



**IMPLEMENTASI CONNECTION RATE DAN LOAD BALANCING  
FAILOVER UNTUK MANAJEMEN BANDWIDTH  
MENGUNAKAN METODE QUEUE TREE  
DI PT PUNDI KENCANA**

*TUGAS AKHIR*



Andri Prasetyo  
41519110044

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2021**



**IMPLEMENTASI CONNECTION RATE DAN LOAD BALANCING  
FAILOVER UNTUK MANAJEMEN BANDWIDTH  
MENGUNAKAN METODE QUEUE TREE  
DI PT PUNDI KENCANA**

*Tugas Akhir*

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:

Andri Prasetyo

41519110044

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**  
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2021

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

### LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NIM : 41519110044

Nama : Andri Prasetyo

Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover*  
Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya adalah hasil karya sendiri dan bukan plagiat. Apabila ternyata ditemukan didalam laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap untuk mendapatkan sanksi akademik yang terkait dengan hal tersebut.

Jakarta, 21 Agustus 2021

  
Andri Prasetyo

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

### SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Andri Prasetyo  
NIM : 41519110044  
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul diatas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan di lingkungan Universitas Mercu Buana, saya memberikan izin kepada Peneliti di Lab Riset Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana untuk menggunakan dan mengembangkan hasil riset yang ada dalam tugas akhir untuk kepentingan riset dan publikasi selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS Jakarta, 21 Agustus 2021  
MERCU BUANA



Andri Prasetyo

## SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

### SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Andri Prasetyo  
NIM : 41519110044  
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Menyatakan bahwa :

1. Luaran Tugas Akhir saya adalah sebagai berikut :

No	Luaran	Jenis	Status
1	Publikasi Ilmiah	Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi	Diajukan
		Jurnal Nasional Terakreditasi	
		Jurnal International Tidak Bereputasi	Diterima
		Jurnal International Bereputasi	
Disubmit/dipublikasikan di :	Nama Jurnal	:	
	ISSN	:	
	Link Jurnal	:	
	Link File	:	
	Jurnal Jika Sudah di Publish	:	

2. Bersedia untuk menyelesaikan seluruh proses publikasi artikel mulai dari submit, revisi artikel sampai dengan dinyatakan dapat diterbitkan pada jurnal yang dituju.
3. Diminta untuk melampirkan scan KTP dan Surat Pernyataan (Lihat Lampiran Dokumen HKI), untuk kepentingan pendaftaran HKI apabila diperlukan

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Mengetahui

Dosen Pembimbing TA

  
Desi Ramayanti, S.Kom., MT.

Jakarta, 21 Agustus 2021

  
Andri Prasetyo

## LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41519110044  
Nama : Andri Prasetyo  
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 21 Agustus 2021



(Diky Firdaus, S.Kom, MM)

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41519110044  
Nama : Andri Prasetyo  
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 21 Agustus 2021



## LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41519110044  
Nama : Andri Prasetyo  
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 21 Agustus 2021





## LEMBAR PENGESAHAN

NIM : 41519110044  
Nama : Andri Prasetyo  
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 21 Agustus 2021

Menyetujui,

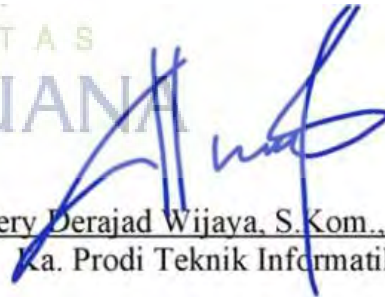


(Desi Ramayanti, S.Kom., MT)  
Dosen Pembimbing

Mengetahui,



(Wawan Gunawan, S.Kom, MT)  
Koord. Tugas Akhir Teknik Informatika



(Hery Derajad Wijaya, S.Kom., MM)  
Ka. Prodi Teknik Informatika

## ABSTRAK

Nama : Andri Prasetyo  
NIM : 41519110044  
Pembimbing TA : Desi Ramayanti, S,Kom., MT  
Judul : Implementasi *Connection Rate* dan *Load Balancing Failover* Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* di PT Pundi Kencana

