

Penerapan Load Balancing Dengan Metode Ecmp (Equal-Cost Multipath) Pada Jaringan Internet Di Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya

Muhammad Wifqi Aditya, Aditya Prapanca²

^{1,2} Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

¹muhammad.19101@mhs.unesa.ac.id

²adityaprapanca@unesa.ac.id

Abstrak— Lambatnya jaringan internet sangat menghambat pekerjaan, pengetahuan dan akses informasi oleh karena itu load balancing hadir sebagai solusi untuk mengatasi lambatnya jaringan internet. Perlunya menganalisis bagaimana peningkatan QoS (Quality of Services) melalui penerapan metode Load Balancing Metode ECMP (Equal-Cost Multipath) sebagai salah satu pendekatan dalam load balancing yang digunakan untuk mendistribusikan lalu lintas secara merata di antara beberapa jalur atau rute dengan biaya yang sama pada jaringan internet pada Pondok Pesantren Al-Jihad Surabaya serta mengatasi permasalahan jaringan internet pada Pondok Pesantren Al-Jihad Surabaya.

Hasil pengujian failover dapat disimpulkan bahwa sistem failover beroperasi dengan baik pada protokol ICMP, TCP, dan UDP. Pada saat terjadi pemutusan jalur pada salah satu interface yang digunakan, sistem secara otomatis beralih ke interface yang masih aktif tanpa mengalami kendala. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa implementasi load balancing menggunakan metode ECMP berhasil mengatasi masalah keterbatasan kecepatan internet di Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya dengan efektif, terutama dalam konteks failover pada protokol ICMP, TCP, dan UDP.

Kata Kunci— Load Balancing, metode ECMP, jaringan internet

I. PENDAHULUAN

Internet merupakan kebutuhan penunjang aktivitas bagi manusia pada saat ini, perkembangan internet yang begitu pesat membuat manusia membutuhkan daya akses yang mudah dan penggunaan internet yang cepat sehingga memerlukan sebuah inovasi baru agar dapat menunjang teknologi dengan mudah. Fenomena ini dapat diamati dari meningkatnya penggunaan internet pada jaringan komputer, baik dalam lingkup umum maupun penggunaan pribadi. Hal ini disebabkan oleh tingginya kebutuhan akan akses internet sebagai alat komunikasi, sarana pendukung pendidikan, dan sumber informasi. Keterbatasan kecepatan internet yang lambat seringkali menjadi kendala serius, menghambat efisiensi dalam pekerjaan, mendapatkan pengetahuan, dan mengakses informasi. Oleh karena itu, *load balancing* hadir sebagai solusi untuk mengatasi masalah lambatnya koneksi internet.

Pondok Pesantren Mahasiswa Al Jihad Surabaya adalah sebuah pondok pesantren khusus mahasiswa yang berdiri pada

tahun 22 maret 1996. Jumlah total santrinya saat ini kurang lebih sekitar 500 santri, 100 santri putra dan 400 santri putri. di atas tanah seluas 387 m. Pondok pesantren memiliki fasilitas perpustakaan, koperasi umum, dan area wifi terbuka. Dengan fasilitas yang ada, diharapkan seluruh kebutuhan santri bisa dipenuhi dan dapat menunjang aktifitas. Pada saat ini ponpes al jihad Surabaya memiliki fasilitas internet 12 router dengan 2 ISP untuk ISP 1 menggunakan indihome yang kedua menggunakan myrepublic tetapi dengan jumlah santri yang sangat banyak membuat penggunaan internet menjadi lambat. Hal ini dapat teratasi menggunakan dua atau lebih koneksi jaringan utama menggunakan teknik *Load Balancing* untuk memaksimalkan koneksi. *Load balancing* adalah proses mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih koneksi.

Melihat permasalahan tersebut penulis ingin menganalisis bagaimana peningkatan QoS (Quality of Services) melalui penerapan metode Load Balancing Metode ECMP (Equal-Cost Multipath) sebagai salah satu pendekatan dalam load balancing yang digunakan untuk mendistribusikan lalu lintas secara merata di antara beberapa jalur atau rute dengan biaya yang sama. ECMP sering digunakan dalam jaringan yang menggunakan protokol routing dinamis seperti OSPF (Open Shortest Path First) atau IS-IS (Intermediate System to Intermediate System). Dengan menerapkan *load balancing* sangat bermanfaat untuk meningkatkan stabilitas koneksi. Fungsi membagi beban ke beberapa jalur memungkinkan peningkatan kinerja suatu koneksi. Oleh karena itu, peneliti memutuskan untuk mengusulkan solusi dengan menggunakan jaringan internet dua ISP dan penerapan teknik *load balancing Equal Cost Multi Path (ECMP)* serta menjadikan *MikroTik* sebagai load balancer, diharapkan *MikroTik* dapat mengoptimalkan pembagian bandwidth kepada setiap klien yang ingin mengakses internet. Mekanismenya adalah *MikroTik* akan secara merata membagi beban pada kedua ISP, dan memilih jalur ISP yang akan dilalui.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagnosing (Melakukan Diagnosa)

Pada langkah ini, peneliti merancang beberapa tindakan yang akan dilaksanakan untuk menganalisis berbagai

permasalahan yang mungkin timbul pada jaringan internet Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya.

