

**IMPLEMENTASI TEKNIK LOAD BALANCING METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) DENGAN FUNGSI QUEUE UNTUK MANAJEMEN BANDWIDTH (Studi Kasus Pada Laboratorium Komputer Jaringan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)**

**Galih Tegar P.Aji<sup>1</sup> Catur Iswahyudi<sup>2</sup> Joko Triyono<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

[ajigalih812@gmail.com](mailto:ajigalih812@gmail.com)<sup>1</sup> [catur@akprind.ac.id](mailto:catur@akprind.ac.id)<sup>2</sup> [jack@akprind.ac.id](mailto:jack@akprind.ac.id)<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

*PCC load balancing aims to prevent overload which will cause slow or broken connections. By balancing the traffic load, it will reduce the response time and increase throughput. load balancing The PCC method successfully distributes connection traffic load on both connection lines based on the IP header packet. in this study, the traffic load of ISPA and ISPB was divided close to balance.*

*Then with failover, the router will switch the internet connection path if one of the Internet connections dies. In this study failover can work well.*

*Bandwidth management on the network uses the PCQ queue tree method, In the practicum network the condition of quiet the average value of delay is 72.7 ms while in busy conditions the average delay is 73.43 ms, the jitter average when condition of quiet, which is 64.6 ms while the busy one is 66.76 ms. The average value of throughput when the condition is quiet is 61.01 KB, while when the condition is busy, it is 60.56 KB, the value of packet loss in the network is busy and quiet, which is 0%. Whereas workshop network the condition are quiet, the average value of delay is 78.48 ms when busy conditions the average delay is 82.45 ms, the average value of jitter when the condition is quiet is 71 ms while the busy condition is 74.88 ms. The average value of throughput when the condition is quiet is 117.45 KB while when busy conditions is 114.96 KB, the value of packet loss when the workshop network is busy and quiet is equal to 0%.*

*Keywords* PCC, load balancing, queue tree, failover, PCQ

**INTISARI**

*Load balancing PCC bertujuan untuk mencegah terjadinya overload yang nantinya akan menimbulkan koneksi lambat atau putus, Dengan menyeimbangkan beban trafik maka akan memperkecil response time dan memperbesar throughput. load balancing metode PCC berhasil mendistribusikan beban trafik koneksi pada kedua jalur koneksi berdasarkan IP header packet. pada penelitian ini, beban trafik ISPA dan ISPB terbagi mendekati seimbang.*

*Kemudian dengan failover, router akan melakukan perpindahan jalur koneksi Internet apabila salah satu koneksi Internet mati. Pada penelitian ini failover dapat berjalan dengan baik.*

*Bandwidth manajemen pada jaringan menggunakan queue tree metode PCQ, Pada jaringan praktikan kondisi sepi nilai rata-rata delay yaitu 72,7 ms sedangkan pada kondisi sibuk rata-rata delay yaitu 73,43ms, nilai rata-rata jitter kondisi sepi yaitu 64,6 ms sedangkan saat sibuk yaitu 66.76 ms. Nilai rata-rata throughput pada saat kondisi sepi yaitu 61,01 KB sedangkan saat kondisi sibuk yaitu 60,56 KB, nilai packet loss pada jaringan praktikan sibuk dan sepi yaitu sebesar 0%. Sedangkan Pada jaringan workshop kondisi sepi nilai rata-rata delay yaitu 78,48 ms sedangkan saat kondisi sibuk rata-rata delay yaitu 82,45 ms, nilai rata-rata jitter saat kondisi sepi yaitu 71 ms sedangkan saat kondisi sibuk yaitu 74,88 ms. Nilai rata-rata throughput saat kondisi sepi yaitu 117,45 KB sedangkan saat kondisi sibuk yaitu 114,96 KB, nilai packet loss saat jaringan workshop sibuk dan sepi yaitu sebesar 0%.*

*Kata kunci* : load balancing, PCC, queue tree, failover, PCQ

## PENDAHULUAN

Seringkali tingginya beban trafik dan *request* yang ditangani oleh sistem jaringan komputer memunculkan masalah-masalah seperti terjadinya kongesti atau kemacetan pada jalur koneksi dan membuat kinerja sistem jaringan komputer tersebut menurun. Hal ini memicu pengelola sistem jaringan komputer pada perusahaan atau instansi untuk menerapkan teknik jaringan komputer yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Teknik yang cocok untuk diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut *load balancing* (Hikmata, 2016). *Load balancing* adalah teknik yang digunakan untuk mengirim lalu lintas jaringan melalui beberapa *gateway* (sayeed, 2018).