Perkembangan jaringan internet begitu pesat pada sekarang ini sehingga harus memiliki kualitas koneksi internet yang baik. PT Pundi Kencana kantor cabang memiliki sistem jaringan yang sudah berjalan, menggunakan dua ISP (*Internet Service Provider*), namun terdapat kendala pada koneksi internet yang ada. Permasalahan tersebut membuat pekerjaan karyawan menjadi terganggu sehingga mereka kesulitan untuk mengakses internet tidak bisa mengakses sistem aplikasi maupun pertukaran data yang berada di kantor pusat. Permasalahan yang lain yaitu ketika pengguna *smartphone* melakukan aktifitas *browsing* yang tinggi, ini menyebabkan *bandwidth* yang digunakan menjadi maksimal. *Load balancing Failover* dapat membagi beban trafik sistem jaringan yang memiliki dua *line* koneksi internet. Nantinya diharapkan sistem jaringan ini dapat mengoptimalkan penggunaan *Load balancing Failover* dapat mengantisipasi terjadinya *downtime* dan juga karyawan yang menggunakan perangkat *smartphone* menggunakan *line* koneksi dari ISP *backup*.

Kata kunci:  
*Load Balancing, Failover, ISP, Koneksi, Bandwidth*

## ABSTRACT

Name : Andri Prasetyo  
Student Number : 41519110044  
Counsellor : Desi Ramayanti, S.Kom., MT  
Title : Implementation Connection Rate and Load  
Balancing Failover for Bandwidth Management  
using Queue Tree Method in PT Pundi Kencana

*The development of the network internet is growing so rapidly at this time that it must have a good quality internet connection. PT Pundi Kencana branch office has a network system that is already running, using two ISPs (Internet Service Providers), but there are problems with the existing internet connection. These problems disrupts the work of employees so that they find it difficult to access the internet, cannot access application systems or exchange data. Another problem is when smarphone users carry out high browsing activities, this causes the bandwidth used to be maximized. Load balancing failover can divide the traffic load network systems that have two lines internet connection. Later, it's hoped that this network system can optimize the use of failiver load balancing to anticipate downtime and also employees who use smartphone devicess using a connection line from a backup ISP.*

Key words:

*Load Balancing, Failover, ISP, connection, Bandwidth*



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak Laporan Tugas Akhir ini tidak akan selesai tepat waktu, terutaman Ibu Desi Ramayanti, S.Kom., MT yang telah membimbing sayaselama penyusunan Tugas Akhir saya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan jurnal dan tugas akhir beserta laporannya dengan lancar dan tepat waktu.
2. Rekan-rekan di kampus Universitas Mercu Buana Meruya, yang telah memberikan dukungan dan doa.
3. Rekan-rekan di PT Pundi Kencana yang telah membantu proses penelitian, sehingga dapat selesai tepat waktu.
4. Rekan-rekan kampus Universitas Mercu Buana yang sering kumpul secara offline maupun secara online via WA Vidcall.
5. Pujaan hatiku yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam proses pengerjaan tugas akhir.
6. Teman-teman Seruntulan Boy yang selalu memberikan hiburan, saran dan masukan ketika proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Warga Gang Mede yang selalu menemani main Karambol disela-sela pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan hal yang bermanfaat dan menambah wawasan khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Jakarta, 21 Agustus 2021

Andri Prasetyo

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR... iii	
SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	viii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
NASKAH JURNAL .....	1
KERTAS KERJA.....	13
BAB 1. LITERATUR REVIEW.....	14
BAB 2. ANALISIS DAN PERANCANGAN.....	18
BAB 3. SOURCE CODE.....	20
BAB 4. DATASET.....	22
BAB 5. TAHAPAN EKSPERIMEN.....	24
BAB 6. HASIL SEMUA EKSPERIMEN.....	32
DAFTAR PUSTAKA .....	35
LAMPIRAN DOKUMEN HAKI.....	36
LAMPIRAN KORESPONDENSI .....	38

## NASKAH JURNAL

# Implementasi Connection Rate dan Load Balancing Failover Untuk Manajemen Bandwidth Dengan Menggunakan Metode Queue Tree di PT Pundi Kencana

## Implementation Connection Rate and Load Balancing Failover for Bandwidth Management using Queue Tree Method in PT Pundi Kencana

Andri Prasetyo<sup>1</sup>, Desi Ramayanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Mercu Buana, Indonesia

---

### Article Info

#### Genesis Artikel:

Diterima, Tanggal Bulan Tahun  
Direvisi, Tanggal Bulan Tahun  
Disetujui, Tanggal Bulan Tahun

