

Implementasi Jaringan Dengan Load Balancing Dengan Metode Pcc Dan Recursive Route Failover Mikrotik

Lian Kristanto¹, Mugi Raharjo^{2*}

^{1,2}Informatika, Teknologi Informasi, Universitas Nusa Mandiri
liank560@gmail.com¹, mugi.mou@nusamandiri.ac.id²

Abstract

For Along with the advancement of technology in the field of telecommunications, services to the community are also online-based, as is the case at the branch office of PT. Peln. However, sometimes services are hampered due to sudden internet connection disruptions, then by using a failover system assisted by a modem that functions as ISP 2 which is a solution in backing up internet connections from ISP 1 if it suddenly goes offline. In this study we conducted a research analysis with data collection techniques and research analysis methods conducted at PT. Pelayaran Nasional Indonesia. In this study, all clients and users connected to ISP 1 will be directed to ISP 2 using a failover system and the results are that all clients or users can be backed up properly and we also do load balancing used to distribute the network traffic load evenly on two connection paths, so that internet performance becomes more balanced and stable. MikroTik plays a role in marking data packets that access the internet and determining the ISP path to be used, as well as distributing the load on both ISPs. By implementing this implementation, the network at PT. Pelayaran Nasional Indonesia becomes optimal and real-time for 24 hours, optimal use of the internet network can be guaranteed

.Keywords: online, failover system, load balancing, offline, client

Abstrak

Untuk Seiring dengan semakin majunya teknologi dibidang telekomunikasi maka pelayanan terhadap masyarakat juga sudah berbasis online, seperti halnya yang terjadi di kantor cabang PT. Peln. Namun, terkadang pelayanan terhambat dikarenakan gangguan koneksi internet yang tiba-tiba terganggu, maka dengan menggunakan system failover dibantu dengan modem yang berfungsi sebagai ISP 2 yang merupakan solusi dalam membackup koneksi internet dari ISP 1 apabila mengalami offline secara tiba-tiba. Pada penelitian ini kami melakukan analisis penelitian dengan metode teknik pengumpulan data dan analisa penelitian yang dilakukan pada PT. Pelayaran Nasional Indonesia. Pada penelitian ini seluruh client dan user yang terkoneksi ke ISP 1 akan diarahkan ke ISP 2 menggunakan sistem failover dan hasilnya seluruh client atau user dapat terbackup dengan baik dan juga kita lakukan load balancing digunakan untuk mendistribusikan beban lalu lintas jaringan secara merata pada dua jalur koneksi, sehingga kinerja internet menjadi lebih seimbang dan stabil. MikroTik berperan dalam menandai paket data yang mengakses internet dan menentukan jalur ISP yang akan digunakan, serta mendistribusikan beban pada kedua ISP. Dengan diterapkannya implementasi ini menjadikan jaringan di PT.Pelayaran Nasional Indonesia menjadi optimal dan realtime selama 24 jam bisa terjamin penggunaan jaringan internetnya secara optimal.

Kata kunci: online, system failover, load balancing, offline, client.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi terus maju pesat, sehingga menjadi kebutuhan penting bagi setiap individu dan kelompok untuk terhubung dengan internet. [6] Di era digital ini, pertukaran file dapat dilakukan dengan cepat, dan jarak bukan lagi hambatan. Pemanfaatan teknologi jaringan komputer pada suatu instansi atau pendidikan tinggi perlu diikuti dengan perencanaan administrasi yang terukur untuk mendukung segala bentuk aktivitas [5] Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi memiliki pengaruh yang sangat besar dalam berbagai bidang kehidupan manusia [12].

Namun dalam menyediakan akses internet di beberapa instansi, seperti di kantor cabang PT. Pelayaran Nasional Indonesia Jl. Palmas No.2, Tj. Priok, terdapat kendala berupa gangguan koneksi internet. Hal ini dapat mengganggu kinerja pegawai dalam membuat laporan dan

memberikan layanan kepada masyarakat yang membutuhkan layanan penyeberangan antar pulau. Jaringan komputer adalah kumpulan komputer ataupun alat-alat yang

saling terhubung [14] Untuk mengatasi masalah ini, dua ISP (Penyedia Layanan Internet) telah bergabung dan mengembangkan solusi kontrol bandwidth yang menggunakan Mikrotik sebagai penyeimbang beban dan failover. Dengan menyebarkan beban lalu lintas secara merata di dua atau lebih jalur koneksi, penyeimbangan beban digunakan untuk membagi dua atau lebih jalur jaringan dan memastikan bahwa lalu lintas internet mengalir secara seimbang. Setelah menandai paket yang meminta koneksi internet, Mikrotik akan memilih jalur ISP yang akan dilewati beserta beban pada kedua ISP. ISP kedua akan secara otomatis mendukung semua koneksi

jaringan saat pendekatan failover ini dilakukan jika salah satu koneksi dari sumber ISP terputus [4].