Metode PCC adalah salah satu metode yang dapat digunakan pada *load balancing*, dengan PCC dapat digunakan untuk mengelompokkan trafik koneksi yang melalui *router* menjadi beberapa kelompok, sehingga *router* akan mengetahui jalur *gateway* yang dilewati diawal trafik koneksi dan pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awalnya akan dilewatkan pada *gateway* yang sama saat pertama awal koneksi.

Dengan menggunakan teknik *load balancing* metode PCC maka jaringan tersebut akan terhindar dari kemacetan dan terputusnya jaringan laboratorium dengan koneksi Internet karena kedua jalur Internet saling *backup* satu sama lain, kemudian dengan manajemen *bandwidth*, *bandwidth* yang didapatkan dari kedua *Internet Service Provider* (ISP) dapat digunakan secara optimal dan merata pada setiap jaringan dan *client*.

## TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian (Bhayangkara & Riadi, 2014) yang berjudul Implementasi *Proxy Server* Dan *Load balancing* Menggunakan Metode *Per Connection Classifier* (PCC) Berbasis Mikrotik, pada penelitian ini telah di terapkan *load balancing* menggunakan metode PCC dengan *proxy server* berbasis linux ubuntu pada *shmily.net*, Masalah yang sering terjadi di *Shmily.net* adalah *trouble* pada koneksi dan tidak cukupnya koneksi untuk memenuhi semua kebutuhan pelanggan. Dengan pengujian melalui 10 responden dengan hasil 77,5% *user* sudah mencukupi kebutuhan koneksi Internet, kualitas koneksi Internet, kecepatan *download* dan *browsing* di *Shmily.net* juga lebih cepat, yang membedakan pada penelitian ini, menggunakan fungsi *queue* untuk manajemen *bandwidth* pada jaringan LAN agar pembagian *bandwidth* dapat dilakukan secara merata dan optimal di setiap jaringan dan *client*.

Penelitian (Adani, Jusak, & Pratikno, 2016) dengan judul Analisis Perbandingan Metode Load Balance PCC Dengan NTH Menggunakan Mikrotik, pada penelitian tersebut, telah dibandingkan *load balancing* metode PCC dan NTH dalam mengirim data video ke sebuah *server* secara *offline* dengan dua topologi *ring* yang memiliki dua *bandwidth* yang berbeda disetiap *gateway*, hasil dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa *throughput* yang dihasilkan pada pengujian *load balancing* PCC lebih besar daripada pengujian dengan *load balancing* NTH, *packet loss* yang dihasilkan pada pengujian *load balancing* PCC lebih sedikit dibandingkan pengujian dengan *load balancing* NTH, pengujian parameter *fairness index* pada Nth lebih *fair* daripada pengujian parameter *fairness index* pada PCC, yang membedakan pada penelitian ini adalah pada penelitian ini mengimplementasikan *load balancing* metode PCC dan fungsi *queue* manajemen *bandwidth* pada *real network* dan dengan menggunakan *resource* yang ada pada laboratorium jaringan komputer IST AKPRIND.

Penelitian (Hikmata, 2016) dengan judul Analisis Perbandingan Metode *Load balancing* ECMP, NTH, Dan PCC Menggunakan Mikrotik *Cloud Hosted Router* Pada GNS3. Pada penelitian tersebut menggunakan *software* GNS3 untuk melakukan simulasi untuk implementasi teknik *load balancing* menggunakan beberapa metode tersebut. Yang membedakan dengan penelitian ini yaitu, dilakukan pada jaringan komputer yang *real* pada laboratorium jaringan komputer dalam penerapan teknik *load balancing* metode PCC dan menggunakan fungsi *queue* untuk manajemen *bandwidth*.