#### Kata Kunci:

Load Balancing,  
Failover,  
ISP,  
Bandwidth

---

### ABSTRAK

Perkembangan jaringan internet berkembang begitu pesat pada sekarang ini sehingga harus memiliki kualitas koneksi internet yang baik. PT Pundi Kencana kantor cabang memiliki sistem jaringan yang sudah berjalan, menggunakan dua ISP (*Internet Service Provider*), namun terdapat kendala pada koneksi internet yang ada. Permasalahan tersebut membuat pekerjaan karyawan menjadi terganggu sehingga mereka kesulitan untuk mengakses internet, tidak bisa mengakses sistem aplikasi maupun pertukaran data. Permasalahan yang lain yaitu ketika pengguna *smartphone* melakukan aktifitas *browsing* yang tinggi, ini menyebabkan *bandwidth* yang digunakan menjadi maksimal. *Load balancing Failover* dapat membagi beban trafik sistem jaringan yang memiliki dua line koneksi internet. Nantinya diharapkan sistem jaringan ini dapat mengoptimalkan penggunaan *Load balancing failover* dapat mengantisipasi terjadinya *downtime* dan juga karyawan yang menggunakan perangkat *smartphone* menggunakan *line* koneksi dari *ISP backup*.

---

### ABSTRACT

*The development of the network internet is growing so rapidly at this time that it must have a good quality internet connection. PT Pundi Kencana branch office has a network system that is already running, using two ISPs (Internet Service Providers), but there are problems with the existing internet connection. These problems disrupts the work of employees so that they find it difficult to access the internet, cannot access application systems or exchange data. Another problem is when smartphone users carry out high browsing activities, this causes the bandwidth used to be maximized. Load balancing failover can divide the traffic load network systems that have two lines internet connection. Later, it's hoped that this network system can optimize the use of failover load balancing to anticipate downtime and also employees who use smartphone devices using a connection line from a backup ISP*

*This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.*



#### Penulis Korespondensi:

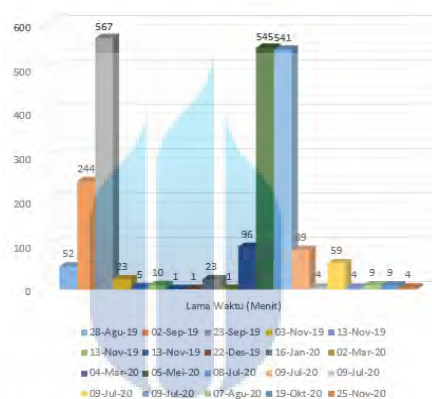
Abdul Muhaimi,  
Program Studi Ilmu Komputer,  
Universitas Bumigora,  
Email: [pras.andriprasetyo@gmail.com](mailto:pras.andriprasetyo@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

PT Pundi Kencana merupakan manufaktur tepung terigu yang telah beroperasi sejak tahun 2009 yang memiliki 3 kantor yaitu Kantor Pusat yang berlokasi di Jakarta Pusat, Kantor Cabang yang berlokasi di Jakarta Barat dan Pabrik yang berlokasi di Cilegon. Untuk kebutuhan komunikasi antar Kantor Pusat, Kantor Cabang dan Pabrik, PT Pundi Kencana menggunakan media jaringan komputer dengan teknologi WAN (Wide Area Network). Jaringan WAN ini digunakan sebagai sarana untuk mengakses sistem aplikasi, melakukan Instagram Live untuk Demo Masak dan pertukaran data pada Kantor Pusat, Kantor Cabang maupun Pabrik.

Jaringan komputer WAN yang ada di dukung oleh 2 ISP (Internet Service Provider) Metro E Telkom dan ISP Lintasarta. ISP Metro E Telkom digunakan sebagai VPN yang menghubungkan Kantor Pusat dan Pabrik. ISP Lintasarta merupakan ISP yang sifatnya dedicated, yang menghubungkan antara Kantor Cabang ke Kantor Pusat maupun Pabrik di Cilegon.