B. Melakukan Rencana Tindakan

Usai melakukan sejumlah diagnosa, peneliti memahami inti permasalahan yang dihadapi dan selanjutnya merencanakan tindakan yang konkret untuk menyelesaikan masalah tersebut. Rencana tindakan yang akan diterapkan mencakup perancangan skema jaringan internet yang ada dan implementasi pada evaluasi kualitas menggunakan metode QoS serta RMA.

Tabel 1 Jadwal Penelitian dan Pengukuran

Langkah Penelitian Tindakan	Deskripsi Langkah-langkah	Waktu Pelaksanaan	Sumber Daya yang Dibutuhkan	Indikator Keberhasilan
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah yang ingin diatasi dalam penelitian tindakan.	Minggu 1	Dokumen penelitian sebelumnya	Masalah teridentifikasi dengan jelas.
Perumusan Tujuan	Merumuskan tujuan yang spesifik dan terukur untuk mengatasi masalah.	Minggu 1	Peneliti, partisipan	Tujuan yang jelas dan terukur terdefinisi.
Analisis Awal	Menganalisis situasi awal dengan mengumpulkan data dan informasi relevan	Minggu 2-3	Alat pengumpulan data (kuisisioner, observasi, dll)	Data dan informasi awal terkumpul.
Perencanaan Intervensi	Merencanakan langkah-langkah intervensi yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan	Minggu 3-4	Peneliti, partisipan, materi intervensi	Rencana intervensi yang terperinci terbuat
Implementasi Intervensi	Melaksanakan langkah-langkah intervensi sesuai dengan rencana.	Minggu 3-4	Peneliti, partisipan	Intervensi dilaksanakan sesuai rencana
Pemantauan dan Evaluasi	Memantau dan mengevaluasi efektivitas intervensi melalui pengumpulan data	Minggu 3-4	Alat Pengumpulan data (observasi)	Data evaluasi terkumpul dan dianalisis
Refleksi dan Penyesuaian	Merefleksikan hasil evaluasi dan melakukan penyesuaian jika diperlukan	Minggu 3-4	Peneliti, partisipan	Perubahan dan penyesuaian dilakukan jika diperlukan

Langkah Penelitian Tindakan	Deskripsi Langkah-langkah	Waktu Pelaksanaan	Sumber Daya yang Dibutuhkan	Indikator Keberhasilan
Dokumentasi dan Pelaporan	Mendokumentasikan seluruh proses penelitian tindakan dan hasilnya	Minggu 5-6	Peneliti	Laporan penelitian tindakan tersusun dengan baik

Tabel diatas menjelaskan rencana jadwal pengukuran kualitas jaringan internetyang ada Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya.

C. Action Taking (Melakukan Tindakan)

Pada langkah ini, peneliti melakukan pengukuran jaringan menggunakan model sistem monitoring dengan menerapkan metode Quality of Service (QoS). Pengukuran ini mencakup beberapa parameter, seperti *bandwidth*, *delay*, *throughput*, dan *packet loss*, yang diaplikasikan pada jaringan internet di Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya. Tahp yang ditempuh oleh peneliti melibatkan monitoring aplikasi, QoS monitoring, serta evaluasi *uptime* dan *downtime* menggunakan perangkat lunak PRTG.

D. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukn Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya dan akan dimulai pada bulan Juli sampai dengan bulan Agustus tahun 2023 dari pukul 07.30 sampai dengan pukul 16.00 WIB.

E. Alat dan Bahan

Alat dan bahan pada penelitian jaringan internet di Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya yaitu:

Tabel 2 Perangkat Keras (Hardware)

No	Perangkat	Jumlah	Spesifikasi
1.	MikroTik RB 9512	1	CPU : AR9344
2.	Laptop	1	Core i3, RAM 6GB, HDD 1TB
3.	ISP	2	Indihome, My Republic
4.	Router Wifi	1	1 Router support WDS mode
5.	Smartphone	2	Android OS
6.	OTG (On The Go)	1	Support android
7.	Kabel Data	1	Support android
8.	USB to LAN	1	Support windows 10

Perangkat Lunak: Windows 10 sebagai sistem operasi, Google Chrome digunakan untuk mencari literatur dari internet, NetTools 5 berperan sebagai alat pengukur, semntara Microsoft Office digunakan sebgai aplikasi pengolahan data dlam penulisan laporan.