Penelitian (Firdaus, 2017) dengan judul Analisis Perbandingan Kinerja *Load balancing* Metode ECMP (*Equal Cost Multi-Path*) Dengan Metode PCC (*Per Connection*

*Classifier*) Pada Mikrotik Router OS. Pada penelitian tersebut telah dibandingkan kinerja *load balancing* metode ECMP dan PCC. Pengujian dilakukan dengan berbagai cara melakukan aktifitas *request* dari *client* ke *server* melalui protocol *Transfer Control protocol* (TCP) maupun *User Datagram Protocol* (UDP) menggunakan aplikasi *network analyzer* yang telah ditentukan. Metode PCC menghasilkan *throughput* lebih baik daripada metode ECMP. Metode PCC memiliki ketahanan atau reliabilitas yang lebih baik ketika terjadi gangguan pada jaringan. Metode ECMP menghasilkan RTT yang lebih baik dari pada metode PCC, yang membedakan dengan penelitian ini yaitu penelitian ini dilakukan menggunakan *resource* yang ada pada laboratorium jaringan komputer IST AKPRIND tanpa mesin *virtual* dalam implementasi *load balancing* metode PCC, serta menggunakan fungsi *queue* untuk manajemen *bandwidth*.

Penelitian (Anif & dkk, 2018), Pada penelitian ini telah di terapkan *load balancing* metode PCC dengan menggunakan dua jalur Internet ISP pada jaringan *hotspot* pada pondok pesantren Yasin Kudus. Solusi tersebut ditawarkan karena Permasalahan yang dihadapi pada pondok pesantren tersebut adalah akses Internet yang hanya bergantung pada satu ISP, sehingga bila koneksi pada ISP tersebut bermasalah maka akses Internet menjadi terganggu.

Pembagian jalur akses *client* ke Internet mendekati perbandingan matematis apabila koneksi dilakukan sebanyak mungkin. Skema *address-pairing* antara *source address* dan *destination address* pada *load balancing* metode PCC berjalan dengan baik. Teknik *failover* berjalan dengan baik pada *load balancing* metode PCC dalam mengatasi terputusnya salah satu *gateway* yang terhubung ke Internet. Yang membedakan penelitian tersebut dengan penelitian ini adalah pada penelitian tersebut belum dilakukan manajemen *bandwidth* untuk mengatur alokasi *bandwidth* tiap *client* dan jaringan sehingga pada penelitian ini akan diterapkan pembagian *bandwidth* secara merata dan optimal menggunakan fungsi *queue*.

### **Load balancing Metode PCC**

Metode PCC merupakan salah satu metode yang dapat digunakan pada *load balancing*, dengan PCC dapat digunakan untuk mengelompokkan trafik koneksi yang melalui *router* menjadi beberapa kelompok, sehingga *router* akan mengetahui jalur *gateway* yang dilewati diawal trafik koneksi dan pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awalnya akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama juga (Towidjojo, Konsep dan Implementasi Routing dengan Router Mikrotik-200% Connected, 2013). Dalam implementasi *load balancing* metode PCC, semakin banyak *trial* dari tiap komputer *client*, maka proporsi pembagian jalur ISP semakin mendekati perhitungan teoritis (Anif & dkk, 2018). Cara kerja PCC adalah dengan mengambil *field* yang dipilih dari IP *header*, dan dengan bantuan algoritma *hashing* mengubah bidang yang dipilih menjadi nilai 32-bit. Nilai ini kemudian dibagi dengan *denominator* tertentu dan sisanya kemudian dibandingkan dengan *remainder* yang ditentukan, jika sama maka paket akan diambil (wiki.mikrotik, 2017). Untuk melakukan algoritma hashing PCC, menggunakan bantuan aritmatika modular.

