
ANALISA PERBANDINGAN KINERJA *LOAD BALANCE* PFSense DENGAN *LOAD BALANCE PER CONNECTION CLASSIFIER* PADA MIKROTIK ROUTER

Ibnu Asyhar Pratama

Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Mercu Buana Jakarta
Jl. Raya Meruya Selatan No. 1 Kembangan Jakarta Barat 11650
E-mail: ibnu.asyhar@gmail.com

ABSTRACT

Artikel:

Diterima: 13 Desember, 2021
Direvisi: 03 Januari, 2022
Diterbitkan: 07 Januari, 2022

***Alamat Korespondensi:**

ibnu.asyhar@gmail.com

One solution to improve the quality of internet services is to use load balance techniques. With the load balance technique, the distribution of traffic loads will be easier, so that traffic can run smoothly and can reduce excessive traffic loads on one connection line. Load balance runs on 2 or more internet lines, this technique can backup connections when one ISP is down. Currently, technology that supports the load balance method is widely used, both software and hardware. Mikrotik and Pfsense are devices that support techniques *load balance*. Based on the QoS parameters, the performance analysis of the two devices will be analyzed. With the aim of seeing which device is more effective and efficient. Based on the research result, the overall *load balance* on Pfsense has superior results than the *load balance* on Mikrotik.

Keywords: *Internet, Load Balancing, Failover, Mikrotik, Pfsense*

ABSTRAK

Salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas layanan internet adalah dengan memanfaatkan teknik *load balance*. Dengan teknik *load balance* pembagian beban trafik akan lebih mudah, sehingga trafik dapat berjalan secara lancar dan dapat mengurangi beban trafik yang berlebih pada salah satu jalur koneksi. Load balance berjalan pada 2 atau lebih jalur internet sehingga teknik ini dapat melakukan *backup* koneksi ketika salah satu ISP *down*. Saat ini teknologi yang mendukung metode *load balance* banyak digunakan, baik *software* maupun *hardware*. Mikrotik dan Pfsense merupakan salah satu perangkat yang mendukung teknik *load balance*. Berdasarkan parameter QoS, maka akan dilakukan analisa kinerja dari kedua perangkat tersebut. Dengan tujuan untuk melihat perangkat manakah yang lebih efektif dan efisien. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, secara keseluruhan *load balance* pada Pfsense memiliki hasil yang lebih unggul daripada *load balance* pada Mikrotik.

Kata Kunci: *Internet, Load Balancing, Failover, Mikrotik, Pfsense*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini sangat pesat [1]. Internet menjadi salah satu bukti perkembangan teknologi dan informasi saat ini. Internet merupakan sarana komunikasi yang memudahkan bagi semua orang [2]. Survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) tahun 2019, jumlah pengguna internet di Indonesia mencapai sebanyak 171,7 juta jiwa atau 64,8% dari jumlah penduduk Indonesia yaitu 264 juta jiwa [3]. Dengan adanya pemakaian internet yang meningkat setiap tahunnya menyebabkan permintaan kualitas layanan internet juga harus ditingkatkan [4]. Dengan adanya permintaan peningkatan kualitas layanan yang tinggi mengakibatkan beban trafik yang dilewati semakin besar [5]. Hal tersebut juga menjadi tantangan bagi para penyedia jasa internet untuk meningkatkan kualitas layanannya.

Ketersediaan *bandwidth* yang besar merupakan faktor penting dalam layanan internet. Ketersediaan kapasitas *bandwidth* tidak hanya mengandalkan satu jalur ISP (*Internet Service Provider*), namun diperlukan minimal dua jalur agar kapasitas *bandwidth* yang didapat lebih maksimal dan dapat meringankan beban trafik [1]. Karena jika hanya mengandalkan pada satu jalur ISP, *bandwidth* yang didapat kurang maksimal dan jika salah satu ISP terdapat gangguan atau putus maka jaringan internet akan terganggu [6]. Permasalahan yang sering terjadi pada koneksi internet adalah koneksi yang tidak stabil sedangkan kita sebagai pengguna internet menginginkan koneksi internet yang stabil dan lancar [1]. Banyak teknologi pada jaringan komputer yang sudah berkembang untuk mengatasi masalah koneksi internet. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan sistem *load balancing*. *Load balancing* merupakan teknik mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang [7]. Dengan teknik *load balance* pembagian beban trafik akan lebih mudah, sehingga trafik dapat berjalan secara lancar dan dapat mengurangi beban trafik yang berlebih pada salah satu jalur koneksi [8]. *Load balance* berjalan pada 2 atau lebih jalur internet sehingga teknik ini dapat melakukan *backup* koneksi ketika salah satu ISP *down* atau disebut dengan istilah *failover*.

