keseluruhan data dan pengukuran

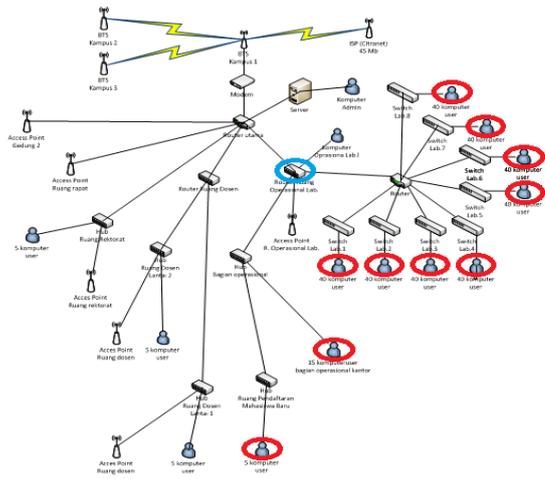
2.2.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Terdapat beberapa macam perangkat lunak yang digunakan termasuk diantaranya Aplikasi *wireshark Networking* yang akan digunakan pada masing-masing komputer *client* untuk mendapatkan nilai data pengukuran untuk menentukan nilai *delay* dan *throughput*. Aplikasi *Axence Net Tools* digunakan juga digunakan pada masing-masing komputer *client* untuk mendapatkan nilai data pengukuran untuk menentukan nilai *packet loss*. Aplikasi Ping digunakan untuk mengirimkan paket ICMP pada masing-masing komputer *client* untuk mengetes konektivitas antar komputer.

2.3 Perancangan Pengujian

Berdasarkan hasil pengamatan infrastruktur dan keluhan *user* tentang koneksi internet yang lambat, pengujian akan dilakukan pada setiap laboratorium komputer Fakultas Bisnis dan Teknologi UTY dan pada ruang operasional kantor. Berikut adalah lokasi *measurement point* pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 adalah lokasi tempat pengukuran dan penempatan konfigurasi pada router.

Pengujian dilakukan pada 8 laboratorium komputer dan ruang operasional kantor. Setiap laboratorium terdapat 40 komputer dan 10 komputer pada ruang operasional kantor, sehingga terdapat 330 komputer user sebagai *measurement point* pengukuran dan pengujian untuk mendapatkan sampel data trafik internet guna menentukan nilai *delay*, *throughput* dan *packet loss*. Konfigurasi manajemen *bandwidth* dan metode PCC diterapkan pada router operasional laboratorium. Pengujian dilakukan pada jam kerja dan dilakukan secara bersamaan dalam satu waktu untuk dapat melihat kinerja *bandwidth* dalam jaringan. Pengujian melibatkan mahasiswa, dosen dan karyawan untuk membantu mengumpulkan data dari seluruh komputer *measurement point*.



Gambar 1 Lokasi Pengukuran dan Penempatan konfigurasi router

2.4 Perancangan Skenario Pengukuran

Dari hasil pengamatan data trafik perancangan pengujian, skenario pengukuran dilakukan selama tiga minggu di dalam bulan Oktober dimulai pada tanggal 3 Oktober 2016 sampai tanggal 23 Oktober 2016 dengan ketentuan dalam satu minggu dilakukan tiga kali pengukuran yaitu pada hari Senin, Rabu, Jumat dan setiap minggunya pada hari yang sama, keadaan yang sama kegiatan yang sama. Dari sini akan dapat terlihat peningkatan kinerja *bandwidth* karena diukur pada kondisi yang sama

Pengukuran dilakukan dengan konfigurasi yang berbeda-beda, pengukuran pada minggu pertama adalah pengukuran dengan konfigurasi jaringan yang ditetapkan F-ITB, pada minggu kedua pengukuran dengan menerapkan metode PCC (*Per Connection Classifier*), pada minggu ketiga pengukuran dengan menerapkan konfigurasi manajemen *bandwidth* QoS, *traffic filtering*, *limit bandwidth* serta *burst* kepada router utama yang menuju laboratorium komputer dan operasional kantor.