### **Perconnection Queue**

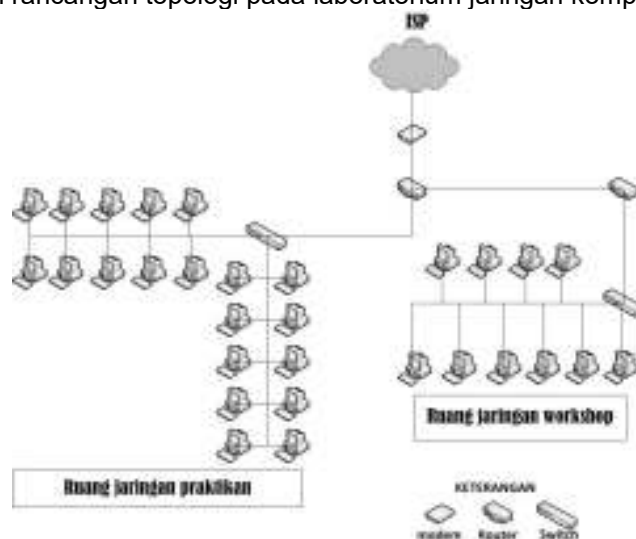
Menurut (Towidjojo, Mikrotik Kungfu : kitab 3, 2016) PCQ pada *queue type* adalah salah satu *feature* dari Mikrotik untuk membantu memanager *traffic rate* dan *traffic packet*. Dalam OS mikrotik, PCQ adalah program untuk mengelola *Quality of Service* (QoS). Tujuan utama dari metode ini adalah untuk melakukan *bandwidth sharing* otomatis dan merata ke multi *client*. Kerja prinsip PCQ dengan menerapkan *simple queue* atau *queue tree* dimana hanya ada satu *client* aktif yang menggunakan *bandwidth*, sementara *client* lain berada dalam posisi idle maka *client* aktif tersebut dapat menggunakan *bandwidth* maksimum yang tersedia, tetapi jika *client* lain aktif, maka *bandwidth* yang maksimal dapat digunakan oleh kedua *client* (*bandwidth* atau jumlah *client* yang aktif) sehingga *bandwidth* dapat terdistribusi secara adil untuk semua *client*.

**Queue Tree**

Queue Tree berfungsi untuk mengimplementasikan fungsi yang lebih kompleks dalam *limit bandwidth* pada mikroTik dimana penggunaan *packet mark* memiliki fungsi yang lebih baik. Digunakan untuk membatasi satu arah koneksi saja baik itu *download* maupun upload. Secara umum Queue Tree ini tidak terlihat berbeda dari *Simple Queue* (wiki.mikrotik, 2017).

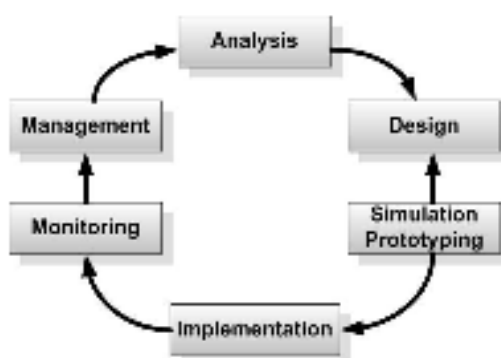
**PEMBAHASAN**

Pada Laboratorium Komputer Jaringan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta terdapat 20 komputer untuk aktifitas praktikum yang terhubung melalui jaringan LAN (*Local Area Network*) dan 10 komputer untuk aktifitas penelitian dan praktek mandiri. Gambar 1 adalah rancangan topologi pada laboratorium jaringan komputer



Gambar 1 Topologi jaringan lab

Kemudian metode dalam membangun sistem menggunakan metode *Network Development Life Cycle* (NDLC), diagram dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Metode NDLC

Berikut ini merupakan penjelasan dari tahapan pembangunan sistem menggunakan metode NDLC

1. **Analysis**

Pada tahap awal ini dilakukan analisa kebutuhan, analisa permasalahan yang muncul, analisa keinginan *user*, dan analisa topologi jaringan yang sudah ada saat ini.

2. **Design**

Dari data-data yang didapatkan sebelumnya, tahap desain ini akan membuat gambar desain topologi jaringan interkoneksi yang akan dibangun, diharapkan dengan gambar tersebut akan memberikan gambaran seutuhnya dari kebutuhan yang ada.

3. **Simulasi Prototyping**

Pada tahap ini dilakukan proses simulasi dengan menggunakan bantuan *software emulator* seperti Gns3 untuk menguji teknologi yang dipilih dan rancangan sebuah jaringan. Hal ini dimaksudkan untuk melihat kinerja awal dari network yang akan dibangun.

4. **Implementation**

Pada tahap ini dilakukan proses pemasangan perangkat fisik berdasarkan rancangan jaringan yang telah dibuat, kemudian dilakukan proses konfigurasi jaringan sesuai dengan teknologi yang dipilih.