Load balancing pada dasarnya untuk mengetahui bagaimana cara memanfaatkan server secara efektif, sehingga jaringan tersebut dapat bekerja dengan baik [9]. Dalam sistem *load balancing*, proses pembagian bebannya memiliki teknik dan algoritma tersendiri. Pada perangkat yang mendukung teknik *load balance* biasanya disediakan berbagai macam algoritma yang kompleks dalam pembagian beban trafik. Tujuannya adalah untuk memastikan tidak ada server yang menanggung beban secara berlebihan. Secara efektif, *load balancing* meminimalkan waktu respon [10].

Sudah ada penelitian terdahulu mengenai perbandingan metode *load balancing PCC (Per Connection Classifier)* dan *ECMP (Equal Cost Multi-Path)* dengan hasil analisa bahwa *load balancing* dengan menggunakan metode PCC lebih unggul dari segi *throughput* yang dihasilkan [11]. Penelitian yang dilakukan dengan analisa QoS pada perbandingan metode *load balancing PCC* dan NTH. Penelitian dilakukan dengan melakukan beberapa percobaan dari segi *throughput*, *packet loss*, dan *fairness index* dengan hasil bahwa menggunakan metode *load balancing PCC* lebih unggul dari segi *throughput* [12]. Pada penerapan *load balancing* di router pfsense berbasis *free BSD* menjelaskan bahwa dengan mengimplementasikan *load balancing* pada router pfsense mendapatkan hasil *bandwidth* yang besar dan pengujian *failover* pada router pfsense berhasil dilakukan tanpa adanya *timeout* [13].

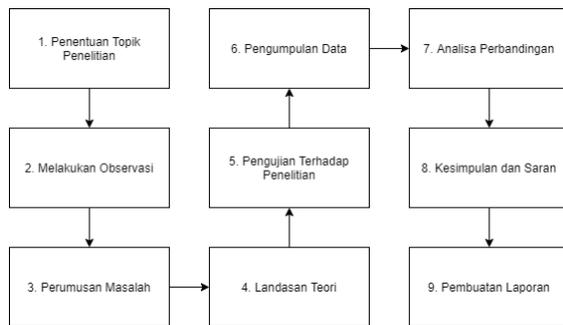
Saat ini teknologi perangkat yang mendukung metode *load balance* banyak digunakan, namun belum diketahui performa jaringan pada perangkat mana yang lebih efektif untuk digunakan [14]. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa parameter QoS (*Quality of Service*) untuk mengetahui performa pada masing-masing metode *load balancing*. Parameter yang akan diukur yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode observasi. Observasi merupakan suatu metode dalam teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui proses pengamatan terhadap suatu keadaan [15].

Dalam penelitian ini penulis melakukan tahapan-tahapan penelitian yang

menggambarkan kegiatan yang akan dilakukan dari awal hingga pembuatan kesimpulan dan saran. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

2.1 Tahapan Penelitian

2.1.1 Tahapan Pertama

Menentukan topik penelitian yang akan dibahas, dalam penelitian ini topik yang akan dibahas adalah analisa perbandingan kinerja *load balance* pfsense dengan *load balance* PCC pada mikrotik.

2.1.2 Tahapan Kedua

Melakukan observasi pengamatan terhadap sistem yang ada untuk dilakukan analisa terhadap penggunaan solusi yang efektif dan konfigurasi pada perangkat. Data yang dikumpulkan pada tahap ini berupa

2.1.3 Tahapan Ketiga

Merumuskan masalah yaitu untuk mempertanyakan dan menjawab terhadap permasalahan yang ada pada penelitian ini.

2.1.4 Tahapan Keempat

Mengumpulkan landasan teori untuk menjawab setiap rumusan masalah yang telah dirancang.