F. Pengujian

Pada tahap pengujian ini dilkukan untk menjamin *load balancing* menggunakan metode ECMP (Equal Cost

Multipath) yang sudah dikonfigurasi dapat dijalankan dengan baik tanpa adanya kesalahan prosedur, dan kesalahan lainnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan peneliti pada Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya dengan memaksimalkan proses load balancing menggunakan metode ECMP (Equal-Cost Multipath) untuk mengoptimalkan kualitas jaringan yang dimana setelah peneliti melakukan pengumpulan data seperti studi pustaka, observasi dan studi literatur metode tersebut dapat mengatasi masalah yang terjadi pada studi kasus yang diteliti yaitu pada Pongpes Al Jihad Surabaya berikut adalah rangkaian hasil penelitian Load balancing ECMP:

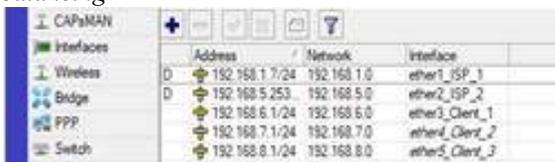
B. Konfigurasi Load Balancing Pada Mikrotik Router

Pada implementasi jaringan menggunakan jaringan local dari 2 provider dan memiliki 2 layanan yang akan di *load balancing*. Layanan pertama dengan IP 192.168.1.7/24 dan layanan kedua dengan IP 192.168.5.253/24.

Dalam penelitian ini menggunakan Mikrotik RB951 sebagai router. Sebelum dilakukan konfigurasi load balancing di dalam router, peneliti harus mengetahui konfigurasi yang sudah ada sebagai pendukung sehingga konfigurasi untuk *load balancing* dapat berjalan dengan baik.

1. Analisa Konfigurasi Dasar

Hal pertama yang harus dilakukan pada tahapan ini adalah melakukan diagnosa pada tabel *address list* yang akan dijadikan acuan penting dalam proses *load balancing*.



Address	Network	Interface
192.168.1.7/24	192.168.1.0	ether1_ISP_1
192.168.5.253	192.168.5.0	ether2_ISP_2
192.168.1.24	192.168.1.0	ether3_Client_1
192.168.7.1/24	192.168.7.0	ether4_Client_2
192.168.8.1/24	192.168.8.0	ether5_Client_3

Gbr 1 IP Address Load Balancing

Seperti pada gambar diatas, terdapat 5 buah *interface* yang ada di dalam *address list* dan untuk *interface* “ether1_ISP_1” dengan IP 192.168.1.7/24 yang memiliki bandwidth sebesar 100Mbps dan untuk *interface* “ether2_ISP_2” dengan IP 192.168.5.253/24 juga memiliki bandwidth yang sama yaitu sebesar 100Mbps, untuk *interface* “ether3_Client_1”, “ether4_Client_2”, “ether5_Client_3” yang ditujukan untuk jaringan local.

2. Analisa Konfigurasi NAT (Network Address Translation)

Untuk membuat komputer klien terkoneksi dengan internet, diperlukan translasi IP dari alamat IP privat yang dimiliki oleh klien menjadi alamat IP publik.



Chain	Out. Address	In. Address	Out. Port	In. Port	Out. Net.	In. Net.	Out. Src.	Out. Dst.
nat	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1

Gbr 2 Konfigurasi NAT

Dari hasil gambar diatas dapat dijelaskan bahwa terdapat 2 rule NAT yang dimiliki *interface* “ether1_ISP_1” dan “ether2_ISP_2” dengan *action* *masquerade*.

3. Konfigurasi Mangle

Mangle digunakan untuk memberi tanda pada paket yang memasuki atau keluar dari suatu antarmuka sebelum paket tersebut diolah sesuai dengan aturan *routing* yang telah dibuat. Setelahnya, penulis mengaplikasikan aturan *mangle*. dengan *action=accept* yang untuk koneksi-koneksi yang mengarah ke jaringan yang langsung terhubung di *router*.

```
File Firewall mangle
add chain=input in-interface=ether1-ISP-1 action=mark-connection src-connection=mark-ISP-1_conn
add chain=input in-interface=ether2-ISP-2 action=mark-connection src-connection=mark-ISP-2_conn
add chain=output src-connection=mark-ISP-1_conn action=mark-routing src-routing=mark-ISP-1
add chain=output src-connection=mark-ISP-2_conn action=mark-routing src-routing=mark-ISP-2

File route
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=192.168.1.1 routing-mark=mark-ISP-1
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=192.168.1.1 routing-mark=mark-ISP-1
add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=192.168.5.1 routing-mark=mark-ISP-2
```

Gbr 3 Konfigurasi Mangle

Konfigurasi diatas adalah tahap penandaan *routing mark* sebagai jalur paket *connection* yang sudah ditandai untuk keluar dari *router*. Untuk tiap koneksi-koneksi yang ditandai dengan “ISP1_conn” akan diberikan *mark-routing* yang akan dilwatkan pada *interface* ether1 dan tiap koneksi-koneksi yang ditandai dengan “ISP1_conn” akan diberikan *mark-routing* yang akan dilewatkan pada *interface* ether2.