Skenario pengukuran yang diterapkan adalah, pada waktu antara pukul 07.00 – 12.00 WIB yaitu setiap satu jam dari jam 07.00 WIB sampai dengan 12.00 WIB akan diambil sampel pengukuran dari parameter *delay*, *throughput* dan *packet loss* selama 3 kali, durasi pengambilan data yaitu 1 menit, jadi setiap satu jam akan diambil rata-rata data *traffic* yang didapat. Kemudian dijumlahkan satu jam selanjutnya sampai pukul 12.00 WIB.

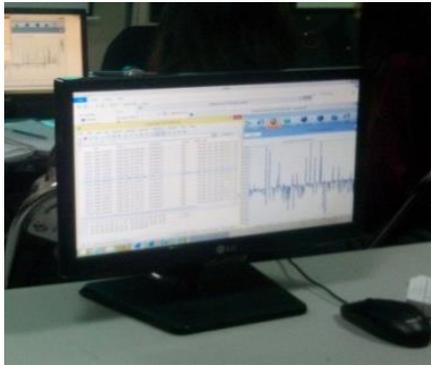
2.5 Persiapan perangkat pengujian dan pengukuran yang digunakan

Persiapan perangkat yang digunakan berguna untuk mempersiapkan perangkat keras dan perangkat lunak pengukuran layanan jaringan yang akan di pasang dan diterapkan pada jaringan internet F-ITB.

2.6 Perangkat keras

Proses pengukuran layanan jaringan internet dilakukan dengan mempersiapkan perangkat keras yang

dibutuhkan yaitu setiap komputer *user* operasional kantor dan laboratorium komputerserta router mikrotik. Pada Gambar 2 menunjukkan komputer desktop yang digunakan oleh setiap *user*.



Gambar 2 Komputer Desktop User

Menggunakan satu buah laptop sebagai salah satu *user* dan untuk rekap data pengukuran. Pada Gambar 3 menunjukkan laptop yang digunakan.



Gambar 3 Laptop Asus A46CM-WX095D

Menggunakan satu buah *routerboard*. Pada Gambar 4 menunjukkan *router* yang digunakan.



Gambar 4 Routerboard Mikrotik RB951-2n

2.7 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aplikasi Waresnark, Aplikasi Axence Net Tools, Aplikasi Ping pada Windows.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Metode PCC pada router Mikrotik

Pada pengaturan *loadbalancing* PCC (*Per Connection Classifier*) dikelompokkan *traffic* koneksi yang melalui atau keluar masuk *router* menjadi

beberapa kelompok *traffic*. Pengelompokan ini dibedakan berdasarkan *src-address*, *dst-address*, *src-port* dan atau *dst-port*. Sehingga *router* akan mencatat jalur *gateway* yang dilewati pada awal *traffic* koneksi, kemudian pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi atau paket awal akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang ditetapkan.

Pembuatan pengaturan *manglein-interface* pada *trafficloadbalanceclient* diatas adalah *interface* yang terhubung dengan *client*, dan untuk *trafficloadbalancewebproxy*, penulis menggunakan *chain output* dengan parameter *out-interface* yang bukan terhubung ke *interface client*[5]. Setelah *custom chain* untuk *loadbalancing* dibuat, kemudian membuat *mangle* pada *custom chain* tersebut dengan mengetikkan perintah sebagai berikut. Pada Gambar 5 adalah *scriptmangle* untuk pengaturan *loadbalancing* pada *in-interface* dan *out-interface*.

```
/ip firewallmangle
add Action=mark-connectionchain=client-lb dst-address-type=!local new-connection-mark=to-isp passthrough=yes per-connection-classifier=both-addresses:3/0
comment="awal loadbalancing klien" // pengaturan loadbalancing konfigurasi PCC
add Action=mark-connectionchain=client-lb dst-address-type=!local new-connection-mark=to-isp passthrough=yes per-connection-classifier=both-addresses:3/1
add Action=return chain=client-lb comment="akhir dari loadbalancing" // pengaturan loadbalancing konfigurasi PCC

/ip firewallmangle
add Action=mark-connectionchain=lb-proxy dst-address-type=!local new-connection-mark=con-from-isp passthrough=yes per-connection-classifier=both-addresses:3/0
comment="awal load balancing proxy" // pengaturan load balancing proxy
add Action=mark-connectionchain=lb-proxy dst-address-type=!local new-connection-mark=con-from-isp passthrough=yes per-connection-classifier=both-addresses:3/1
add Action=return chain=lb-proxy comment="akhir dari loadbalancing" // pengaturan load balancing proxy
```