2.1.5 Tahapan Kelima

Pengujian terhadap penelitian yang dilakukan, yaitu melakukan pengujian berdasarkan permasalahan dan solusi yang dimiliki. Pengujian yang dilakukan adalah menentukan performa berdasarkan parameter yang sudah ditentukan yaitu *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*.

2.1.6 Tahapan Keenam

Pengumpulan data melalui data primer dan data sekunder. Data primer melalui pengujian langsung terhadap permasalahan yang ada dan data sekunder melalui buku, jurnal dan internet.

2.1.7 Tahapan Ketujuh

Menganalisa perbandingan berdasarkan data yang sudah terkumpul. Untuk dilakukan perbandingan berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan diatas.

2.1.8 Tahapan Kedelapan

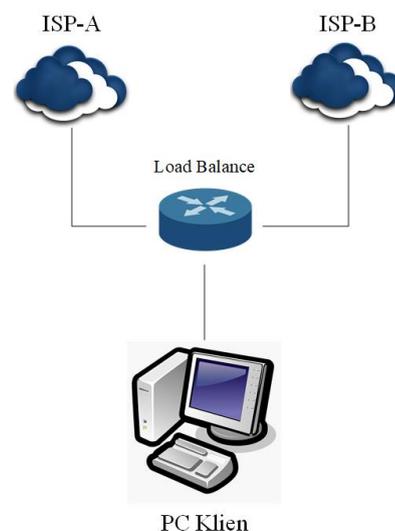
Menjelaskan kesimpulan dari penelitian dengan singkat, padat dan jelas. Lalu memberikan saran agar dapat membantu perkembangan teknologi di masa depan.

2.1.9 Tahapan Kesembilan

Melakukan penyusunan laporan sesuai dengan sistematika penulisan.

2.2 Desain Topologi

Dalam penelitian ini akan dibangun sebuah skenario jaringan dimana klien memiliki dua jalur internet (*gateway*) dengan menggunakan jaringan GSM. Dimana kedua *gateway* tersebut berbeda *provider* sehingga memiliki kecepatan *bandwidth* yang berbeda. Pada Gambar 2 menggambarkan topologi yang akan diimplementasikan pada analisa *load balancing*.



Gambar 2. Topologi *load balancing*

Skenario pada penelitian ini akan dibangun sebuah jaringan komputer yang terdiri dari 1 buah *router* mikrotik, 1 buah *router* pfsense

dan 1 buah pc klien. Koneksi internet yang digunakan dengan memanfaatkan koneksi dari provider GSM yaitu Telkomsel dan XL.

2.3 Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan bertujuan untuk menentukan kebutuhan perangkat atau aplikasi yang lebih tepat agar sebuah penilitan dapat berjalan secara efektif dan efisien [9]. Tabel 1 merupakan daftar kebutuhan yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Spesifikasi kebutuhan

No	Deskripsi	Qty	Keterangan
1	Mikrotik	1	v6.48.5
2	Pfsense	1	v2.3.5.2 release
3	Winbox	1	v3.3.1
4	PC Klien	1	Windows 11
5	ISP	2	XL & Telkomsel

2.4 Parameter Quality of Service (QoS)

Quality of Service merupakan kualitas kepuasan pemakaian internet pada layanan yang diberikan berdasarkan nilai *delay*, *packet loss*, *jitter*, dan *throughput* dari suatu jaringan [16].

2.4.1 Throughput

Throughput adalah kemampuan jaringan dalam transfer data yang sukses dalam waktu yang tertentu dengan jumlah data yang dikirim lalu dibagi dengan waktu pengiriman data [17].

$$\text{throughput} = \frac{\text{jumlah data terkirim}}{\text{waktu pengiriman}} \quad (1)$$

Tabel 2. Kategori nilai throughput

Throughput (bps)	Indeks	Kategori
<25	1	Buruk
50	2	Sedang
75	3	Baik
100	4	Sangat Baik

(Sumber: THIPON)

2.4.2 Packet Loss

Packet loss merupakan kegagalan transfer data pada IP tujuan dengan paket yang hilang pada suatu jaringan internet [17].

$$\text{packet loss} = \frac{(Ps - Pr)}{Ps} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