Chain	Out. Address	In. Address	Out. Port	In. Port	Out. Net.	In. Net.	Out. Src.	Out. Dst.
nat	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1

Gbr 4 Hasil Konfigurasi Mangle

4. Konfigurasi Routing

Setelah konfigurasi *mangle* selesai, langkah selanjutnya adalah mengkonfigurasi *routing* tabel berdasarkan *mark-routing* yang dibuat. Konfigurasinya sebagai berikut:



Chain	Out. Address	In. Address	Out. Port	In. Port	Out. Net.	In. Net.	Out. Src.	Out. Dst.
nat	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1

Gbr 5 Hasil Konfigurasi Routing

5. Konfigurasi Failover

Ketika suatu sistem atau perangkat jaringan menghadapi kendala, dapat diatasi dengan menyediakan jalur cadangan atau backup untuk sistem

atau perangkat jaringan yang mengalami masalah tersebut. Konfigurasi ini diimplementasikan untuk mencegah terputusnya koneksi internet saat salah satu jalur koneksi mati atau mengalami gangguan. Dengan menggunakan fitur failover, jika terjadi pemutusan pada salah satu jalur koneksi internet, koneksi secara otomatis akan dialihkan ke jalur lainnya, sehingga pengguna jaringan internet tidak akan mengalami pemutusan secara mendadak. Konfigurasinya sebagai berikut:

berikut adalah hasil setelah melakukan proses *routing* tabel pada *mikrotik*:



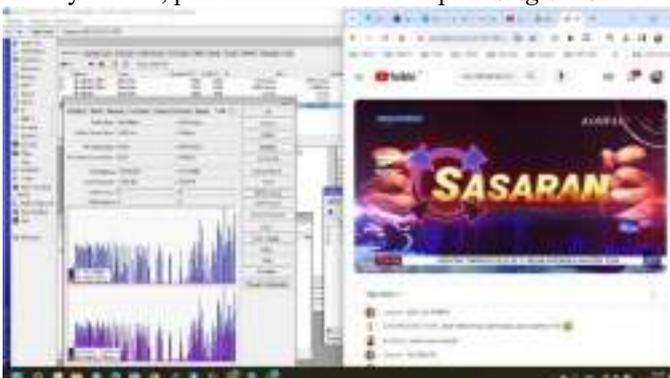
Gbr 6 Hasil Routing Setelah Konfigurasi Failover

C. Tahap Pengujian

Berdasarkan hasil analisa dan implementasi konfigurasi sebelumnya, untuk mengetahui apakah konfigurasi dapat dijalankan dengan baik tanpa adanya kesalahan prosedur. Maka perlu dilakukan tahap pengujian untuk mengetahui hasil dari implementasi konfigurasi *load balancing* menggunakan metode ECMP (*Equal Cost Multipath*). Tahap pengujian dilakukan dengan berbagai tahap yang telah dibuata pada point 3.5 yaitu pengujian *load balancing single pc*, pengujian *load balancing multiple PC*, Pengujian *download 1 client/lebih*, pengujian *failover*, pengujian *session*, pengujian *speedtest* dan pengujian *remote* jarak jauh.

1. Pengujian Load Balancing pada single PC

Pada percobaan pertama penulis mencoba melakukan pengujian load balancing dengan melihat streaming youtube, percobaan ini dilakukan pada *single PC*:



Gbr 7 pengujian load balancing ECMP dengan live streaming Youtube

Pada tahap kedua penulis mencoba melakukan pengujian dengan mendownload video pada Google drive :