Load balancing berperan dalam membagi beban pada layanan baik pada sekumpulan server atau perangkat jaringan. Pada penelitian ini diterapkan teknologi load balancing [11] menggunakan metode Nth pada router mikrotik dengan membagi dua jalur interface. Dengan menerapkan sistem failover dan load balancing ini, kantor cabang PT. Pelayaran Nasional Indonesia di Jakarta Utara akan memiliki dua jaringan ISP, Sistem load balancing akan memastikan distribusi beban traffic internet secara merata di antara kedua ISP, sehingga kinerja jaringan menjadi lebih optimal. Jika terjadi gangguan pada jaringan utama, sistem failover akan secara otomatis mengalihkan koneksi internet ke jaringan cadangan, sehingga memastikan kontinuitas layanan dan kinerja tanpa hambatan.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Beberapa metode pengumpulan data digunakan oleh penulis dalam jurnal untuk memperoleh hasil penelitian.

a. Observasi

Observasi yaitu metode yang digunakan untuk menghasilkan data dan informasi melalui pemantauan langsung ke PT. Pelayaran Nasional Indonesia.

b. Wawancara

Dalam metode ini, data dikumpulkan dengan melakukan wawancara atau sesi tanya jawab langsung dengan karyawan di PT. Pelayaran Nasional Indonesia mengenai topik penelitian.

c. Studi Pustaka

Metode ini melibatkan pengumpulan data melalui kajian dan analisis mendalam terhadap buku serta literatur yang relevan dengan topik jurnal ini.

Metode implementasi sistem failover menggunakan router Mikrotik dan modem untuk backup data jaringan ISP 1 dengan mempertimbangkan kebutuhan spesifik dan aspek teknis untuk memastikan ketersediaan internet yang lebih baik dan kontinuitas operasional yang optimal.

2.2. Analisa Penelitian

Metode implementasi sistem failover menggunakan router Mikrotik dan modem untuk backup data jaringan ISP 1 dengan mempertimbangkan kebutuhan spesifik dan aspek teknis untuk memastikan ketersediaan internet yang lebih baik dan kontinuitas operasional yang optimal.

a. Analisa Kebutuhan

Penulis melakukan analisis terhadap semua kebutuhan yang diperlukan untuk memantau jaringan server, serta merancang jaringan yang mencakup aspek *hardware* dan *software* yang akan digunakan.

b. Desain

Proses desain ini bertujuan untuk menerjemahkan persyaratan kebutuhan menjadi rancangan perangkat yang dapat diimplementasikan sebelum pembangunan dimulai. Dalam hal ini dilokasi kita berfokus pada

arsitektur perangkat keras, topologi jaringan, dan kebutuhan jaringan setiap pengguna.

c. Testing

Pengujian testing dilakukan untuk menguji hasil daripada penerapan implementasi yang dilakukan, Untuk memeriksa konektivitas, serta kecepatan upload dan download yang telah dikonfigurasi di mikrotik.

2.3 Tinjauan Pustaka

a. Tinjauan Jurnal

Berdasarkan dari beberapa jurnal yang penulis jadikan sebagai acuan dalam menyusun penelitian ini, adalah sebagai berikut:

Tergantung pada kebutuhan anda, penyeimbang beban adalah teknik untuk membagi beban di seluruh penyeimbang bandwidth lokal dan internasional. Jika terjadi kegagalan koneksi pada satu penyedia layanan (ISP), teknik yang dikenal sebagai teknologi failover segera memindahkan pengguna ke ISP yang berbeda, Oleh karena itu, penerapan teknik penyeimbangan. beban ini diharapkan dapat memudahkan pelanggan dalam menggunakan perangkat yang berhubungan dengan internet [4]. Pada banyak platform yang berbeda, teknologi penyeimbang beban ini didukung secara luas. Sistem *Mikrotik Router OS* adalah salah satunya. *Mikrotik* karena "*Technologia*" ilmiah yang semakin terjangkau namun tetap mampu memberikan perdorma yang sesuai dimanfaatkan oleh pengguna perorangan dan UKM (usaha kecil dan menengah) di Indonesia [15].

