



Implementasi Manajemen *Bandwidth Load Balancing Equal Cost Multi-Path*

Implementation of Bandwidth Load Balancing Equal Cost Multi-Path Management

Bagus Hidayat dan Ari Wibowo*

Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
05/04/2022
Direvisi:
25/04/2022
Disetujui:
12/05/2022

Abstract

The internet network often experiences disturbances due to the large amount of bandwidth usage because it is not regulated properly. This paper details the deployment of multi-path equal cost load balancing bandwidth management to integrate two Internet service providers. The Network Development Life Cycle (NDLC) approach is employed in this study. Analysis, design, simulation prototype, implementation, monitoring, and management are all part of the process. Combining two ISPs, according to the findings of this study, is intended to maximise internet consumption from both ISPs. The ability of one ISP to share traffic equitably is merely one consideration when it comes to load balancing.

Keywords: bandwidth management, load balancing, equal cost multi-path.

Abstrak

Jaringan internet sering mengalami gangguan karena banyaknya pemakaian *bandwidth* dikarenakan tidak diatur dengan baik. Tulisan ini menjelaskan tentang implementasi *management bandwidth load balancing equal cost multi-path* untuk menggabungkan dua ISP. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode *Network Development Life Cycle (NDLC)*. Metode yang diterapkan melewati 6 tahapan yaitu; *Analysis, Design, Simulation Prototype, Implementation, Monitoring, dan Management*. Hasil pada penelitian ini menunjukkan, bahwa menggabungkan dua ISP untuk bertujuan memaksimalkan pemakaian internet dari ke dua ISP. *Load balancing* tidak hanya fokus pada saat salah satu ISP melainkan bisa membagi *traffic* jadi merata.

Kata Kunci: *bandwidth management, load balancing, equal cost multi-path.*

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 813 1603 2572
email : 2111600108@student.budiluhur.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan komunikasi sangat penting seiring dengan kemajuan dan perkembangan teknologi komunikasi data yang semakin berkembang pesat. Dalam memenuhi kebutuhan akan teknologi komunikasi data, administrator jaringan harus bijak dalam memilih Internet Service Provider (ISP) yang akan digunakan (Sujarwo, Desmulyati dan Budiawan, 2020). ISP ini nantinya akan memberikan layanan kepada pengguna sesuai dengan permintaan pengguna, contohnya untuk kecepatan internet, yaitu satu *mega byte per second* (MBPS) dan kuota paket datanya *unlimited*.

Internet pada saat ini sangat dibutuhkan banyak orang untuk bekerja, belajar, jualan, bermain *game*, bertukar informasi dan mencari informasi terbaru. Kebutuhan masyarakat dengan internet membuat hampir semua orang menggunakan internet, sehingga ada banyak orang juga yang memasang internet di rumahnya, dan juga di perusahaan untuk bisa melakukan kegiatan yang menggunakan internet.

Ketika memiliki dua ISP, yaitu: ISP 1 dan ISP 2, *bandwidth* pada ISP 1 sebesar 100 mbps dan untuk *bandwidth* ISP 2 sebesar 30 mbps. Kendalanya pada saat jam kerja mengakses internet dari ke dua ISP tersebut yang mengakibatkan pembagian *bandwidth* tidak merata sehingga membuat koneksi dari ke dua *line* tersebut menjadi lambat (Towidjojo, 2019; Warman dan Andrian, 2017).

Manajemen *bandwidth* merupakan sebuah metode atau alat untuk mengontrol dan mengoptimalkan lalu lintas jaringan dengan cara menetapkan tipe-tipe lalu lintas jaringan, sehingga mampu meningkatkan kualitas servis dari jaringan itu sendiri. Masalah yang umum terjadi dalam sebuah lalu lintas adalah *traffic* yang mana bisa mempengaruhi lama cepatnya sebuah perjalanan dalam hal ini adalah lalu-lintas paket data sehingga perlu adanya manajemen agar bisa mengatur dan mengontrol agar tidak terjadi *traffic* selain itu juga perlu adanya optimalisasi sehingga ketika adanya luapan data bisa ditangani dengan baik (Gumelar, Anton dan Radiyah, 2017).