Ps: Paket data dikirim

Pr: Paket data diterima

Tabel 3. Kategori Nilai Packet Loss

Packet Loss (%)	Indeks	Kategori
25	1	Buruk
15	2	Sedang
3	3	Baik
0	4	Sangat Baik

(Sumber: THIPON)

2.4.3 Delay/Latency

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan dalam pengiriman paket data [17].

$$\text{Delay} = \frac{\text{jumlah waku ping}}{\text{jumlah banyaknya ping}} \quad (3)$$

Tabel 4. Kategori Nilai Delay

Delay (ms)	Indeks	Kategori
>450	1	Buruk
300 s/d 450	2	Sedang
150 s/d 300	3	Baik
<150	4	Sangat Baik

(Sumber: THIPON)

2.4.4 Jitter

Jitter merupakan variasi waktu tunda antara paket data pada suatu jaringan dengan total variasi delay dibagi total paket data yang diterima [17].

$$\text{Jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket data diterima}} \quad (4)$$

Tabel 5. Kategori nilai jitter

Jitter (ms)	Indeks	Kategori
125 s/d 225	1	Buruk
75 s/d 125	2	Sedang
0 s/d 75	3	Baik
0	4	Sangat Baik

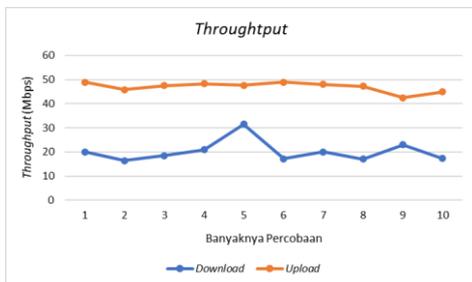
(Sumber: THIPON)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

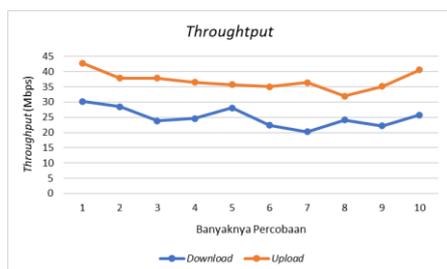
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil analisa mengenai perbandingan kinerja antara *load balance* pada pfsense dengan *load balance* dengan menggunakan metode PCC pada mikrotik router. Berdasarkan parameter QoS seperti *throughput*, *packet loss*, *delay/latency*, dan *jitter* [12].

3.1 Pengukuran Nilai *Throughput*

Berikut merupakan hasil pengujian nilai *throughput* pada masing-masing teknik *load balancing*. Dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi berbasis web yaitu www.speedtest.cbn.id dengan percobaan sebanyak 10 (sepuluh) kali.



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran nilai *throughput* pada MikroTik



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran nilai *throughput* pada PfSense

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 dapat diketahui bahwa nilai *throughput* yang dihasilkan diantara kedua metode *load balance* tersebut terlihat sangat signifikan perbedaannya. Dimana pada Gambar 3 rata-rata *download* yang didapat yaitu sebesar 20,2 Mbps dan *upload* yang didapat sebesar 47,01 Mbps. Sedangkan pada Gambar 4 rata-rata *download* yang didapat sebesar 25 Mbps dan *upload* yang didapat sebesar 37,01 Mbps. MikroTik lebih unggul pada kecepatan *upload* yang dihasilkan sedangkan pada pfsense lebih unggul pada kecepatan *download* yang dihasilkan.

3.2 Pengukuran Nilai *Packet Loss*

Pengujian dilakukan percobaan sebanyak 10 (sepuluh) kali pada masing-masing teknik *load balance* dengan menggunakan aplikasi berbasis web yaitu <https://devicetests.com/packet-loss-test>. Dengan besaran paket yang dikirimkan sebanyak 3000 paket dalam waktu 10 detik.