b. Konsep Dasar Jaringan

Sekelompok komputer yang terhubung satu sama lain untuk pertukaran data disebut jaringan komputer. Komunikasi data melalui jaringan komputer dapat dilakukan untuk file teks, gambar, video, dan audio. Sangat penting untuk mempertimbangkan posisi dan keadaan organisasi ketika membangun jaringan komputer. Misalnya, tata letak gedung, cakupan, kecepatan akses, dan biaya operasional [13].

c. Manajemen Jaringan

Manajemen jaringan merupakan sebuah aktivitas administrasi dengan sistem pengelola dengan menggunakan jaringan komputer. Manajemen bertugas untuk mengawasi dan mengelola jalannya sebuah kinerja pada sebuah sistem [3].

Dalam melakukan hal itu, para administrator jaringan memerlukan beberapa sistem konfigurasi yang memudahkannya dalam mengelola jaringan.[2]

• Load balancing

Tujuan dari *Load balancing* adalah untuk meminimalkan *bottleneck* dan mengoptimalkan *bandwidth* dengan mendistribusikan beban trafik di dua atau lebih WAN. *Subnetting* adalah ide penyeimbangan beban yang digunakan dalam studi *gateway multihomed* ini. *Subnetting* membagi dua (ISP) dengan *bandwidth* yang berbeda [7].

• Failover

Dalam konteks jaringan internet komputer, *failover* mengacu pada kapasitas sistem untuk secara otomatis

atau manual bertransisi ke cadangan jika sistem utama gagal [7].

- *Bandwidth*

Dalam transmisi data, *bandwidth* mengacu pada ruang yang tersedia. Secara umum *bandwidth* adalah pengukuran seberapa cepat data dapat dikirim melalui jaringan komputer dari satu host ke host lainnya [7].

d. Konsep Penunjang Usulan

Dalam pembuatan desain suatu sistem penulis menggunakan aplikasi penunjang sebagai alat pendukung dalam mensimulasikan suatu jaringan untuk konsep *load balancing* dan *failover Recursive*.

Load balancing untuk mencegah *traffic* dan memungkinkan arus *traffic* yang efisien, teknologi penyeimbang beban membagi beban *traffic* secara merata di antara dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang. Penyeimbangan beban bertujuan untuk meminimalkan waktu reaksi, meningkatkan *throughput*, dan meramalkan kemacetan pada satu jalur koneksi [10].

Meskipun ada beberapa cara untuk mencapai jaringan tujuan menggunakan strategi *failover*, dalam situasi normal, hanya satu jalur yang digunakan. Ketika jalur utama ke jalur cadangan menggunakan teknik *gateway* rekursif, jalur alternatif berfungsi sebagai cadangan dan hanya digunakan salah satu opsi untuk memverifikasi *gateway* yang tidak terhubung langsung ke router yang digunakan adalah dengan menggunakan *gateway* rekursif. Parameter scope dan target scope memiliki nilai default yang berbeda untuk setiap jenis routing[9].

a. Mikrotik

Mikrotik adalah sistem operasi router yang dirancang untuk mengelola dan mengatur berbagai aktivitas jaringan secara menyeluruh. Fungsinya mencakup pengaturan routing, routing BGP, pengelolaan hotspot dan billing, manajemen *bandwidth*, data pengguna, serta *load balancing*[1].

b. Winbox

Winbox adalah sebuah utilitas yang digunakan untuk meremote server mikrotik ke dalam GUI (Graphical User Interface) melalui sistem operasi windows. Banyak teknisi lebih memilih untuk mengonfigurasi Mikrotik OS atau Mikrotik RouterBoard menggunakan winbox daripada melalui mode CLI (Command Line Interface). Ini karena winbox dianggap lebih mudah digunakan dan memberikan hasil yang lebih cepat dibandingkan dengan konfigurasi melalui browser [1].

c. Modem

Modem adalah sebuah device yang digunakan sebagai penghubung dari sebuah PC atau jaringan ke penyediaan layanan internet (Internet Service Provider) ISP. Salah satu modem yang dipakai untuk koneksi ke internet ialah modem ADSL. Modem ini biasanya digunakan oleh ISP [8].