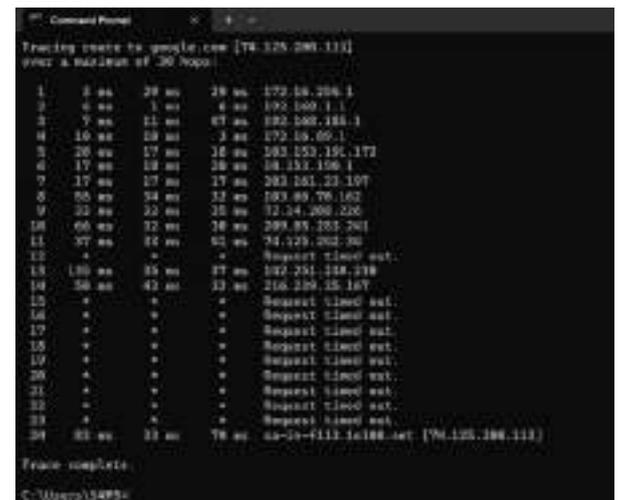


Gbr 8 Pengujian Download Video Pada Gdrive

2. Traceroute

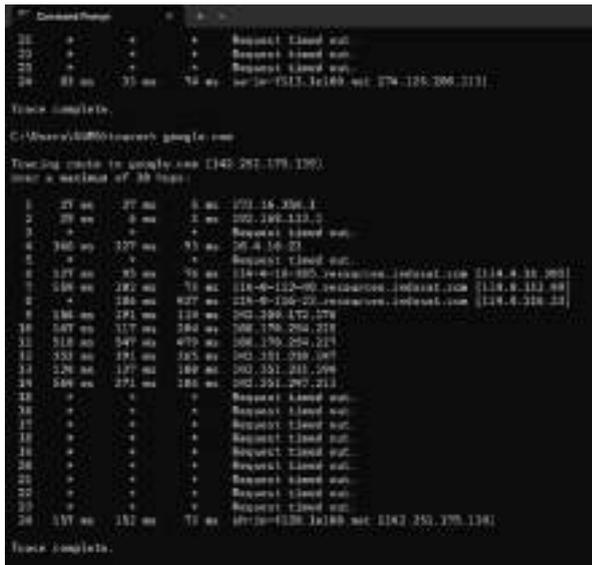
Traceroute adalah sebuah utilitas baris perintah yang dapat Anda gunakan untuk mengetahui jalur data yang diambil paket protokol internet (IP) menuju tujuannya.

Berikut adalah traceroute ketika jalur internet menyala semua:



Gbr 9 Traceroute ketika jalur internet nyala semua

Berikut adalah traceroute ketika ada salah satu jalur internet yang mati :



Gbr 10 Traceroute ketika salah satu jalur mati

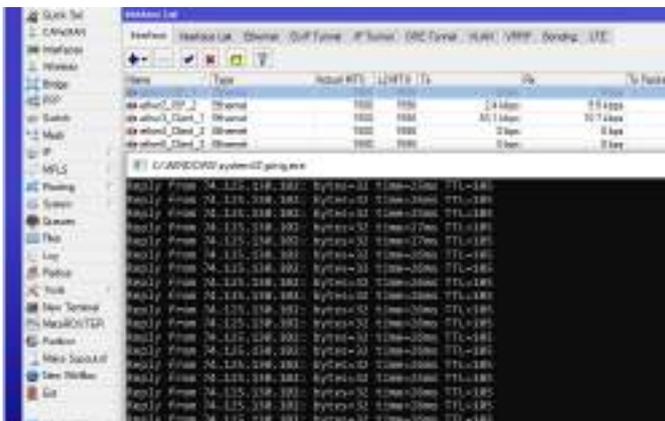
Tabel 3 Hasil Load Balancing

Single PC	Multiple PC			Total
PC 1	PC 1	PC 2	PC 3	
15 Mbps	5 mbps	5mbps	5mbps	15 mbps

3. Pengujian Failover

Pengujian *failover* bertujuan untuuk mengetahui perilaku sistem jika terjadi pemutusan koneksi pada salah satu jalur konksi, pada pengujian ini penulis menguji menggunakan tiga protokol yaitu pengujian pada protokol ICMP, TCP dan UDP. Pada protokol ICMP penulis akan melakukan ping ke situs yang telah ditentukan yaitu www.gmail.com kemudiann penulis akan melakukan pemutusan terhadap *interface* yng digunakan sebagai *gateway ping*.

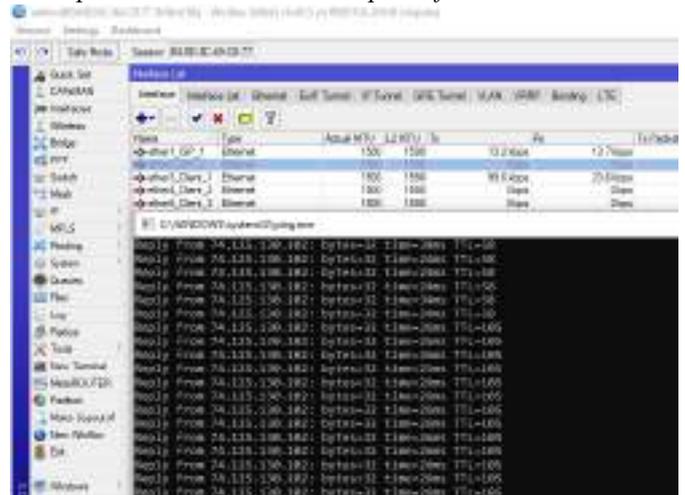
Berikut adalah hasil yng terjadi saatt pemutusan pada salah satu *interface*.