Gambar 5 Script mangle untuk pengaturan loadbalancing pada in-Interface dan out-Interface

Pada *loadbalancingclient* dan *webproxy* menggunakan parameter pemisahan *traffic* PCC yang sama, yaitu *both-address*, sehingga *router* akan mencatat berdasarkan *src-address* dan *dst-address* dari sebuah koneksi [6]. Jika masing-masing *traffic* dari *client* dan *proxy* sudah ditandai, kemudian membuat *manglemark-route* yang akan digunakan dalam proses routing. Pengaturan ini diterapkan dengan mengetikkan perintah sebagai berikut [7]. Pada Gambar 6. adalah *scriptmanglemark-route* untuk proses routing.

```
/ip route
add check-gateway=ping dst-address=0.0.0.0/0
gateway=192.168.11.1 routing-mark=route-to-isp
distance=1 // konfigurasi mangle mark-route
```

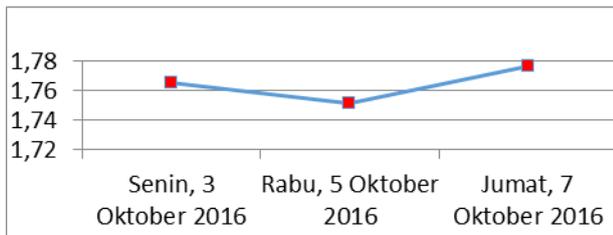
Gambar 6 Script mangle mark-route untuk proses routing

Dari hasil inputan keseluruhan *script* metode PCC dihasilkan konfigurasi pada *mikrotik* sebagai berikut. Pada Gambar 7 adalah hasil input konfigurasi PCC pada *routerboard Mikrotik*.

Tabel 2 Rata-rata throughput harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor.

Hari Pengukuran Minggu ke-1	Data Pengukuran Rata-rata throughput (%) per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata throughput per hari (%)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 3 Oktober 2016	1,64	1,70	1,89	1,72	1,88	1,81	1,79	1,78	1,68	1,77	1	Masih dapat ditolerir
Rabu, 5 Oktober 2016	1,71	1,68	1,76	1,78	1,80	1,75	1,73	1,81	1,74	1,75	1	Masih dapat ditolerir
Jumat, 7 Oktober 2016	1,69	1,78	1,88	1,72	1,75	1,80	1,70	1,85	1,82	1,78	1	Masih dapat ditolerir
Rata-rata throughput Minggu ke-1 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-1	1,68	1,72	1,84	1,74	1,81	1,79	1,74	1,81	1,75	1,76	1	Masih dapat ditolerir

Grafik untuk hasil pengukuran throughput minggu pertama ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik rata - rata persentase throughput harian

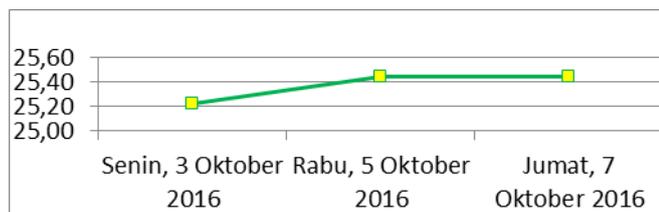
3.6.3 Pengukuran Packet loss

Tabel untuk hasil pengukuran packet loss minggu pertama ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rata - rata packet loss harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor

Hari Pengukuran Minggu ke-1	Data Pengukuran Rata-rata packet loss (%) per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata packet loss per hari (%)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 3 Oktober 2016	27	25	27	26	24	25	23	24	26	25,22	1	Jelek
Rabu, 5 Oktober 2016	26	24	25	24	26	28	27	25	24	25,44	1	Jelek
Jumat, 7 Oktober 2016	25	23	26	28	23	27	26	25	27	25,56	1	Jelek
Rata-rata throughput Minggu ke-1 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-1	26,00	24,00	26,00	26,00	24,33	26,67	25,33	24,67	25,67	25,41	1	Jelek

Grafik untuk hasil pengukuran packet loss minggu pertama ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik rata-rata packet loss harian

3.7 Pengujian trafic Minggu kedua dengan menggunakan metode PCC

Pengujian delay, throughput dan packet loss digunakan metode PCC sebagai pengendali trafic jaringan. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

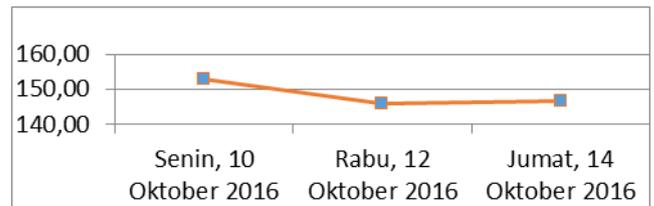
3.7.1 Pengukuran Delay

Tabel untuk hasil pengukuran delay minggu kedua ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Rata - rata delay harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor.

Hari Pengukuran Minggu ke-2	Data Pengukuran Rata-rata delay per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata delay per hari (milisecond)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 10 Oktober 2016	141,14	130,33	156,56	159,82	172,18	155,96	152,02	169,50	137,26	152,75	3	Bagus
Rabu, 12 Oktober 2016	143,19	131,51	153,79	139,75	166,26	145,67	150,84	149,66	132,09	145,86	4	Sangat Bagus
Jumat, 14 Oktober 2016	140,40	141,27	146,15	134,25	156,08	165,42	149,54	155,91	129,28	146,48	4	Sangat Bagus
Rata-rata delay Minggu ke-2 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-2	141,58	134,37	152,17	144,61	164,84	155,68	150,80	158,36	132,88	148,36	4	Sangat Bagus

Grafik untuk hasil pengukuran delay minggu kedua ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik rata-rata delay harian

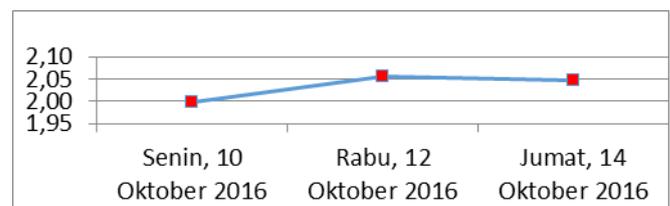
3.7.2 Pengukuran Throughput

Tabel untuk hasil pengukuran throughput minggu kedua ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rata-rata throughput harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor.

Hari Pengukuran Minggu ke-2	Data Pengukuran Rata-rata throughput (%) per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata throughput per hari (%)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 10 Oktober 2016	1,86	2,08	1,96	2,01	2,07	2,05	1,91	1,96	2,09	2,00	1	Masih dapat ditolerir
Rabu, 12 Oktober 2016	2,03	1,98	2,13	2,10	2,14	1,96	2,04	2,14	1,98	2,06	1	Masih dapat ditolerir
Jumat, 14 Oktober 2016	2,06	1,90	2,01	2,12	1,92	2,15	2,13	1,97	2,02	2,05	1	Masih dapat ditolerir
Rata-rata throughput Minggu ke-2 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-2	1,98	2,03	2,03	2,08	2,04	2,05	2,03	2,02	2,03	2,03	1	Masih dapat ditolerir

Grafik hasil pengukuran throughput minggu pertama ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Grafik persentase rata-rata throughput harian