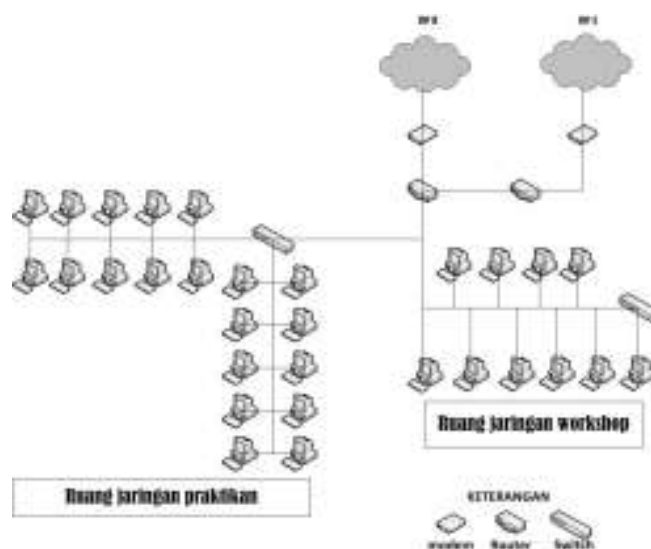
5. **Monitoring**

Pada tahap ini dilakukan proses pengujian dan pengambilan data untuk melihat kinerja suatu sistem jaringan yang telah dirancang dan dikonfigurasi

6. **Management**

Pada tahap ini dilakukan pengelolaan jaringan agar rancangan jaringan dan sistem yang dibangun berjalan dengan baik dan dapat berlangsung lama serta unsur *reliability* terjaga.

Kemudian rancangan topologi jaringan untuk teknik *load balancing*, menggunakan dua jalur koneksi yang diberi nama ISPA dan ISPB. Tidak ada perubahan yang signifikan dari rancangan topologi yang lama, rancangan topologi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 rancangan arsitektur jaringan *load balancing*

Kemudian rancangan IP *address* menggunakan IP kelas C, pada jaringan praktikan memiliki *range* yaitu 192.168.1.1-192.168.1.30, sedangkan pada jaringan workshop memiliki *range* IP yaitu 192.168.1.1-192.168.1.14. dibawah ini adalah tabel IP *address* yang dibuat.

Tabel 1 Rancangan IP address dan subnetting

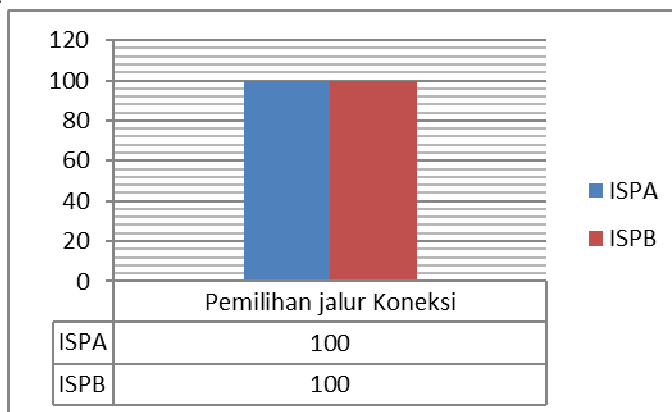
Nama Jaringan	Jumlah Client	Network	Range
Praktikan	20	192.168.1.0/27	192.168.1.1-192.168.1.30
Workshop	10	192.168.2.0/28	192.168.2.1-192.168.2.14

Kemudian pada penelitian implementasi teknik *load balancing* metode PCC dan *Queue tree* metode PCQ ini akan dilakukan beberapa pengujian yaitu, pengujian pemilihan jalur koneksi, pengujian QoS, pengujian *failover* dan pengujian perbandingan beban trafik.