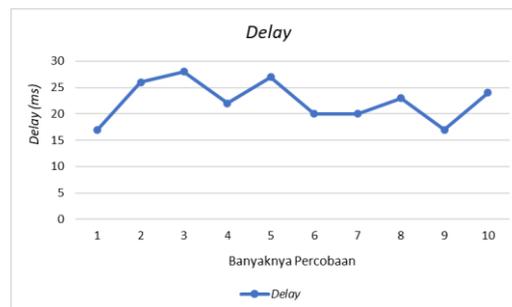
Tabel 6. Perbandingan nilai *packet loss*

Percobaan	Mikrotik	Pfsense
1	4,57	0,87
2	2,63	0,97
3	6,38	0,00
4	1,03	0,07
5	3,63	0,00
6	0,37	0,00
7	1,43	1,23
8	0,43	0,07
9	9,70	0,37
10	6,00	0,07

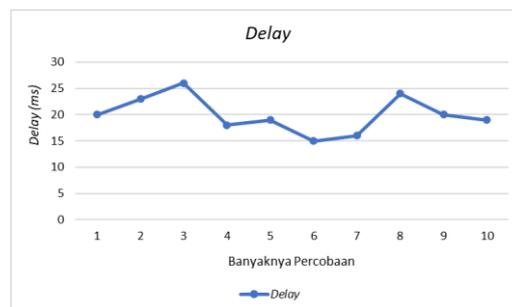
Dilihat pada perbandingan nilai *packet loss* terhadap kedua *load balance* yang disajikan pada Tabel 6 bahwa pada teknik *load balancing* pada mikrotik berkisar antara 0,43 ms sampai dengan 9,70 ms dengan nilai rata-rata 3,61 ms. Sedangkan pada teknik *load balancing* pada pfsense sangat terlihat jelas perbedaannya dengan nilai yang didapat berkisar antara 0,00 ms sampai dengan 0,97 ms dengan nilai rata-rata 0,37 ms.

3.3 Pengukuran Nilai *Delay/Latency*

Pada pengukuran nilai *delay/latency* dilakukan percobaan sebanyak 10 (sepuluh) kali dengan memanfaatkan aplikasi berbasis web yaitu www.speedtest.cbn.id dengan melihat nilai pada PING yang dihasilkan.



Gambar 5. Grafik hasil pengukuran nilai *delay/latency* pada MikroTik

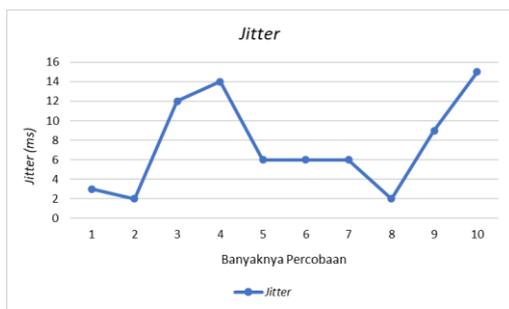


Gambar 6. Grafik hasil pengukuran nilai *delay/latency* pada PfSense

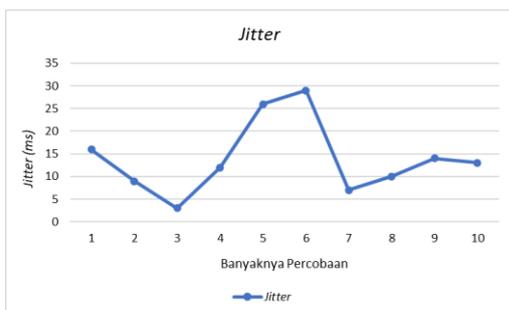
Berdasarkan hasil dari grafik diatas, dapat diketahui bahwa diantara kedua teknik *load balancing* tersebut tidak terlihat signifikan perbedaannya, namun pada pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 7 memiliki nilai rata-rata 22,4 ms sedangkan pada Gambar 8 memiliki nilai rata-rata 20 ms. Hal ini yang mendasari ketika proses *failover* terjadi, mikrotik membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan pfsense.

3.4 Pengukuran nilai *jitter*

Pengukuran dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali dengan menggunakan aplikasi berbasis web yaitu www.speedtest.cbn.id dengan melihat nilai *jitter* yang dihasilkan.



Gambar 7. Grafik hasil pengukuran nilai *jitter* pada Mikrotik



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran nilai *jitter* pada Pfsense

Setelah percobaan dilakukan, kemudian dicari nilai rata-rata *jitter* yang dihasilkan dari kedua *load balance* tersebut. Dapat kita lihat perbedaan yang signifikan. Dimana pada Gambar 9 lebih unggul dengan nilai rata-rata 7,5 ms sedangkan pada Gambar 10 memiliki nilai rata-rata sebesar 13,9 ms.