Jadi untuk meminimalisir terjadinya permasalahan tersebut dan menjaga koneksi

internet stabil, dapat menggunakan lebih dari satu koneksi internet dari penyedia layanan internet yang berbeda yang kemudian di seimbangkan dengan teknologi *load balancing* (Firdaus, 2017).

Dalam proses *load balancing Equal Cost Multi-Path* (ECMP). ECMP adalah pemilihan jalur secara bergantian pada gateway dan merupakan salah satu metode *load balancing* yang paling mudah dan paling cepat untuk melakukan *load balancing* atau membagi beban *traffic* menuju internet (Adnan, Ikhwan dan Rahmawati, 2018).

Tulisan ini menjelaskan tentang implementasi *management bandwidth load balancing equal cost multi-path* untuk menggabungkan dua ISP. Hasil yang diharapkan adalah memaksimalkan pemakaian internet dari ke dua ISP. Sehingga, *load balancing* tidak hanya fokus pada saat salah satu ISP melainkan bisa membagi *traffic* jadi merata.

1.1. Load Balancing

Load balancing dapat diartikan sebagai suatu metode untuk menyebarkan beban kerja lalu lintas data secara seimbang melalui beberapa perantara untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang ada sehingga didapatkan kinerja yang lebih baik (Firdaus, 2017; Anjani, Wijaya dan Panjaitan, 2017).

1.2. Equal Cost Multi Path

Algoritma (ECMP) *Equal-Cost Multi-Path* dikenal sebagai teknik *load balancing* yang paling sederhana dan lebih cocok digunakan pada jaringan dengan tingkat kompleksitas yang tidak terlalu tinggi. Pembagian beban dalam metode ini menggunakan pengaturan perbandingan langsung antara beban yang diterima oleh setiap *gateway* (Zulkarnaen dan Isnaini, 2018).

Tujuan penerapan algoritma ini yaitu untuk dimungkinkannya penggunaan lebih dari 1 jalur *gateway* digunakan sebagai *exit interface* dan mendapatkan pembagian beban yang merata antar tiap *gateway* dalam membagi *traffic* yang ada. Dalam penggunaannya algoritma ini juga mendukung penggunaan *routing protocol* baik *static* maupun *dynamic* (Wijaya dan Panca, 2020).

1.3. Quality of Service

Quality of Service (QoS) merupakan metode pengukuran seberapa baik jaringan dan

Merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis. Parameter QoS yang diamati pada penelitian ini adalah parameter *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter*.

1.3.1. Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama (Husni dkk., 2018). Tabel 1 menampilkan kategori dan indeks *delay* serta berapa waktu sebuah data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan.

Tabel 1. Kategori dan indeks *delay* (Adnan, Ikhwan dan Rahmawati, 2018)

Kategori	Delay (ms)	Indeks
Sangat bagus	<150	4
Bagus	150-300	3
Sedang	300-450	2
Jelek	>450	1

1.3.2. Throughput

Throughput, adalah kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan Paket yang sukses yang diamati pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (Husni dkk., 2018).

Tabel 2. Kategori dan indeks *throughput* (Adnan, Ikhwan dan Rahmawati, 2018)

Kategori	Throughput (Mbps)	Indeks
Terbaik	2,1	4
Lebih baik	1,2-2,1	3
Baik	0,7-1,2	2
Cukup Baik	0,338-0,7	1
Buruk	0-0,338	0

Pada Tabel 2 memperlihatkan kategori terbaik, lebih baik, baik, cukup baik dan buruknya sebuah *throughput* pada *bandwidth*.

1.3.3. Packet Loss

Packet Loss (Paket Hilang), merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan

congestion pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena re-transmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah *bandwidth* cukup tersedia. Pada Tabel 3 diperlihatkan kategori *packet loss* atau dari berapa persen data yang hilang serta indeksing.