Masalah yang terjadi pada sistem jaringan yang berjalan saat ini adalah pada koneksi internet di Kantor cabang, dimana sering terjadi downtime disisi ISP Lintasarta. Dari [Gambar 1](#) terlihat terjadi 22 kali downtime dalam kurun waktu 1 tahun dengan permasalahan dan waktu downtime yang bervariasi mulai dari Fiber Optic (FO) Cut, gangguan di sisi sentral dan juga preventive maintenance. Dampak dari sering terjadinya downtime ini adalah para karyawan yang berada di Kantor Cabang tidak dapat mengakses sistem aplikasi dan melakukan pertukaran data ke Kantor Pusat maupun Pabrik. Selain permasalahan pada koneksi internet, permasalahan juga disebabkan penggunaan perangkat smartphone yang menyebabkan bandwidth menjadi penuh



Gambar 1. Downtime ISP

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dibangun sebuah sistem untuk membagi jalur trafik, perpindahan *gateway* router otomatis ketika koneksi internet *down* dan manajemen *bandwidth* yang berfungsi untuk membagi kapasitas koneksi internet yang dibutuhkan oleh masing-masing perangkat komputer agar dapat memaksimalkan penggunaan internet antara PC (*personal computer*), Laptop dan *Smartphone*. Load balancing merupakan proses dalam membagi beban aliran trafik ke beberapa jalur sekaligus. Aliran trafik data akan dikirimkan dengan menggunakan lebih dari satu jalur secara bersama-sama [1] teknik *Load balancing failover* pernah digunakan untuk menyelesaikan masalah yang sama, seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Ryo Pambudi, dkk [2]. Penelitian yang dilakukan yaitu sering terjadinya kendala pada saat mengakses internet dan sistem informasi yang disebabkan oleh penuhnya trafik dikarenakan banyak pengguna yang mengakses kedua hal tersebut secara bersamaan dan salah satu ISP yang mengalami gangguan. Dari hasil penelitian, penulis menerapkan *policy base routing* dan *failover* agar dapat membagi jalur antara internet dan sistem informasi suatu instansi dapat dilakukan dan mengurangi beban pada kecepatan jalur akses internet. Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Rahmad Dhani, dkk [3]. Pada penelitian tersebut menjelaskan bahwa *load balancing failover* digunakan untuk meningkatkan performa trafik yang menuju ke web server. Pengujian *load balancing* dilakukan dengan cara mensimulasikan sejumlah klien yang mengakses sistem di mana setiap satu klien melakukan sekali *request* ke web server. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Imam Sujarwo, dkk [4]. Penelitian tersebut melakukan pengujian terhadap koneksi internet dengan *test ping* menggunakan *command prompt* dan aplikasi *chrome*. Penelitian tersebut membahas ketika ISP 1 mengalami *down* maka koneksi akan otomatis diambil alih oleh ISP 2, begitu juga sebaliknya jika ISP 2 mengalami *down* maka ISP 1 otomatis mengambil alih sehingga koneksi berjalan baik. Penelitian lain juga dilakukan oleh Achmad Mustofa, dkk [5], teknik *load balancing* yang digunakan dengan metode Nth dan teknik failover diterapkan dengan kedua ISP yang aktif dan tidak aktif pasif akan tetapi aktif-aktif. Dan trafik internet telah terbagi rata pada secara otomatis di kedua ISP tersebut.

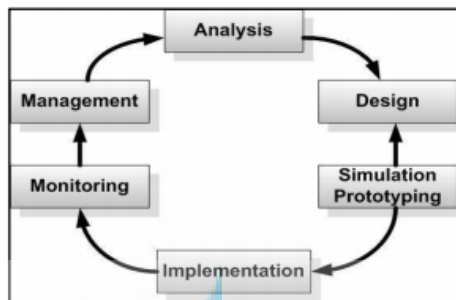
*Connection Rate* merupakan Fitur firewall di Mikrotik yang digunakan untuk manajemen *bandwidth* yang memungkinkan untuk menangkap trafik berdasarkan kecepatan suatu koneksi. Seperti pada penelitian Joko Triyono, dkk [6]. Penggunaan *connection rate* digunakan untuk mengalokasikan *bandwidth* berdasarkan kebutuhan masing-masing klien dengan mengutamakan koneksi yang diprioritaskan agar pengguna dalam mengakses internet mendapatkan jatah *bandwidth* yang sesuai.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Safar, dkk [7] manajemen *bandwidth* digunakan untuk kebutuhan tiap *user* yang berbeda sesuai dengan jabatannya. Masalah yang dihadapi adalah pembagian kecepatan akses internet yang tidak sesuai dengan jabatan yang ada. Sistem yang diterapkan yaitu adanya beberapa komputer yang diprioritaskan agar mendapatkan akses internet lebih untuk bagian Kepala Bidang.