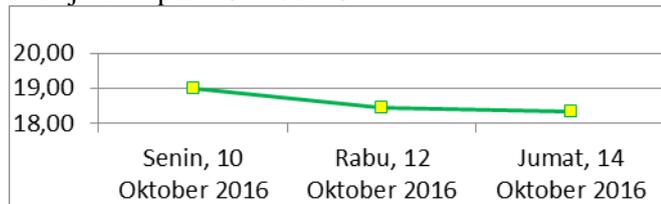
3.7.3 Pengukuran Packet loss

Tabel untuk hasil pengukuran packet loss minggu kedua ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Rata - rata packet loss harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor

Hari Pengukuran Minggu ke-2	Data Pengukuran Rata-rata packet loss (%) per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata packet loss per hari (%)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 10 Oktober 2016	20	19	20	19	18	18	20	19	18	19,00	2	Sedang
Rabu, 12 Oktober 2016	19	20	19	17	18	17	18	19	19	18,44	2	Sedang
Jumat, 14 Oktober 2016	18	20	18	19	17	17	18	17	21	18,33	2	Sedang
Rata-rata throughput Minggu ke-2 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-2	19,00	19,67	19,00	18,33	17,67	17,33	18,67	18,33	19,33	18,59	2	Sedang

Grafik untuk hasil pengukuran *packet loss* minggu kedua ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Grafik rata-rata *packet loss* harian

3.8 Pengujian *traffic* Minggu ke tiga setelah diterapkan metode PCC serta konfigurasi Manajemen Bandwith.

Pada pengujian ini sama seperti pengujian sebelumnya, hanya saja untuk pengujian ini ditambahkan penerapan konfigurasi *limit bandwidth*, *burst*, *traffic filtering* untuk manajemen *traffic* jaringan. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

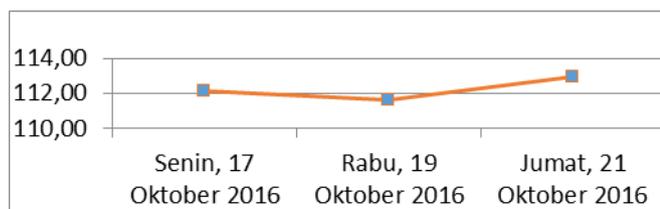
3.8.1 Pengukuran Delay

Tabel untuk hasil pengukuran *delay* minggu ketiga ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Rata - rata *delay* harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor.

Hari Pengukuran Minggu ke-3	Data Pengukuran Rata-rata <i>delay</i> per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata <i>delay</i> per hari (milisecond)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 17 Oktober 2016	109,08	112,28	111,60	113,77	109,58	114,67	111,87	112,67	113,43	112,11	4	Sangat Bagus
Rabu, 19 Oktober 2016	113,96	107,45	105,50	110,09	112,11	115,22	108,93	114,19	116,82	111,59	4	Sangat Bagus
Jumat, 21 Oktober 2016	111,28	110,30	115,50	114,34	116,83	110,99	110,01	115,56	111,52	112,93	4	Sangat Bagus
Rata-rata <i>delay</i> Minggu ke-3 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-3	111,44	110,01	110,87	112,73	112,84	113,63	110,27	114,14	113,92	112,21	4	Sangat Bagus

Grafik untuk hasil pengukuran *delay* minggu ketiga ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Grafik rata-rata *delay* harian

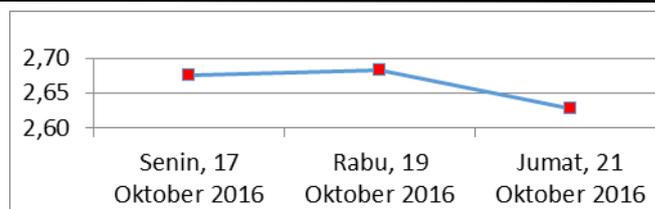
3.8.2 Pengukuran Throughput

Tabel untuk hasil pengukuran *throughput* minggu ketiga ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Rata-rata *throughput* harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor

Hari Pengukuran Minggu ke - 3	Data Pengukuran Rata-rata <i>throughput</i> (%) per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata <i>throughput</i> per hari (%)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 17 Oktober 2016	2,81	2,96	2,91	2,74	2,62	2,44	2,41	2,40	2,79	2,68	1	Masih dapat ditolerir
Rabu, 19 Oktober 2016	2,75	2,62	2,80	2,71	2,53	2,58	2,72	2,77	2,67	2,68	1	Masih dapat ditolerir
Jumat, 21 Oktober 2016	2,67	2,56	2,63	2,67	2,57	2,55	2,50	2,68	2,82	2,63	1	Masih dapat ditolerir
Rata-rata <i>throughput</i> Minggu ke-3 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-3	2,74	2,71	2,78	2,71	2,57	2,52	2,54	2,62	2,76	2,66	1	Masih dapat ditolerir

Grafik untuk hasil pengukuran *throughput* minggu ketiga ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik rata-rata *throughput* harian

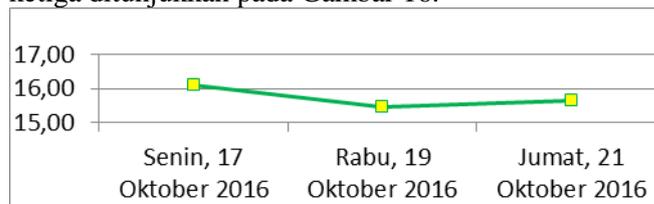
3.8.3 Pengukuran Packet loss

Tabel untuk hasil pengukuran *packet loss* minggu ketiga ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Rata - rata *packet loss* harian setiap Lab. Komputer dan R. Kantor

Hari Pengukuran Minggu ke-2	Data Pengukuran Rata-rata <i>packet loss</i> (%) per-laboratorium komputer dan R. Kantor									Rara - rata <i>packet loss</i> per hari (%)	Indeks peringkat	Keterangan kualitas
	Lab.1	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7	Lab.8	R. Kantor			
Senin, 17 Oktober 2016	15	17	16	16	15	18	17	16	15	16,11	2	Sedang
Rabu, 19 Oktober 2016	17	15	17	14	16	15	15	16	14	15,44	2	Sedang
Jumat, 21 Oktober 2016	16	15	14	15	16	17	15	17	16	15,67	2	Sedang
Rata-rata <i>throughput</i> Minggu ke-2 pada tiga hari kerja dari pukul 07.00 s/d 12.00 WIB												
Delay Minggu ke-2	16,00	15,67	15,67	15,00	15,67	16,67	15,67	16,33	15,00	15,74	2	Sedang

Grafik untuk hasil pengukuran *packet loss* minggu ketiga ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Grafik rata-rata *packet loss* harian