III. HASIL PENELITIAN

3.1. Jaringan Usulan

Penerapan teknologi *Load Balancing* dengan metode *PCC (Per Connection Classifier)* pada PT. Pelayaran Nasional Indonesia adalah teknik untuk membagi beban *traffic* pada dua jalur jaringan ISP yang terkoneksi secara seimbang. Dengan demikian, setiap jalur koneksi akan mendapatkan beban yang proposional, sehingga mengurangi risiko *overload* pada satu jalur tertentu.

Selain pembagian beban, teknologi *failover* yang sudah ada tetap dipertahankan. Jika salah satu jalur utama mengalami gangguan, jalur lainnya akan otomatis berfungsi sebagai cadangan, memastikan konektivitas tetap terjaga.

Selain penggunaan antivirus *Kaspersky*, yang dibahas penulis tentang keamanan jaringan. Pada perangkat router mikrotik itu sendiri terdapat fitur *firewall* sebagai sistem keamanan jaringan. *Firewall* ini memiliki fungsi sebagai berikut.:

a. NAT (Network Address Translation)

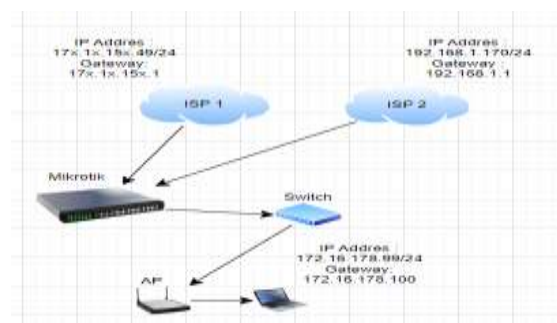
Salah satu fungsi *firewall* pada mikrotik yang digunakan untuk memodifikasi alamat IP dalam *header* paket data saat melintasi router. NAT sangat berguna dalam menghemat alamat IP dan meningkatkan keamanan jaringan.

b. Mangle

Fitur mangle digunakan untuk menandai paket data dan koneksi berdasarkan kriteria tertentu, seperti alamat IP, Port, atau protokol.

3.2. Rancangan Aplikasi

Penjelasan tentang konfigurasi *load balancing* dengan *failover* diberikan di bawah ini. Dalam sub-bab ini, kita akan membahas lebih rinci tentang desain *load balancing* menggunakan metode *PCC (Per Connection Classifier)*.



Gambar 1: Rancangan Load Balancing dan Failover

Berikut adalah tahapan untuk konfigurasi *Load Balancing* dan juga *failover*:

1). Konfigurasi NAT

Penting untuk mengatur NAT agar klien dan server dapat mengakses internet. NAT akan mengganti nama alamat IP privat suatu paket sehingga dapat dikenali oleh jaringan internet dengan mengubah formatnya menjadi alamat IP publik. Berikut adalah hasil yang telah kami atur di ISP1 dan ISP2.



Gambar 2: Konfigurasi NAT

2). Konfigurasi Mangle dan PCC

Memiliki beberapa gateway terkadang dapat menyebabkan masalah tambahan bagi router; misalnya,

paket jawaban permintaan yang diterima dari antarmuka WAN 1 dapat diteruskan melalui antarmuka WAN 2. Aturan *routing* harus ditetapkan pada router untuk memastikan bahwa koneksi *outgoing* terus dibuat melalui *interface* yang sama dengan lalu lintas *incoming* guna mencegah hal tersebut.



Gambar 3: Konfigurasi *Mangle* dan *PCC*

a). Konfigurasi prerouting

Konfigurasi prerouting dengan *action* accept untuk koneksi yang mengarah ke jaringan yang terhubung langsung di router, kita ke *general* tambahkan *destination Address* bagian ISP1, ISP2 dan PC(user) fungsi dalam rule accept ini digunakan agar koneksi yang mengarah ke network DAC di mikrotik tidak dikirimkan menggunakan metode PCC.

b). Konfigurasi prerouting mark connection

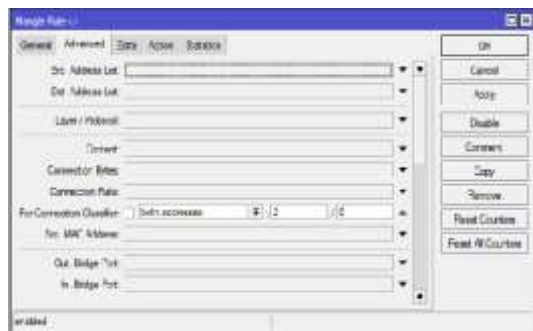
Langka selanjutnya adalah membuat rule untuk menandai koneksi yang masuk dari interface WAN yaitu interface bridge-ISP1 dan interface bridge-ISP2, pada menu action (new connection mask) isi nama dengan in interface yang dituju.