Dari beberapa penelitian yang sudah dibahas, maka penulis melakukan implementasi *Load Balancing* dengan metode *Failover* agar tidak terjadinya gagal koneksi ketika terjadinya *downtime* dan manajemen *bandwidth* menggunakan *Queue Tree* dengan *connection rate* untuk menghitung kecepatan koneksi berdasarkan *connection bytes*.

## 2. METODE PENELITIAN

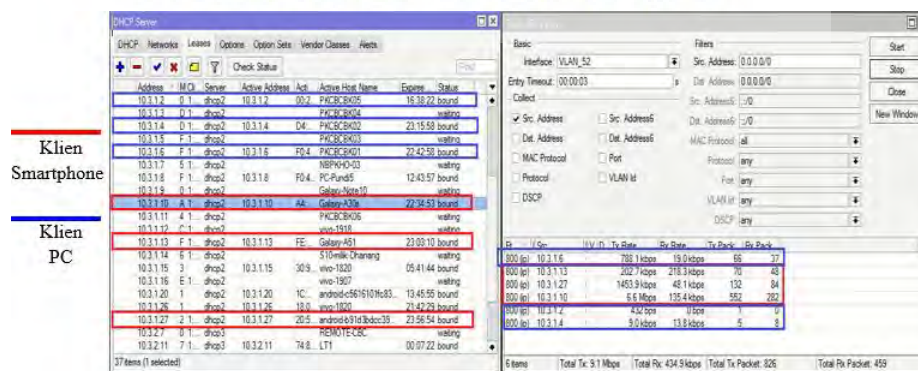
Pada penelitian ini akan menggunakan metode NDLC (*Network Development Life Cycle*) merupakan sebuah metode yang terdiri dari *analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring dan management* [8] seperti pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Metode NDLC (*Network Development Life Cycle*)

A. **Analysis:** Tahap awal ini dilakukan untuk menganalisa kebutuhan, analisa permasalahan yang muncul dan topologi jaringan yang ada di PT Pundi Kencana.

1. Wawancara yang dilaksanakan pada tanggal 16 Juni 2021 dengan *Senior Technical Service* selaku PIC (*Person in Charge*) kantor cabang, penulis berdiskusi dengan PIC tersebut membicarakan beberapa hal mengenai jumlah klien jaringan komputer, jaringan komputer yang digunakan untuk apa saja dan kendala yang sering dialami pada jaringan komputer di kantor cabang. Dari hasil wawancara tersebut banyak klien yang merasa terganggu lambatnya koneksi internet itu dikarenakan terbatasnya *bandwidth* yang ada di kantor cabang dan banyak pengguna *smartphone* yang mengakses ke jaringan internet tersebut.
2. Observasi yang dilakukan penulis sudah dilakukan selama 8 bulan dan observasi dilakukan dengan cara datang langsung ke kantor cabang maupun remote pemantauan sistem jaringan melalui *router* mikrotik mengenai trafik yang digunakan oleh klien. Hasil yang didapatkan pada [Gambar 3](#) penggunaan *smartphone* lebih aktif dari pengguna yang menggunakan perangkat PC.



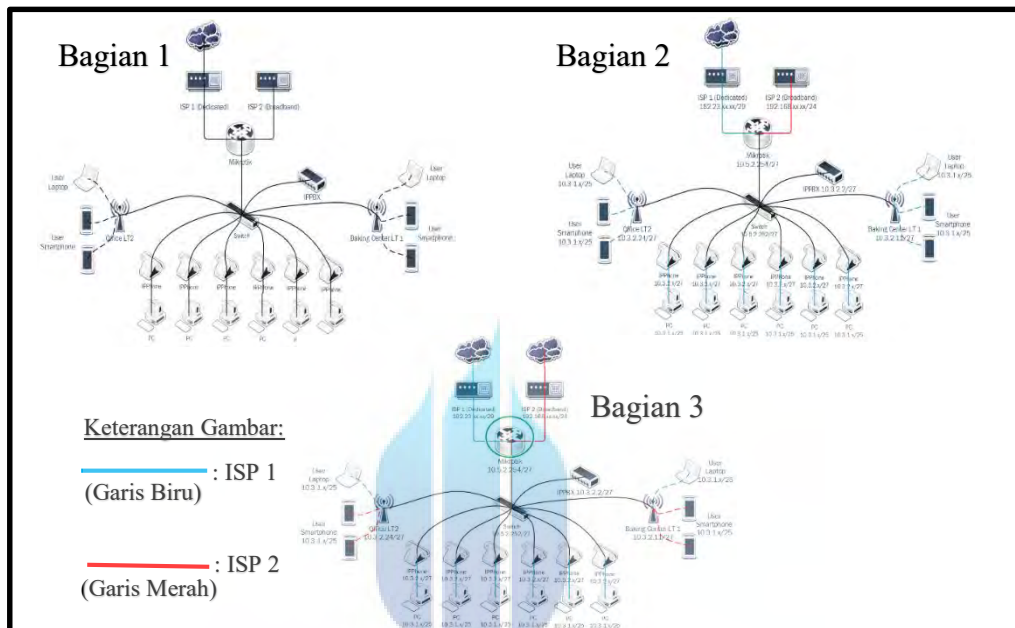
Gambar 3. Trafik Pengguna PC dan Smartphone