Tabel 3. Kategori dan indeks *packet loss* (Adnan, Ikhwan dan Rahmawati, 2018)

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

1.3.4. Jitter

Jitter, adalah jumlah variasi waktu kedatangan paket-paket yang dikirimkan terus menerus dari satu terminal (*source*) ke terminal lain (*destination*) pada jaringan. *Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan *latency*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. *Delay* antrian pada *router* dan *switch* dapat menyebabkan *jitter* (Husni dkk., 2018).

Tabel 4. Kategori dan indeks *jitter* (Adnan, Ikhwan dan Rahmawati, 2018)

Kategori	Jitter (ms)	Indeks
Sangat bagus	0	4
Bagus	0-75	3
Sedang	75-125	2
Jelek	125-255	1

Pada Tabel 4Tabel 2 memperlihatkan kategori sangat bagus, bagus, sedang, dan jelek sebuah *jitter* atau jumlah variasi waktu dari sebuah kedatangan paket-paket yang dikirimkan.

2. METODOLOGI

Network Development Life Cycle (NDLC) adalah sebuah metode dan strategi untuk meningkatkan atau mengganti sistem jaringan komputer organisasi yang memiliki 6 tahapan,

yaitu: *analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring dan management.*

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 (Rachmawan, Irwan dan Argyawati, 2016).

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) *Simulation Prototyping*

Pada tahap ini dilakukan proses simulasi dengan menggunakan bantuan *software* emulator seperti Gns3 untuk menguji teknologi yang dipilih dan rancangan sebuah jaringan (Yuliandoko, 2018). 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 (Aji, Iswayudi dan Triyono, 2019).

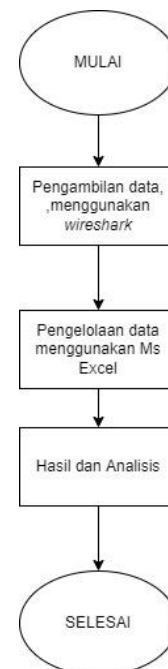
Pada penelitian ini dilakukan beberapa skenario pengujian, yakni:

a. Skenario Pengujian *Speedtest* ISP 1 dengan kecepatan *download* 88,77 *megabit/s* dan *upload* 93,55 *megabit/s*.

b. Skenario Pengujian *Speedtest* ISP 2 dengan kecepatan *download* 29,19 *megabit/s* dan *upload* 6,43 *megabit/s*.

c. Skenario konfigurasi *load balancing* metode ECMP, dimulai dari setting *interface*, didalam *interface* memberi perintah *comment* setiap *interface*. Selanjutnya beri IP pada masing-masing *Ethernet* dengan cara *setting address list*. Selanjutnya *setting firewall* terus pilih *mangel*, dan ini adalah inti dari metode *load balancing*. Selanjutnya supaya *client* yang terhubung ke jaringan dapat mengakses internet dengan menggunakan dua ISP, disini menggunakan fitur NAT. Tahapan akhir *setting gateway* (tujuan) menentukan ISP mana yang akan digunakan untuk mengakses internet. Karena menggunakan metode ECMP otomatis semua *gateway* ISP akan bekerja secara acak dan seimbang. Setelah itu selesai konfigurasi *load balancing* metode ECMP.