Gbr 11 Ping ke www.gmail.com

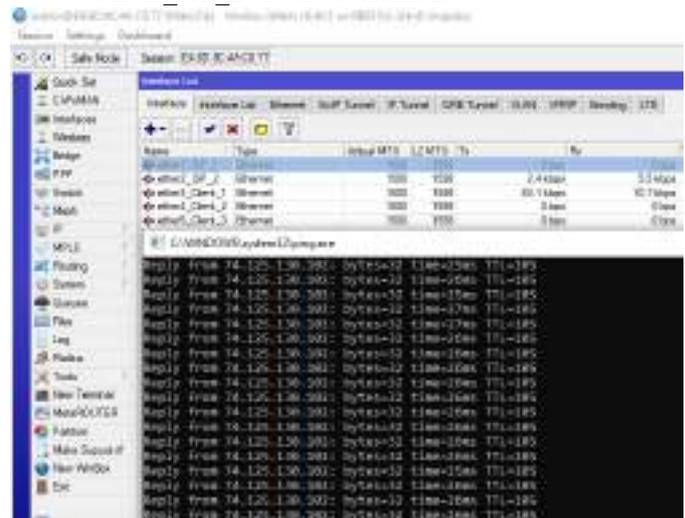
Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa *gateway* yang digunakan untuk *ping* ke situs gmail menggunakan *gateway* dari *interface* “ether2_ISP_2” dengan kecepatan 83.1 Kbps dari sisi *download* dan 10.7 Kbps dari sisi *upload*. Sedagkan dari sisi *interface* “ether1_ISP_1” tidak terjadi lalu lintas data. Pada sat pengujian *PC Client* tidak melkukan aktifitas selaiin menggunakan *ping*.

Setelah mengetahui bahwa *gateway* yang digunakan dalam melakukan *ping* adalah *gateway* dari *interface* “ether2_ISP_2”, selanjutnya penulis akan melakukan pemutusan koneksi terhadap *interface* tersebut.



Gbr 12 Ping setelah pemutusan jalur pada ether 2_ISP_2

Berdasarkan gambar diatas terlihat setelah dilakukannya pemutusan jalur pada “ether2_ISP_2” lalu lintas koneksi langsung berpindah ke *gateway* dari *interface* “ether1_ISP_1”, selanjutnya penulis akan melakukan pemutusan koneksi pada *interface* “ether1_ISP_1” dan pengembalian jalur pada *interface* “ether2_ISP_2” secara bersamaan.

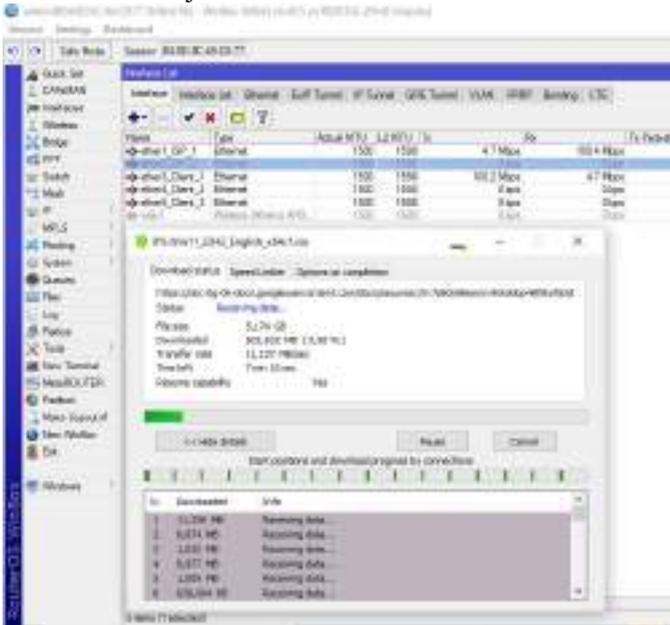


Gbr 13 Ping setelah pemutusan jalur pada ether1_ISP_1

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa setelah pemutusan pada jalur *interface* “ether1_ISP_1” *gateway* yang dipakai melakukan ping langsung berganti ke *gateway* dari *interface* “ether2_ISP_2”. Dari sini dapat disimpulkan bahwa sistem *failover* pada protokol ICMP berjalan dengan baik.