Gambar 4: Konfigurasi prerouting dengan mark connection

c). PCC (Per Connection Classifier)

Pada parameter PCC terdapat 3 kolom, yaitu kolom pertama adalah Classifier lalu pilih both Addresses yang terdiri dari parameter source Address, destination Address, Pada kolom ke 2 adalah denominator kita isi nilai 2 untuk membagi 2 stream yang berbeda untuk ISP1 dan ISP2. Pada kolom ke 3 ini adalah reminder nilainya diisi 0 akan dikirimkan melalui ISP1 jika untuk nilai 1 adalah dikirimkan melalui ISP2.



Gambar 5: PCC (Per Connection Classifier) d). Mark routing

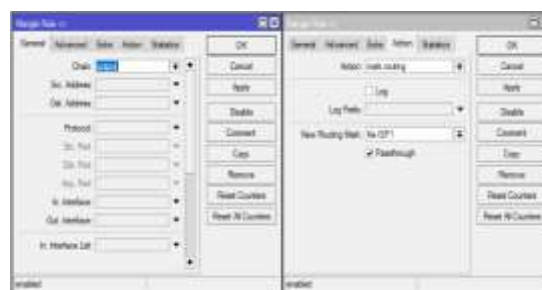
Langkah ini konfigurasi mark routing yang mengarah ke ISP1 dan ISP2.



Gambar 6: Mark routing

e). Chain output

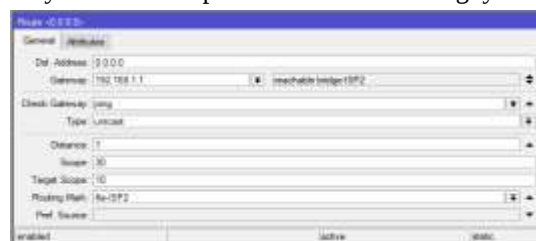
Langkah ini kita lakukan konfigurasi mark routing yang mengarah output ke ISP1 dan ISP2.



Gambar 7: Chain output

3). Konfigurasi Routing

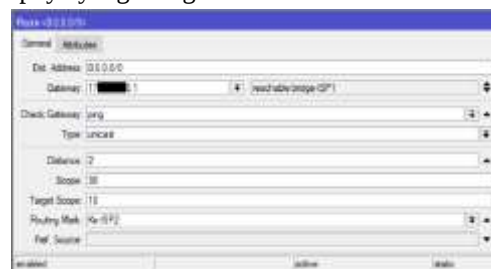
Menambahkan rule routing baru dari ISP2 dengan input gateway sesuai dengan ip gateway yang dapat dari DHCP Client. Untuk routing mark pilih ISP2 dan sebaliknya untuk ISP1 penambahan rule routingnya.



Gambar 8: Routing

4). Konfigurasi FailoverI

Menambahkan rule routing baru untuk konfigurasi settingan failover. Pada bagian Gateway menggunakan IP Gateway pada ISP1 dengan distance 2 untuk link backup yang mengarah ke ISP2 pada pilih bagian routing mask dan sebaliknya untuk ISP2 settingan rule routing backupnya yang mengarah ke ISP1.



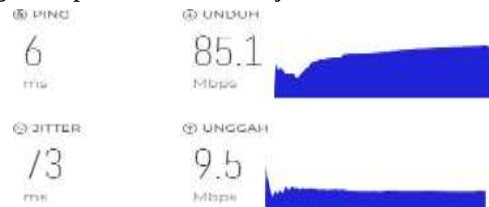
Gambar 9: Failover

3.3 Manajemen Jaringan

Saat ini jaringan PT. Pelni menggunakan failover management dengan dua ISP, dengan kata lain, jika salah satu mati, ISP cadangan akan langsung mengambil alih. Berdasarkan gambaran umum, perusahaan tetap menggunakan dua ISP yang tersedia, namun dengan memaksimalkan utilitasnya melalui penggunaan load balancing, bandwidth yang tersedia menjadi dua kali lipat dari sebelumnya karena kedua bandwidth ISP tersebut digunakan. Alih-alih dihilangkan, teknologi failover justru digabungkan dengan teknologi load balancing..