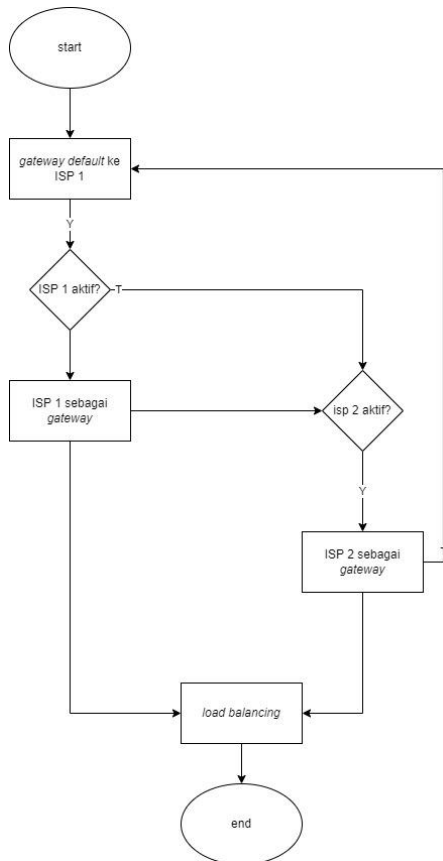
d. Skenario Pengujian *Quality of Service (QOS)*, dari jaringan internet, akan dilakukan beberapa *scenario* pengujian yaitu *jitter, packet loss, dan throughput* dengan menggunakan aplikasi *Network Protocol Analyzer*, yaitu *Wireshark* (Husni dkk., 2018).



Gambar 1. Flowchart pengujian QOS

Pada Gambar 1, memperlihatkan proses dari skenario pengujian QOS di mana pengujian QOS dimulai dari pengambilan data menggunakan *wireshark*, lalu ke pengelolaan data menggunakan Microsoft Excel, lalu melakukan analisis ketika mendapatkan hasil dari pengelolaan data dari Microsoft Excel.

- e. Skenario Pengujian, akan melakukan sebuah pengujian dari hasil skenario-skenario yang sudah dilakukan sebelumnya.



Gambar 2. Flowchart skenario pengujian

Pada Gambar 2, menjelaskan tentang rancangan skenario pengujian dimulai dari ISP 1 menjadi *gateway default*-nya, apabila *gateway* ISP aktif, setelah itu langsung ke metode *load balancing* setelah itu selesai, dan apabila ISP 1 tidak aktif dan ISP 2 aktif, ISP 2 sebagai *gateway*-nya dan lanjut ke metode *load balancing* setelah itu selesai. Apabila ISP 2 tidak aktif kembali lagi ke ISP 1 sebagai *gateway default*-nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konfigurasi *Load Balancing* Menggunakan ECMP pada RB 750 ISP 1 dan 2

Pada Tabel 5 menjelaskan rute-rute pada *port routerboard MikroTik* milik ISP 1. Pada *port ether1* yang merupakan rute untuk ke ISP 1, *ether4* rute untuk RB 750 ISP 2 dan untuk port *bridge* itu untuk client yang menuju ke ruang guru, ruang komputer server dan lab komputer. Pada tahap ini dilakukan konfigurasi *load balancing* menggunakan metode ECMP pada RB 750 ISP 1 dan 2.

Tabel 5. Port RB 750 yang akan digunakan

Port	Segment IP Address	Keterangan
Ether1	103.4.165.244/24	Jalur internet dari modem ISP 1
Ether4	192.168.4.1/24	Jalur internet untuk ke RB 750 ISP 2
Bridge	192.168.100.1	Jalur internet menuju ke Ruang Guru, Komputer Server dan Lab Komputer

Selanjutnya adalah membuat NAT pada RB 750 ISP 1 dan 2, yaitu: 2 NAT yang membuat IP *private* dapat mengakses IP *public* dari ISP 1 dan ISP 2 supaya IP *private* dapat mengakses internet yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.

Tahap berikutnya adalah membuat *routing check-gateway*. *Routing* ini menggunakan lebih dari 1 *gateway* dan 2 IP *gateway* yang berfungsi ketika salah satu IP *gateway* mati, maka IP *gateway* yang masih hidup akan menggantikannya.

Seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5, yang menampilkan konfigurasi *routing check-gateway*, dimana pada no 0 ada ip *routing* yang memiliki 2 *gateway* jadi salah satu *gateway* akan mem-backup salah satu *gateway* yang mati.