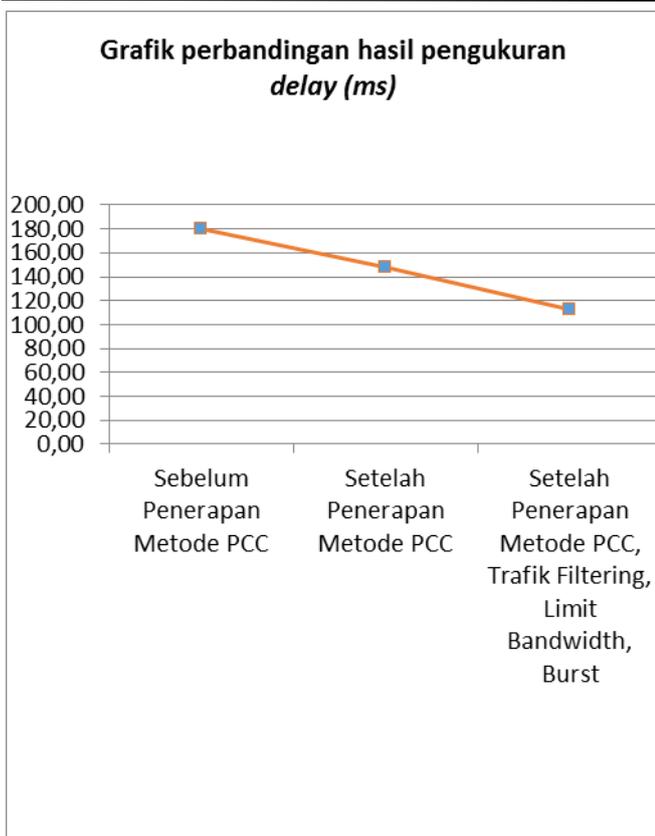
3.9 Analisa hasil pengujian

Tabel untuk hasil perbandingan hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Perbandingan Rata-rata Hasil Pengukuran

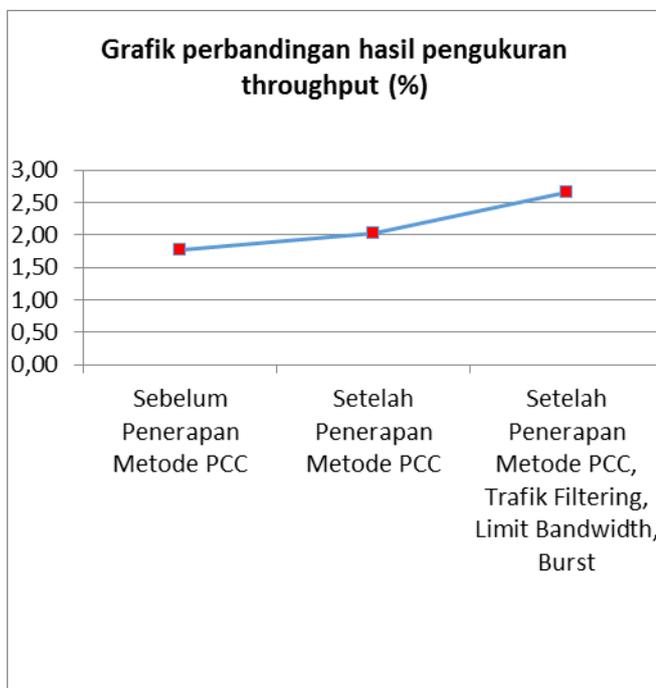
No.	Sebelum Penerapan Metode PCC			Keterangan Kualitas
	Parameter QoS	Nilai Rata-rata	Indeks Nilai	
1	Delay (ms)	180,26	3	Bagus
2	Throughput (%)	1,76	1	Masih dapat ditolerir
3	Packet Loss (%)	25,37	1	Jelek
Setelah Penerapan Metode PCC				
1	Delay (ms)	148,36	4	Sangat Bagus
2	Throughput (%)	2,03	1	Masih dapat ditolerir
3	Packet Loss (%)	18,59	2	Sedang
Setelah Penerapan Metode PCC, Limit Bandwith, Trafik Filtering, Burst				
1	Delay (ms)	112,21	4	Sangat Bagus
2	Throughput (%)	2,66	1	Masih dapat ditolerir
3	Packet Loss (%)	15,74	2	Sedang