Pada pengujian pemilihan jalur koneksi, algoritma yang digunakan dalam pemilihan jalur koneksi adalah algoritma *hashing* dengan bantuan matematika modular yaitu sebagai berikut.

$$\text{Hashing} = \sum \text{IP header Paket mod denominator} \dots\dots\dots (1)$$

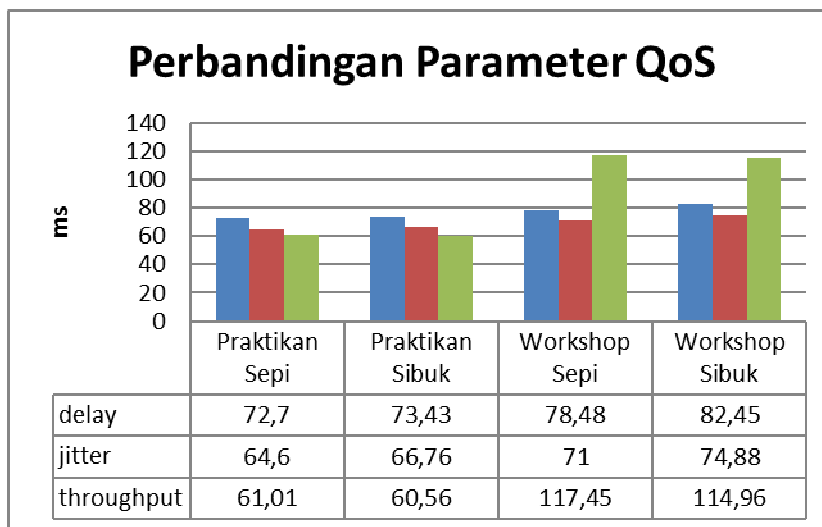
dilakukan koneksi ke 200 *website* dari 20 komputer yang terhubung pada jaringan, masing-masing *client* mengakses 10 *website* secara acak. Hasil pengujian pengujian pemilihan jalur koneksi ke 200 *website*, menunjukkan bahwa 100 koneksi memilih jalur ISPA dan 100 koneksi memilih jalur ISPB. Grafik pemilihan jalur koneksi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 diagram pengujian pemilihan jalur koneksi

Pengujian yang kedua adalah pengujian parameter QoS *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*, dalam pengujian ini di uji dalam dua kondisi yaitu kondisi sibuk, dan kondisi sepi pada jaringan praktikan dan jaringan workshop. Pada jaringan praktikan kondisi sepi nilai rata-rata *delay* yaitu 72,7 ms masuk kedalam kategori sangat baik sedangkan pada kondisi sibuk rata-rata *delay* yaitu 73,43 ms masuk kedalam kategori sangat bagus, nilai rata-rata *jitter* kondisi sepi yaitu 64,6 ms masuk dalam kategori bagus sedangkan saat sibuk yaitu 66,76 ms masuk dalam kategori bagus. Nilai rata-rata *throughput* pada saat kondisi sepi yaitu 61,01 KB masuk dalam kategori bagus sedangkan saat kondisi sibuk yaitu 60,56 KB masuk dalam kategori bagus, nilai *packet loss* pada jaringan praktikan sibuk dan sepi yaitu sebesar 0%.

Sedangkan Pada jaringan workshop kondisi sepi nilai rata-rata *delay* yaitu 78,48 ms masuk dalam kategori sangat bagus sedangkan saat kondisi sibuk rata-rata *delay* yaitu 82,45 ms masuk kedalam kategori sangat bagus, nilai rata-rata *jitter* saat kondisi sepi yaitu 71 masuk kedalam kategori bagus sedangkan saat kondisi sibuk yaitu 74,88 ms masuk dalam kategori bagus. Nilai rata-rata *throughput* saat kondisi sepi yaitu 117,45 KB masuk kedalam kategori sangat bagus sedangkan saat kondisi sibuk yaitu 114,96 KB masuk dalam kategori sangat bagus, nilai *packet loss* saat jaringan workshop sibuk dan sepi yaitu sebesar 0% masuk kedalam kategori sangat bagus



Gambar 5 Perbandingan rata-rata parameter QoS

Pengujian ketiga adalah, pengujian *failover*, *failover* merupakan teknik untuk pemindahan jalur *route* dan koneksi apabila salah satu *gateway* internet mengalami masalah. Pada pengujian *failover*, dilakukan *tracert website* akprind.ac.id, saat kondisi kedua *gateway* Internet hidup. IP *gateway* ISPA 192.168.3.1 dan IP *gateway* ISPB 192.168.8.1. Hasil *tracert* dapat dilihat pada 6.

```
C:\Users\se7en>tracert akprind.ac.id

Tracing route to akprind.ac.id [180.214.244.148]
over a maximum of 30 hops:
  0  <1 ms    <1 ms    <1 ms   192.168.2.1
  1  22 ms    21 ms    29 ms   hi.link [192.168.8.1]
  2
  3
```

Gambar 6 pengujian *failover*

Pada gambar diatas terlihat jelas bahwa koneksi melalui *gateway* ISPB dengan IP 192.168.8.1. Kemudian ISPB di nonaktifkan. terlihat pada gambar 7.

Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	PP Tx
ISPA	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0
PRKTIKAN	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0
WORKSHOP	Ethernet	1500	1500	101.7 kbps	10.5 kbps	15	17	101
etho4	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0
etho5	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0
wlan1	Wireless (802.11n) APS	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0

Gambar 7 pengujian *failover* 2

Kemudian *traceroute* lagi *website* *akprind.ac.id*, maka jalur akan dialihkan ke *gateway* ISPA 192.168.3.1 yang masih aktif. Terlihat pada gambar 8.

```

Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

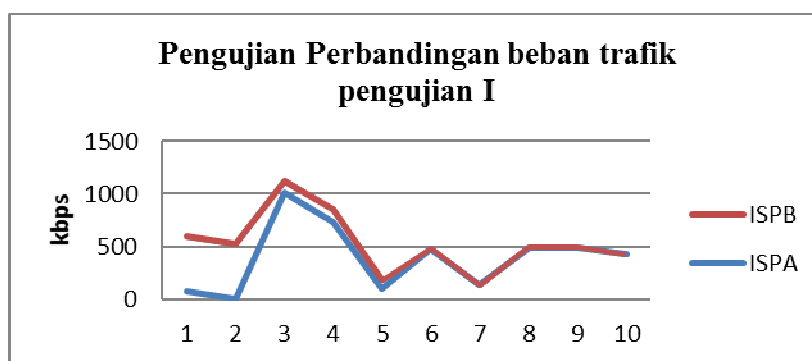
C:\Maera>tracert akprind.ac.id

Tracing route to akprind.ac.id [192.214.244.148]
over a maximum of 30 hops:
  0  *          *          *          Request timed out.
  1  <1 ms     <1 ms     <1 ms     192.168.3.1
  2  28 ms     18 ms     29 ms     192.168.0.1
    
```

Gambar 8 Pengujian *failover* 3

Pengujian keempat yaitu pengujian perbandingan beban trafik yang melalui ISPA dan ISPB. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, pengujian pertama dilakukan *download* video dengan ukuran 14,5 MB dari *website* berbeda-beda dengan total 10 kali *download* oleh 1 *client*.

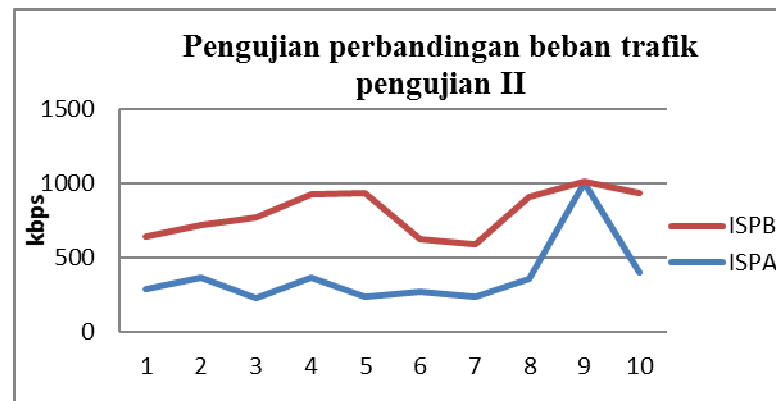
Pada pengujian I Presentase beban trafik ISPA adalah sebesar 57 % dan presentase beban trafik ISPB adalah sebesar 43 % jadi selisih presentase beban trafik antara ISPA dan ISPB adalah sebesar 14 %.



Gambar 9 perbandingan beban trafik pengujian I

Sedangkan pada pengujian kedua dilakukan *download* video dengan ukuran 14,5 MB dari *website* berbeda-beda dengan total 100 kali *download*. presentase beban trafik ISPA adalah sebesar 47 % dan presentase beban trafik ISPB adalah sebesar 53 % jadi selisih presentase beban trafik antara ISPA dan ISPB adalah sebesar 6 %.