Setelah pembuatan *routing* selanjutnya adalah membuat *mangle* untuk menandai paket agar bisa diatur oleh fitur NAT dan *routing* seperti yang ditampilkan pada Gambar 6.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets
0	mas...	srcnat							ether1					131 B	2
1	mas...	srcnat							ether2					0 B	0

Gambar 3. Tampilan NAT

```
[sman12@SMAN12Jakarta] > ip route pr
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
#       DST-ADDRESS      PREF-SRC      GATEWAY          DISTANCE
0 A S   0.0.0.0/0          192.168.4.2    1
        103.4.165.244
1 ADC   103.4.165.0/24     103.4.165.245 ether1            0
2 ADC   192.168.4.0/24     192.168.4.1   ether4            0
3 ADC   192.168.100.0/24  192.168.100.1 bridgel          0
[sman12@SMAN12Jakarta] >
```

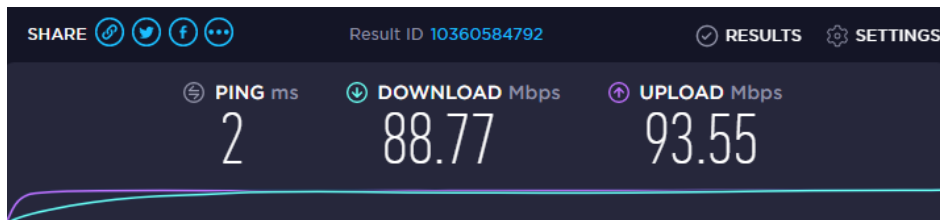
Gambar 4. Tampilan routing 1

```
[telkom@SMAN12JAKARTA] > ip ro pr
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic, C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
#       DST-ADDRESS      PREF-SRC      GATEWAY          DISTANCE
0 A S   0.0.0.0/0          36.89.193.220 1
        192.168.4.1
1 ADC   36.89.193.0/24     36.89.193.221 ether1            0
2 ADC   192.168.4.0/24     192.168.4.2   ether2            0
3 ADC   192.168.100.0/24  192.168.100.1 bridgel          0
[telkom@SMAN12JAKARTA] >
```

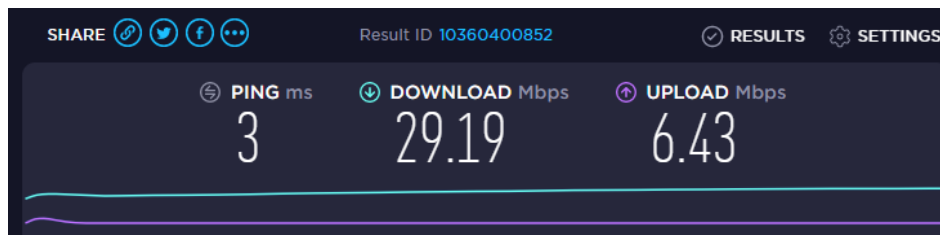
Gambar 5. Tampilan routing 2

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...
0	mar...	input						ether1	
1	mar...	input						ether2	
2	mar...	output							
3	mar...	output							