Pada Gambar 17 adalah grafik perbandingan hasil pengukuran *delay*



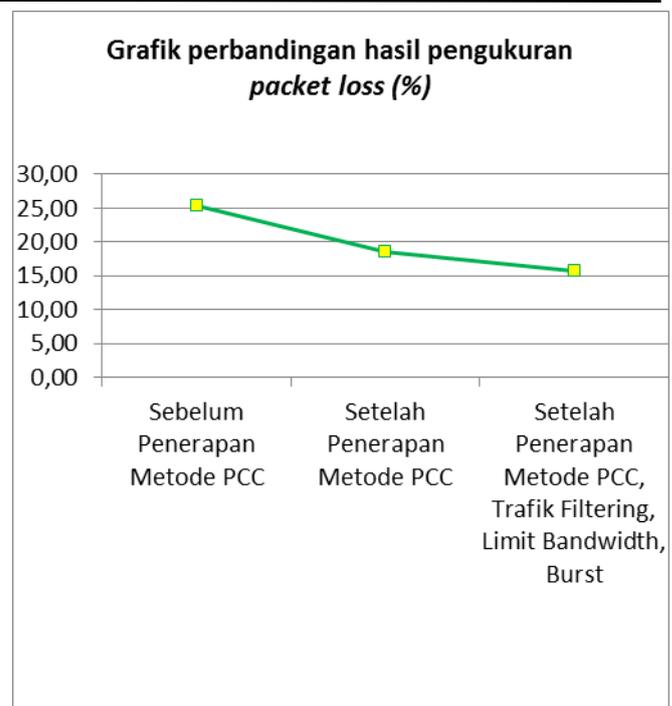
Gambar 17 Grafik perbandingan hasil pengukuran delay

Pada Gambar 18 adalah grafik perbandingan hasil pengukuran throughput.



Gambar 18 Grafik perbandingan hasil pengukuran throughput

Pada Gambar 19 adalah grafik perbandingan hasil pengukuran packet loss.



Gambar 19 Grafik perbandingan hasil pengukuran packet loss

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil menerapkan metode PCC dan manajemen bandwidth pada jaringan F-ITB. Dibuktikan dengan hasil pengukuran setiap parameter QoS delay, throughput dan packet loss menggunakan standar TIPHON yang memperlihatkan perbedaan nilai signifikan dari sebelum diterapkannya konfigurasi dan setelah diterapkan konfigurasi manajemen bandwidth serta metode PCC.
2. Hasil yang didapatkan untuk nilai delay mengalami penurunan dari 180,26 ms menjadi 112,21 ms dan untuk throughput mengalami kenaikan dari 1,76 % menjadi 2,66 %, kemudian untuk packet loss mengalami penurunan dari 25,37 % menjadi 15,74 %.

5. SARAN

Saran yang dapat dikembangkan dalam penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

1. Diperlukan analisis yang lebih detail untuk menunjukkan perbandingan dari konfigurasi manajemen bandwidth dan metode yang diterapkan.
2. Untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan sampel pengukuran dalam waktu satu hari, atau pada delapan jam kerja. Agar dapat dilihat keseluruhan trafik selama satu hari kerja.

3. Pada penelitian lebih lanjut diharapkan menggunakan lebih banyak parameter QoS yang digunakan, agar data yang didapat lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewobroto, P. 2009. *Load Balance menggunakan Metode PCC.(online)*. Artikel umum <http://www.mikrotik.co.id>, diakses tgl. 25 September 2016.
- [2] Santosa, B. 2004. *Manajemen Bandwidth Internet dan Intranet*.
- [3] Ferguson, P. & Huston, G. 1998. *Quality of Service*. John Wiley & Sons Inc.
- [4] Brownlee N, Loosley C. 2001. *Fundamentals of Internet Measurement: A Tutorial*. MG Journal of Computer Resource Management Chapter 102.
- [5] Irvantino, H. (2011). *Konfigurasi Wireless Routerboard mikrotik*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [5] Irvantino, H. (2011). *Konfigurasi Wireless Routerboard mikrotik*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [6] Sopandi, D., 2008. *Instalasi Dan Konfigurasi Jaringan Komputer*. Bandung :Informatika.
- [7] Herlambang, Linto dan Catur Azis. (2008). *Panduan Lengkap Menguasai Router Masa Depan Menggunakan Mikrotik RouterOS*. Yogyakarta:ANDI.
- [8] Rendra, (2013), *Mikrotik Kitab 1*, Jakarta, Jasakom.
- [9] Rafiudin, R. (2006), *Membangun Firewall dan Traffic Filtering Berbasis Cisco*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [10] Dewo, S. 2004. “*Bandwidth dan Throughput*”, Artikel umum Populer Ilmu Komputer. <http://ilmukomputer.org>, diakses tgl. 10 September 2016.