3.5 Pengujian *failover*

Pengujian *failover* dilakukan dengan cara melakukan PING secara terus menerus dengan jumlah data yang dikirim sebanyak 100 kali dan *domain* yang diakses adalah www.google.com. Pada saat proses pengiriman data, skenario *failover* yang dilakukan adalah

dengan cara menonaktifkan salah satu ISP. Sehingga dapat dilihat perubahan pada waktu respon.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=91ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=72ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=63ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=63ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=63ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=66ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=47ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=54ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=65ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=72ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=68ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=52ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=77ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=63ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=56ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=72ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=88ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=98ms TTL=106
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=216ms TTL=104
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=40ms TTL=52
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=75ms TTL=104
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=93ms TTL=104
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=36ms TTL=104
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=68ms TTL=101
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=197ms TTL=52
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=92ms TTL=52
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=252ms TTL=104
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=95ms TTL=101
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=82ms TTL=52
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=37ms TTL=101
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=108ms TTL=52
Reply from 172.217.194.139: bytes=32 time=84ms TTL=101
```

Gambar 9. Perubahan waktu respon saat *failover* pada mikrotik

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=49ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=79ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=66ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=62ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=70ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=72ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=75ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=85ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=67ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=54ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=60ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=50ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=58ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=175ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=146ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=167ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=146ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=124ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=138ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=101ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=81ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=82ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=67ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=64ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=88ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=77ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=58ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=65ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=74ms TTL=101
Reply from 74.125.68.101: bytes=32 time=63ms TTL=101
```

Gambar 10. Perubahan waktu respon saat *failover* pada pfsense

Berdasarkan Gambar 11 dan 12 dapat kita lihat bahwa pada saat salah satu ISP dinonaktifkan maka terjadi perubahan pada waktu respon. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *backup* ketika salah satu ISP *down* tergantung pada *delay/latency*. Pada *load balance* mikrotik perubahan waktu respon tidak stabil, sedangkan pada pfsense perubahan waktu respon yang dihasilkan stabil, terlihat dari perubahan waktunya.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan pada analisis perbandingan teknik *load balance* pada mikrotik dan pfsense dengan percobaan sebanyak 10 (sepuluh) kali pada masing-masing parameter QoS didapatkan beberapa kesimpulan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing teknik *load*

balance. Beberapa kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pada pengukuran parameter *throughput* didapatkan hasil bahwa *load balance* pada pfsense lebih unggul terhadap hasil *download* yang dihasilkan yaitu dengan rata-rata nilai yang didapat sebesar 25 Mbps dibandingkan dengan *load balance* pada mikrotik. Namun *load balance* pada mikrotik hasil *upload* yang dihasilkan lebih unggul daripada pfsense yaitu dengan rata-rata nilai yang didapat sebesar 47,01 Mbps.
2. Pada pengukuran parameter *packet loss* didapatkan hasil bahwa *load balance* pada pfsense lebih unggul dibandingkan dengan *load balance* pada mikrotik. Dengan nilai rata-rata pada mikrotik 3,61 ms sedangkan pada pfsense 0,37 ms.
3. Pada pengukuran parameter *delay/latency* didapatkan hasil bahwa *load balance* pada pfsense lebih unggul dibandingkan dengan *load balance* pada mikrotik. Dengan nilai rata-rata yang tidak terlalu signifikan perbedaannya yaitu pada mikrotik sebesar 22,4 ms sedangkan pfsense sebesar 20 ms. Hal ini yang mendasari ketika proses *failover* terjadi, mikrotik membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan pfsense.
4. Pada pengukuran parameter *jitter* didapatkan hasil bahwa *load balance* pada mikrotik lebih unggul dibandingkan dengan *load balance* pada pfsense. Dengan nilai rata-rata pada mikrotik sebesar 7,5 ms sedangkan pada pfsense 13,9 ms.
5. *Failover*
Pada pengujian *failover* terhadap kedua *load balance* didapatkan hasil bahwa pada *load balance* pfsense perubahan waktu respon lebih cepat dan stabil ketika salah satu ISP *down* dibandingkan dengan *load balance* pfsense. Perubahan waktu respon dapat dilihat dari waktu *delay/latency* yang dihasilkan.