3.4 Penguji Jaringan Awal

Untuk menentukan jumlah nomor ping ISP yang digunakan, serta kecepatan unggah dan unduh. Server yang sama akan digunakan untuk empat kali uji coba terpisah ini. Gambar berikut mengilustrasikan cara menguji jaringan awal dengan menjalankan uji ping menggunakan CMD (Command Prompt) dan perintah uji ping 8.8.8.8 -t untuk melihat apakah ISP utama mengalami penundaan selama jam sibuk.



Gambar 10: Hasil Speedtest Jaringan awal

Data hasil pengujian speedtest akan dibuat dalam bentuk table seperti table berikut:

```
Pinging 8.8.8.8 with 32 bytes of data:
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=47ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=43ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=52ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=48ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=78ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=74ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=58ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=73ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=48ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=53ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=44ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=45ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=56ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=88ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=58ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=86ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=57ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=63ms TTL=52
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=53ms TTL=52
```

Gambar 11: Hasil test Ping Jaringan awal

Tabel 1 :

Hasil Pengujian Speed Download dan Upload awal

No.	Ping	Speed Download	Speed Upload
1	5 ms	85 Mbps	9 Mbps
2	10 ms	75.5 Mbps	8.5 Mbps
3	12 ms	80.5 Mbps	8 Mbps
4	15 ms	88 Mbps	7.5 Mbps

Karena PT.Pelni beralokasi di Priok tersebut hanya menggunakan satu ISP dan menggunakan yang lain sebagai cadangan, jaringannya bandwidth relatif kecil selama jam sibuk, seperti yang ditunjukkan pada gambar uji lebar pita di atas. Hal ini mengakibatkan masalah seperti jaringan yang lambat atau terkadang putus.

3.5 Pengujian Jaringan Akhir

Penulis pertama-tama menguji solusi sistem failover dengan mematikan salah satu ISP dan memeriksa hasil

PING dan Trace sebelum mengevaluasi bandwidth. ke pelni.co.id dari salah satu PC user.

```
Tracing route to pelni.co.id [34.120.37.132]
over a maximum of 30 hops:
 0  <1 ms  <1 ms  <1 ms  172.16.170.188
 1  1 ms  1 ms  <1 ms  8017.088889 [192.168.1.1]
 2  *  *  *  Request timed out.
 3  *  *  *  Request timed out.
 4  *  *  *  Request timed out.
 5  *  *  *  Request timed out.
 6  *  *  *  Request timed out.
 7  28 ms  48 ms  37 ms  182.0.128.22
 8  47 ms  21 ms  33 ms  209.85.172.166
 9  38 ms  26 ms  21 ms  142.250.62.199
10  20 ms  22 ms  22 ms  142.251.254.93
11  36 ms  23 ms  22 ms  34.120.37.132

Trace complete.
```

Gambar 12: PING dan Trace Failover 1

Dari gambar di atas, terlihat dari hasil PING dan Trace bahwa jalur telah bergeser dari 17x.1x.15x.1 ke 192.168.1.1 (ISP2). Apa yang terjadi jika kita mengaktifkan kembali ISP1, berikut hasil pengetesannya.

```
Tracing route to pelni.co.id [34.120.37.132]
over a maximum of 30 hops:
 0  *  *  *  Request timed out.
 1  5 ms  45 ms  4 ms  17.1.15.1
 2  8 ms  1 ms  1 ms  192.168.168.1
 3  1 ms  1 ms  1 ms  112.215.30.169
 4  45 ms  49 ms  49 ms  112.215.30.161
 5  5 ms  3 ms  4 ms  112.215.81.101
 6  4 ms  4 ms  4 ms  112.215.81.42
 7  5 ms  4 ms  4 ms  72.14.218.136
 8  4 ms  4 ms  4 ms  142.250.61.173
 9  5 ms  5 ms  4 ms  172.253.70.175
10  5 ms  4 ms  4 ms  34.120.37.132

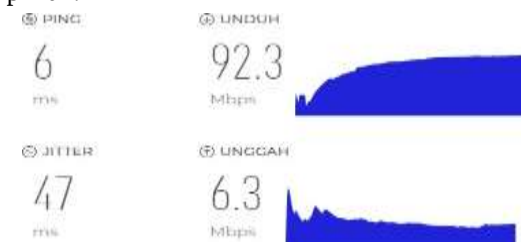
Trace complete.
```

Gambar 13: PING dan Trace Failover 2

Jaraknya adalah 1, dan jalurnya kembali ke 17x.1x.15x.1 (ISP1) pada rasio 1:2.