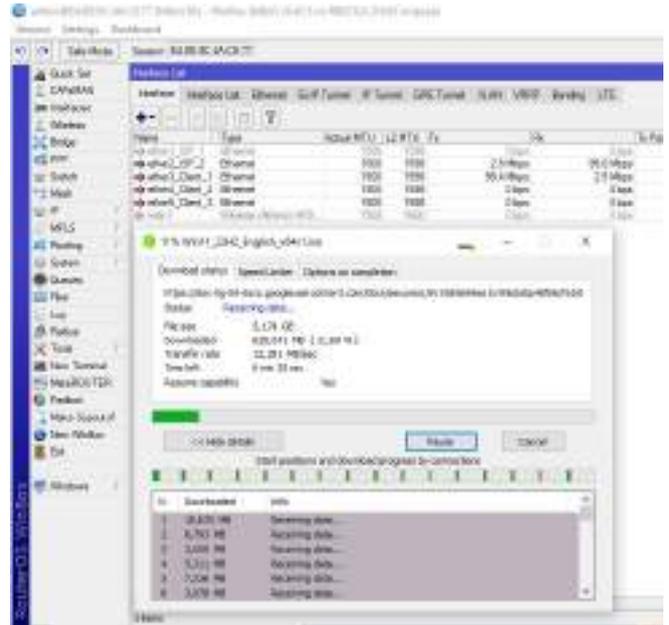
Selanjutnya pada pengujian protokol TCP penulis akan melakukan *download* pada salah satu file *test download* dari *google drive* kemudian penulis akan melakukan pemutusan pada salah satu jalur.

Berikut adalah hasil yang terjadi saat pemutusan pada salah satu jalur:



Gbr 14 Proses download sebelum pemutusan jalur

Berdasarkan gambar diatas *gateway* yang digunakan pada proses *download* adalah “ether1_ISP_1”, setelah mengetahui *gateway* yang digunakan. Selanjutnya penulis akan melakukan pemutusan pada jalur “ether1_ISP_1”.



Gbr 15 Proses download setelah pemutusan pada jalur ether1

Berdasarkan gambar diatas *gateway* yang digunakan untuk proses *download* langsung berganti ke *interface* “ether2_ISP_2” secara otomatis.

Selanjutnya pengujian pada protokol UDP penulis menguji dengan cara menonton *live streaming online* pada situs www.youtube.com menonton *streaming* pertandingan bulutangkis.

Berikut adalah gambar perilaku sistem saat terjadi pemutusan pada salah satu jalur:

Pertama penulis akan menonton video *live streaming online* pada pertandingan bulutangkis dengan resolusi 1080p. Setelah video *live stream* berjalan kemudian penulis akan melakukan pemutusan pada salah satu jalur.



Gbr 16 Kondisi saat pemutusan pada jalur ether1

Setelah penulis melakukan pemutusan pada jalur “ether1_ISP_1” kondisi *live streaming* tetap berjalan lancar tanpa terputus dan penurunan kualitas video. Selanjutnya penulis akan melakukan pemutusan pada *interface* “ether2_ISP2” dan pembembalian *interface* “ether1_ISP_1” secara bersamaan.



Gbr 17 kondisi saat pemutusan pada jalur ether 2

Berdasarkan gambar diatas setelah dilakukan pemutusan pada jalur *interface* “ether2_ISP_2” kondisi *live streaming* tetap berjalan lancar tanpa terputus dan penurunan kualitas video. Dari sini dapat disimpulkan bahwa perpindahan *gateway* dari *interface* “ether1_ISP_1” dan “ether2_ISP_2” secara otomatis berjalan dengan baik.

Tabel 4 Kondisi sistem saat pemutusan salah satu jalur

PC Client	Kondisi Provider		Jalur	
	Indihome1	Indihome2	Indihome1	Indihome2
PING	Hidup	Hidup		X
	Mati	Hidup		X
	Hidup	Mati	X	
Download	Hidup	Hidup	X	
	Mati	Hidup		X
	Hidup	Mati	X	
Live Streaming	Hidup	Hidup	X	
	Mati	Hidup		X
	Hidup	Mati	X	

Berdasarkan tabel diatas, hasil pengujian *failover* dapat disimpulkan bahwa sistem *failover* sudah berjalan dengan baik pada protokol ICMP, TCP dan UDP karena pada saat pemutusan jalur pada salah satu *interface* yang digunakan akan berpindah secara otomatis pada *interface* yang masih aktif tanpa adanya kendala.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian kesimpulan yang diperoleh saat penulis melakukan implementasi sistem *load balancing* ECMP (*Equal-Cost Multipath*) serta melakukan tahap pengujian adalah sebagai berikut:

1. Implementasi *load balancing* menggunakan metode ECMP berhasil mengatasi problematika lambatnya internet di pondok pesantren Al Jihad Surabaya
2. Sistem *failover* yang dibuat oleh penulis sudah dapat mengatasi permasalahan ketika salah satu jalur mati secara tiba-tiba dengan cara mengalihkan semua beban secara otomatis ke *interface* yang masih aktif pada protokol ICMP, TCP dan UDP.
3. Pada *Load balancing* pada jaringan WLAN dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif sumber koneksi internet yang cukup stabil dan dapat diandalkan, serta beban koneksi yang diterima pada setiap perangkat tidak terlalu berat.
4. *Load Balancing* dengan metode ECMP sangatlah cocok dengan kondisi jaringan internet di Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya karena *Load balancing* ECMP memberikan keuntungan dalam hal skalabilitas. Dengan menambahkan lebih banyak jalur yang setara, sistem dapat mengatasi peningkatan beban trafik tanpa mengorbankan kinerja.

V. SARAN

Berdasarkan hasil yang telah dijelaskan penulis sebelumnya, penerapan *load balancing* pada jaringan WLAN dengan menggunakan metode ECMP (*Equal-Cost Multipath*) menunjukkan potensi yang positif untuk pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan beberapa saran dan harapan kepada Pondok Pesantren Al Jihad:

1. Untuk membeli sebuah Mikrotik, dikarenakan Mikrotik yang digunakan sedikit error
2. Tindak lanjut penelitian ini Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya disarankan untuk menerapkan *load balancing* ECMP karena penulis melihat perubahan yang sangat bermanfaat sebagai penunjang mempercepat penggunaan akses internet pada Pondok Pesantren Al Jihad Surabaya
3. Terus memantau kestabilan jaringan internet di pondok pesantren Al Jihad Surabaya dan menyeimbangkan beban trafik yang lebih baik lagi, sebaiknya memilih modem yang memiliki kualitas dalam kecepatan dan lain-lain agar proses *balancing* tidak membebani salah satu modem

REFERENSI

[1] Aldori, R.; Susafa'ati; & Raharjo, M. (2021). IMPLEMENTASI MENGGUNAKAN METODE PCC BERBASIS MIKROTIK PADA SMK TUNAS HARAPAN JAKARTA. *TECHSI*, XIII, 69-82.

[2] 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)*, II, 26-34.

[3] Dartono, S. U.; & Irawan, D. (2021). PENERAPAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) PADA PERANCANGAN LOAD BALANCING DENGAN ROUTER MIKROTIK. *JURNAL ELEKTRO & INFORMATIKA SWADHARMA (JEIS)*, I, 14-20.

[4] Dinata, A. S.; & Laksana, E. P. (2020). KINERJA IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DENGAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER PADA PENGGUNAAN WIRELESS NETWORK. *MAESTRO*, III, 358-368.

- [5] 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*, VII, 165-170.
- [6] Hidayat, A. S.;Widodo, A. E.;Kencono Aryo;& Nuryamin, Y. (2021). Implementasi Load Balancing Dengan Metode PCC Pada Balai Besar Pelatihan Kesehatan (BBPK) Jakarta. *Evolusi: Jurnal Sains dan Manajemen*, IX, 101-112.
- [7] Aldori , R.;Susafa'ati;& Raharjo, M. (2021). IMPLEMENTASI MENGGUNAKAN METODE PCC BERBASIS MIKROTIK PADA SMK TUNAS HARAPAN JAKARTA. *TECHSI*, XIII, 69-82.
- [8] 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)*, II, 26-34.
- [9] Dartono;S, U.;& Irawan, D. (2021). PENERAPAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) PADA PERANCANGAN LOAD BALANCING DENGAN ROUTER MIKROTIK. *JURNAL ELEKTRO & INFORMATIKA SWADHARMA (JEIS)*, I, 14-20.
- [10] Safrianti, E., Sari, L. O., & Satiarini, A. (2021). Peer Connection Classifier Method for Load Balancing Technique. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering (IJEPESE)*, IV, 127-133.
- [11] Sujarwo , I., Desmulyati, & Budiawan , I. (2020). Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per Connection Classifier) di Universitas Krisnadwipayana. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer*, V, 171-176.
- [12] Sujatmika, A. R., Abidin, A. A., & Winarti. (2022). Implementasi Sistem Load Balance dengan Metode PCC Untuk Optimalisasi Pada Jaringan Internet Local. *Jurnal Sains & Informatika (J-SAKTI)*, VI, 1041-1049.
- [13] Utomo, A. D., & Sarwono, P. (2020). Load Balancing Per Connection Classifier dengan Pengukuran Quality Of Service pada Jaringan LAN Lingkup Universitas. *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications*, II, 40-53.