Sistem *load balancing* ini tidak menjumlahkan dua atau lebih jalur koneksi, tetapi sistem *load balancing* ini membagi trafik berdasarkan jalur koneksi yang dilewati agar *bandwidth* terpakai secara seimbang dan mengurangi adanya *overload* pada saat pengiriman paket data [9].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. K. Anwar and I. Nurhaida, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) Pada Interkoneksi Jaringan," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 9, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.22441/incomtech.v9i1.5003.
- [2] Suzanzeffi, F. Utami, and Lindawati, "Optimalisasi Load Balancing Dua Isp Untuk Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik," *Pros. Semin. Nas. Multi Disiplin Ilmu Call Pap. SNATI F*, no. 4, pp. 451–457, 2017.
- [3] J. Komunikasi, M. Informatika, and J. Timur, "Implikasi Penggunaan Internet Terhadap Partisipasi Sosial di Jawa Timur," vol. 8, no. 2, 2019, doi: 10.31504/komunika.v8i2.2487.
- [4] I. Wirawan, "Implementasi Load Balance Pada Jaringan Multihoming Menggunakan Router Dengan Metode Round Robin," *J. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2011.
- [5] E. Safrianti, "Peer Connection Classifier Method for Load Balancing Technique," *Int. J. Electr. Energy Power Syst. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 127–133, 2021, doi: 10.31258/ijeepse.4.1.127-133.
- [6] F. W. Christanto, S. Susanto, and A. Priyanto, "Load Balancing-Failover Methods using Static Route with Address List, ECMP, PCC, and Nth for Optimizing LAN Network: A Comparison," *Int. J. Commun. Networks Inf. Secur.*, vol. 11, no. 3, pp. 409–416, 2019.
- [7] R. A. Setyawan, "Analisis Implementasi Load Balancing," vol. 8, no. 2, pp. 204–208, 2014.
- [8] A. Mustofa and D. Ramayanti, "Implementasi Load Balancing dan Failover to Device Mikrotik Router Menggunakan Metode NTH (Studi Kasus: PT.GO-JEK Indonesia)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, p. 139, 2020, doi: 10.25126/jtiik.2020701638.
- [9] T. Octavriana, K. Joni, and A. F. Ibadillah, "Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Load Balancing Pada High Traffic Network," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 28–39, 2021, doi:

- 10.15408/jti.v14i1.15018.
- [10] A. Mishra Assistant Professor, “Network Load Balancing and Its Performance Measures,” *Int. J. Comput. Sci. Trends Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 77–81, 2015, [Online]. Available: www.ijcstjournal.org.
- [11] M. I. FIRDAUS, “Analisis Perbandingan Kinerja Load Balancing Metode Ecmp (Equal Cost Multi-Path) Dengan Metode Pcc (Per Connection Classifier) Pada Mikrotik Routeros,” *Technol. J. Ilm.*, vol. 8, no. 3, p. 165, 2017, doi: 10.31602/tji.v8i3.1139.
- [12] M. F. Adani, Jusak, and H. Pratikno, “Analisis Perbandingan Metode Load Balance PCC Dengan NTH Menggunakan Mikrotik,” *J. Control Netw. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 119–125, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.stikom.edu/index.php/jcone/article/view/1110/604>.
- [13] A. R. Hakim, “Penerapan Load Balancing Pada Router Pfsense Berbasis Free Bsd,” *Edik Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 23–28, 2018, doi: 10.22202/ei.2017.v4i1.2534.
- [14] J. Aksara, K. Terapan, and P. C. Riau, “Analisis Perbandingan Multi WAN Connection Menggunakan Cisco , Mikrotik dan pfSense,” vol. 7, no. 2, 2018.
- [15] F. Abdurrahman, ““Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi.”” Rineka Cipta, Jakarta, p. 104, 2011.
- [16] Rasudin, “Quality of Services (Qos) Pada Jaringan Internet Dengan Metode Hierarchy Token Bucket,” *J. Penelit. Tek. Inform. Univ. Malikussaleh*, vol. 4, no. 1, pp. 210–223, 2014.
- [17] R. Wulandari, “ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS: UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI),” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016, doi: 10.28932/jutisi.v2i2.454.