Gambar 6. Tampilan mangle



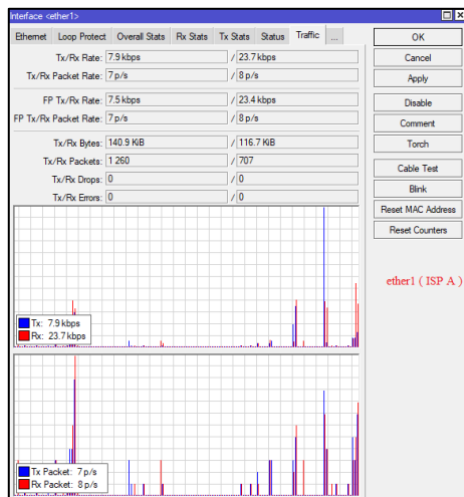
Gambar 7. Bandwidth ISP 1



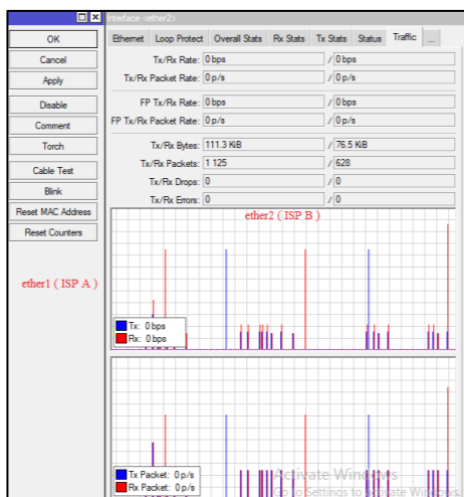
Gambar 8. Bandwidth ISP 2

3.2. Hasil Implementasi Load Balancing

Pengujian *load balancing* menggunakan metode ECMP pada RB 750 ISP 1 dan 2 dilakukan untuk memastikan apakah terjadi perubahan kecepatan *bandwidth*. Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan hasil *speedtest* bawaan dari ISP 1 dan 2 sebelum melakukan implementasi *load balancing* ECMP. Setelah dilakukan *load balancing* menggunakan metode ECMP pada RB 750 ISP 1 dan 2, maka dihasilkan terjadi perubahan yang signifikan. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 dimana bagian (a) merupakan tampilan sebelum *load balancing* dan bagian (b) adalah sesudah menggunakan *load balancing* dengan metode ECMP.

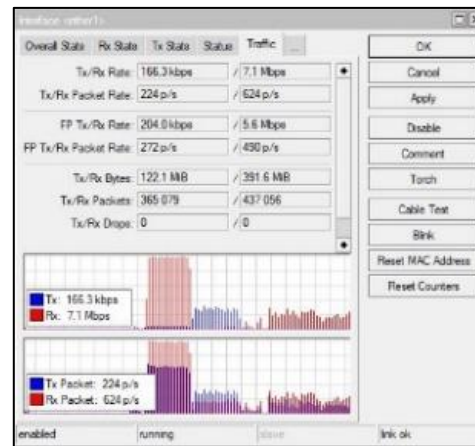


(a)

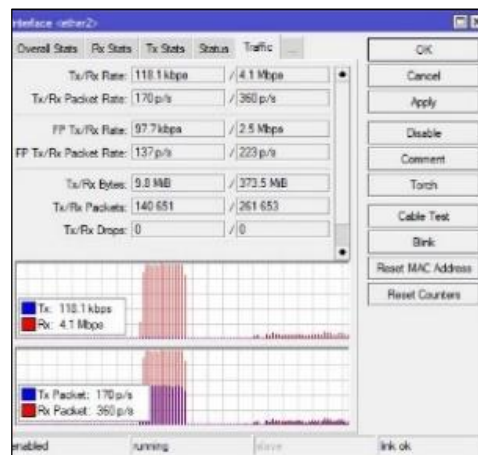


(b)

Gambar 9. Traffic ke dua interface pada RB 750 ISP 1, (a). Sebelum; (b). Sesudah



(a)



(b)

Gambar 10. Traffic ke dua interface pada RB 750 ISP 2, (a). Sebelum; (b). Sesudah

Hasil *bandwidth* yang didapat merupakan penggabungan dari ISP 1 yang *bandwidth*-nya 100 Mbps dan ISP 2 *bandwidth*-nya 30 Mbps yang tidak seimbang, maka pada saat konfigurasi *routing* akan menjadi “*ip route add check-gateway=ping distance=1 gateway=36.89.193.220,192.168.4.1*” yang diartikan bahwa ISP 1 dan ISP 2 berbanding 1:3. Kemudian ketika salah satu ISP mati, maka ISP yang hidup akan mem-*backup* koneksi internetnya.

Untuk uji kinerja jaringan setelah dikonfigurasi *load balancing* menggunakan metode ECMP diperlihatkan Gambar 11 dan Tabel 6. Pada Tabel 6, ditampilkan hasil dari pengambilan data dari *wireshark* untuk melihat *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter* pada saat sesudah melakukan implementasi *load balancing* menggunakan metode ECMP.