Bagaimana jika kita menggunakan internet untuk menguji beban, kita dapat mengetahui seberapa cepat kecepatan unggah dan unduh serta seberapa besar angka ping..

Empat pengujian akan dilakukan pada server yang sama dengan pengujian pertama. Penulis menggunakan uji ping pelni.co.id -t untuk melihat apakah masih terjadi penundaan dalam penyeimbangan beban saat salah satu ISP dimatikan, setelah dilakukan uji kecepatan. Selain pengujian, penulis juga mengamati parameter antarmuka Mikrotik untuk memeriksa bagaimana lalu lintas gateway setiap ISP didistribusikan. Hasil pengujian jaringan ditampilkan.



Gambar 14: Hasil Speedtest Jaringan akhir

IV. PEMBAHASAN

Tabel di bawah ini terdapat data hasil tes kecepatan yang sudah dilakukan secara berulang empat kali.

Tabel 2: Hasil Pengujian Download dan Upload

No.	Ping	Speed Download	Speed Upload
1	5 ms	92.3 Mbps	6 Mbps
2	10 ms	90.5 Mbps	7.5 Mbps

No.	Ping	Speed Download	Speed Upload
3	12 ms	91.5 Mbps	5.5 Mbps
4	15 ms	90 Mbps	7.5 Mbps

```

Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=33ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=24ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=25ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=25ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=24ms TTL=55
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=6ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115

```

Gambar 15: Hasil PING Pengujian Jaringan akhir 1

```

Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=4ms TTL=115
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=21ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=22ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=39ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=20ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=23ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=19ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=20ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=21ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=20ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=21ms TTL=55
Reply from 34.120.37.132: bytes=32 time=27ms TTL=55

```

Gambar 16: Hasil Test PING Pengujian akhir 2

Hasil yang diharapkan sudah sesuai yaitu tidak ada lagi batas waktu permintaan atau jeda dalam pengujian ping di atas saat ISP dimatikan. Hasil pengujian ping jaringan terakhir ini menunjukkan bahwa saat ISP utama dimatikan, ISP cadangan dapat kembali backup dengan baik. Hasil menunjukkan adanya keseimbangan dan ketika link utama mati link kedua memberikan backup internet.



Gambar 18. Grafik Parameter Gateway setiap ISP

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, makapenulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

- Optimalisasi pemakaian bandwidth dengan menggunakan PCC (Per Connection Classifier), lalu lintas jaringan dapat didistribusikan secara merata ke beberapa jalur koneksi internet, yang mengurangi beban pada satu jalur dan meningkatkan kecepatan serta efisiensi jaringan.
- Redundansi dan ketersediaan tinggi recursive route failover memastikan bahwa jika satu jalur koneksi gagal, lalu lintas secara otomatis akan dialihkan ke jalur lain yang tersedia. Hal ini

meningkatkan ketersediaan layanan dan mengurangi downtime.

- Peningkatan performa jaringan load balancing yang efektif memungkinkan penggunaan sumber daya jaringan yang lebih efisien, sehingga mengurangi waktu respons dan meningkatkan pengalaman pengguna.
- Skalabilitas jaringan dengan adanya load balancing, perusahaan dapat dengan mudah menambah kapasitas jaringan dengan menambah jalur koneksi baru tanpa harus merombak infrastruktur yang sudah ada.

Kesimpulannya dengan diimplementasikannya metode ini jaringan komputer di PT. Pelayaran Nasional Indonesia menjadi lebih optimal dan realtime, kemudian traffic menjadi lebih seimbang dengan adanya load balancing.