Gambar 10 perbandingan beban trafik pengujian I

### KESIMPULAN

Pada penelitian ini, *router* berhasil membagi dua jalur koneksi menjadi dua bagian, bagian yang pertama melewati ISPA dan bagian yang kedua melewati ISPB algoritma *hashing* berjalan dengan baik. Data yang didapatkan saat pengujian adalah 100 koneksi melalui jalur ISPA dan 100 koneksi melewati jalur ISPB.

*Failover* pada *load balancing* metode PCC dapat berjalan dengan baik, dengan *failover* maka koneksi Internet laboratorium jaringan terhindar dari putus koneksi.

Hasil Pengujian beban trafik berjalan baik, beban trafik terbagi mendekati seimbang antara trafik ISPA dan trafik ISPB. Pada pengujian I perbandingan beban trafik dengan melakukan 10 kali *download* data dengan ukuran 14,5 MBps mendapat selisih perbandingan sebesar 14%, sedangkan Pada pengujian I perbandingan beban trafik dengan melakukan 100 kali *download* data dengan ukuran 14,5 MBps mendapat selisih perbandingan sebesar 6%. Hal itu menunjukkan bahwa *load balancing* PCC berjalan baik sesuai teori.

Pengujian QoS pada jaringan yang menggunakan *queue tree* metode PCQ, menunjukkan bahwa pada jaringan praktikan kondisi sepi dan kondisi sibuk masuk kedalam kategori sangat bagus, nilai rata-rata *jitter* kondisi sepi dan sibuk masuk dalam kategori bagus. Nilai rata-rata *throughput* pada saat kondisi sepi dan kondisi sibuk masuk dalam kategori bagus, nilai *packet loss* pada jaringan saat kondisi sibuk dan sepi masuk dalam kategori sangat bagus.

Sedangkan pada jaringan workshop kondisi sepi dan sibuk masuk kedalam kategori sangat bagus, nilai rata-rata *jitter* saat kondisi sepi dan kondisi sibuk masuk dalam kategori bagus. Nilai rata-rata *throughput* saat kondisi sepi dan sibuk masuk dalam kategori sangat bagus, nilai *packet loss* saat kondisi sibuk dan sepi masuk kedalam kategori sangat bagus.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adani, M. F., Jusak, & Pratikno, H. (2016). Analisis Perbandingan Metode Load Balance PCC Dengan NTH Menggunakan Mikrotik. *JCONES* , Vol.5, No.1 .
- Anif, M., & dkk. (2018). Implementasi Teknologi Load Balancing Dua Jalur Internet Service Provider (ISP) Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) di Pondok Pesantren Yasin Kudus. *Jati Emas (Jurnal Aplikasi Teknik dan Pengabdian Masyarakat)* , Vol. 2 No. 1 .
- Bhayangkara, F. J., & Riadi, I. (2014). Implementasi Proxy Server Dan Load Balancing Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) Berbasis Mikrotik (Studi Kasus Shmily.net. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika* , Vol.2,No.2.
- Firdaus, M. I. (2017). Analisis Perbandingan Kinerja Load Balancing Metode ECMP ( Equal Cost Multi-Path) Dengan Metode PCC (Per Connection Classifier) Pada Mikrotik RouterOS. *Technologia* , Vol 8,No.3.
- Hikmata, G. P. (2016). Analisis Perbandingan Metode Load Balancing ECMP,NTH,PCC Menggunakan Mikrotik Cloud Hosted Router Pada GNS3. *Skripsi* .
- sayeed, M. A. (2018, juni 12). *MikroTik PCC Load Balancing over Unequal Dual WAN Links*. <https://systemzone.net/mikrotik-pcc-load-balancing-over-unequal-dual-wan-links/>
- Towidjojo, R. (2013). *Konsep dan Implementasi Routing dengan Router Mikrotik-200% Connected*. Jasakom.
- Towidjojo, R. (2016). *Mikrotik Kungfu : kitab 3*. Jasakom.
- wiki.mikrotik. (2017, Mei 26). Manual:PCC. <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:PCC>