Gambar 11. Hasil pengujian kecepatan *bandwidth*

Tabel 6. Kinerja jaringan *load balancing* ECMP

Throughput	130.000 bps (130 mbps)
Packet Loss	0%
Delay	5.4814-05 packet
Jitter	0.000101 packet

Pada *throughput* mendapatkan *bandwidth* 130 mbps karena penggabungan dari 2 ISP ketika dari kedua ISP aktif, lalu *packet loss* mendapatkan 0% yang artinya sangat bagus karena tidak ada paket yang hilang, mendapatkan 5.4814-05 *packet*, lalu *jitter* mendapatkan 0.000101 *packet*.

4. SIMPULAN

Setelah melakukan implementasi *Management Bandwidth Load Balancing* berhasil diterapkan dan menghasilkan pemakaian internet lebih merata dengan kecepatan rata-rata antara 30 mbps sampai 40 mbps. *Load balancing* menggunakan metode ECMP berhasil diterapkan pada jaringan dan menghasilkan traffic dari ISP 1 dan ISP 2 dapat berjalan bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M.S., Ikhwan, S. dan Rahmawati, Y. (2018) 'Implementasi Load Balancing Metode ECMP, NTH dan PCC dengan Empat Link Internet Menggunakan Mikrotik', in *Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial technology, and Creative Media (CENTIVE)*, hal. 308-314.
- Aji, G.T.P., Iswayudi, C. dan Triyono, J. (2019) '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)', *Jurnal Jarkom*, 7(1), hal. 1-10.
- Anjani, M., Wijaya, A. dan Panjaitan, F. (2017) *Implementasi Load Balancing Dengan Metode ECMP (Equal Cost Multi Path) Studi Kasus: SMK Teknologi Bistek Palembang*. Universitas Bina Darma.
- 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: Jurnal Ilmiah*, 8(3), hal. 165-170.

- Gumelar, A.R., Anton dan Radiah, U. (2017) 'Implementasi Load Balancing Dengan Algoritma Equal Cost Multi Path (ECMP)', *Kilat*, 6(2), hal. 149-153.
- Husni, A. dkk. (2018) 'Teknik Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (Ecmp) Untuk Mengukur Beban Traffic Di Diskominfo Tenggara', 3(1), hal.103-109.
- Rachmawan, D., Irwan, D. dan Argyawati, H. (2016) 'Penerapan teknik load balancing pada web server lokal dengan metode nth menggunakan mikrotik', *PIKSEL: Penelitian Ilmu Komputer Sistem Embedded and Logic*, 4(2), hal. 98-108.
- Sujarwo, I., Desmulyati, D. dan Budiawan, I. (2020) 'Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Pcc (Per Connection Clasifier) Di Universitas Krisnadipayana', *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*, 5(2), hal. 171-176.
- Towidjojo, R. (2019) *MikroTik Kungfu Kitab 1 Edisi Revisi*. 3rd edn. Jasakom. [Cetak].
- Warman, I. dan Andrian, A. (2017) 'Analisis Kinerja Load Balancing Dua Line Koneksi Dengan Metode Nth (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Informatika Institut Teknologi Padang)', *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, 5(1), hal. 56-62.
- Wijaya, N.H. dan Panca, B.S. (2020) 'Analisis Litensi Metode PCC, NTH dan ECMP untuk Load Balance dan Failover', *Jurnal STRATEGI-Jurnal Maranatha*, 2(1), hal. 177-189.
- Yuliandoko, H. (2018) *Jaringan Komputer Wire dan Wireless Beserta Penerapannya*. Deepublish. [Cetak].
- Zulkarnaen, M.F. dan Isnaini, M.I. (2018) 'Implementasi Load Balancing dengan Metode Equal Cost Multi-Path', *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, 1(1), hal. 13-17.