VI. REFERENSI

- Abdul Azis, Hendra Supendar, dan Riza Fahlap. 2023. Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik dengan Mode Simple Queues pada Koperasi Bank KB Bukopin. *SABER J. Tek. Inform. Sains dan Ilmu Komun.* 1, 4 (2023), 57–70. <https://doi.org/10.59841/saber.v1i4.474>
- ANDI. 2019. *Panduan Lengkap Membangun Sistem Jaringan Komputer Dengan Mikrotik RouterOS*.
- Wahyutama Fitri Hidayat, Yesni Malau, Ahmad Setiadi, dan Muhammad Fahmi Julianto. 2023. Konfigurasi dan Implementasi OwnCloud Sebagai Cloud Storage. *J. Infotech* 5, 1 (2023), 83–87. <https://doi.org/10.31294/infotech.v5i1.15836>
- Idham, Rodianto, dan Hendra Wahyudi. 2022. Implementasi Load Balancing Dan Failover Pada Jaringan Internet Menggunakan Metode Nth. *J. Inform. Teknol. dan Sains* 4, 3 (2022), 131–136. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v4i3.1904>
- Kevin Aditaman Marpaung, Devan Cakra Mudra Wijaya, dan Agussalim. 2021. Desain Dan Manajemen Jaringan (Studi Kasus: Fakultas Ilmu Komputer UPN Veteran Jatim) Network Design and Management (Case Study: Faculty of Computer Science UPN Veteran Jatim). *Pros. Semin. SITASI* November (2021), 330. Diambil dari <https://sitasi.upnjatim.ac.id/index.php/sitasi/article/view/219>
- Melwin Syafrizal. 2005. *Pengantar Jaringan Komputer*. ANDI OFFSET. Diambil dari <https://books.google.co.id/books?id=UKNyejI7H0IC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Muhammad Muzayyin dan Arif Senja Fitriani. 2022. Configuring Load Balancing and Failover Using a Mikrotik Router on RT RW NET (Case Study: Dusun Klatakan Dayurejo). *Procedia Eng. Life Sci.* 2, 2 (2022). <https://doi.org/10.21070/pels.v2i2.1293>
- Adimas Ketut Nalendra. *Manajemen Jaringan Komputer*. Diambil dari https://books.google.co.id/books/about/Manajemen_Jaringan_Komputer.html?id=nWj9DwAAQBAJ&redir_esc=y
- Dian Novianto dan Ellya Helmut. 2019. Implementasi Failover dengan Metode Recursive

- Gateway Berbasis Router Mikrotik Pada STMIK Atma Luhur Pangkalpinang. *J. Ilm. Inform. Glob.* 10, 1 (2019), 26–31. <https://doi.org/10.36982/jiig.v10i1.732>
- [10] Rahmad Nur Sulistyawan; Diah Priyawati. 2015. IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DAN FAILOVER RECURSIVE PADA MIKROTIK MENGGUNAKAN METODE PCC (PER CONNECTIONCLASSIFIER). (2015), 6.
- [11] Deny Rachmawan, Dadan Irwan, dan Harum Argyawati. 2016. Penerapan Teknik Load Balancing Pada Web Server Lokal Dengan Metode Nth Menggunakan Mikrotik. *J. Penelit. Ilmu Komputer, Syst. Embed. Log.* 4, 2 (2016), 98–108.
- [12] Ridwan Saidhi, Sarwo Derta, Hari Antoni Musril, dan Riri Okra. 2023. Perancangan Aplikasi Vidtorga Pada Matapelajaran Pjok Kelas X Di Smkn 1 Ampek Angkek. *J. Pendidik. Teknol. Inf.* 6, 2 (2023), 222–246. <https://doi.org/10.37792/jukanti.v6i2.1004>
- [13] Susafa'ati Susafa'ati, Mugi Raharjo, dan Rifaldi Aldori. 2024. Per Connection Classifier Load Balancing dengan Mikrotik pada SMK Tunas Harapan Jakarta. *J. Tek. Komput.* 10, 1 (2024), 7–12. <https://doi.org/10.31294/jtk.v10i1.15183>
- [14] Muhammad Raka Suwito dan Lukman Lukman. 2022. Analisis Dan Perancangan Load Balancing Dengan Metode Nth Menggunakan Mikrotik Studi Kasus Smk Bina Harapan Sleman. *Respati* 17, 1 (2022), 17. <https://doi.org/10.35842/jtir.v17i1.437>
- [15] Nurma Yuliana, Agustinus Suradi, Syams Kurniawan Hidayat, dan Hendro Joko Prasetyo. 2022. Perancangan Sistem Informasi Absensi Kehadiran Siswa Berbasis Web Pada Smk Muhammadiyah 3 Klaten Utara. *J. Comput. Sci. Technol.* 2, 1 (2022), 36–44. <https://doi.org/10.54840/jcstech.v2i1.23>