Pada [Gambar 3](#) juga terlihat bahwa trafik ketika belum menggunakan *Queue* yang menyebabkan tidak seimbangannya dalam penggunaan *bandwidth* yang diberikan ke perangkat yang terhubung pada jalur ISP 1. Oleh sebab itu, untuk mengantisipasi terjadinya *overload* yang disebabkan karena trafik yang tidak seimbang maka akan diimplementasikan manajemen *bandwidth* menggunakan *Queue Tree* dan juga *Simple Queue* dengan menggunakan algoritma *PCQ* (*Per Connection Queue*).



3. PT Pundi Kencana kantor cabang memiliki 12 staff yang menggunakan jaringan komputer. jaringan komputer yang berada di kantor cabang digunakan untuk mengakses internet, sistem aplikasi, pertukaran data antara kantor pusat dan pabrik, melakukan Demo *live* Instagram dan aktif di sosial media.

Topologi jaringan dan sistem jaringan yang ada seperti pada [Gambar 4 Bagian 1](#) menggunakan 2 ISP yaitu ISP 1 menggunakan Lintasarta yang memiliki kecepatan *download* dan *upload* sebesar 10 Mbps dan ISP 2 menggunakan Indihome yang memiliki kecepatan *download up to* 10 Mbps dan *upload up to* 5Mbps, 1 Router, 1 Switch, 1 IPPBX, 2 Access Point, 6 perangkat IPPhone, 6 PC dan perangkat lain seperti laptop dan *smartphone* yang terhubung ke *access point*. Koneksi internet dari ISP disalurkan ke router kemudian dari router membuat alamat IP Address dikirimkan ke *switch*. Kemudian dari *switch* langsung di distribusikan ke perangkat yang terhubung seperti IPPBX, Access Point dan juga IPPhone. IPPhone berfungsi sebagai *switch* supaya komputer dapat terhubung ke jaringan internet.



Gambar 4. Ada 3 Bagian Topologi Jaringan PT Pundi Kencana

4. Konfigurasi pada sistem jaringan saat ini masih menggunakan konfigurasi dasar, sistem jaringan yang digunakan terdapat pada [Gambar 4 Bagian 2](#). Dari skema sistem jaringan yang digunakan saat ini masih terhubung pada satu jalur jaringan yaitu jalur ISP 1 yang menggunakan garis berwarna biru, sedangkan ISP 2 menggunakan garis berwarna merah. Apabila jaringan ISP 1 OFF atau terjadi *down* maka seluruh klien tidak dapat mengakses internet dan tidak ada *backup* dari koneksi jaringan manapun sehingga dapat menghambat proses kerja.
- B. Design:** Dari analisis yang dilakukan, maka perlu pengembangan terhadap sistem jaringannya saja, dengan menggunakan topologi jaringan fisik yang sama seperti [Gambar 4 Bagian 1](#). Pengembangan sistem jaringan yang diusulkan penulis yaitu dengan menambahkan *Load balancing*, *Firewall address list* dan *mangle* serta perubahan *bandwidth management* yang menggunakan metode *queue tree* yang diimplementasikan di *router* mikrotik pada [Gambar 4 Bagian 3](#) lingkaran berwarna hijau agar jalur internet *user* yang menggunakan PC atau Laptop dengan *smartphone* berbeda. PC atau Laptop menggunakan dari ISP 1 dan jalur koneksi *smartphone* menggunakan koneksi dari ISP 2. Selain itu pada topologi sistem jaringan ini apabila koneksi dari ISP 1 mengalami *down* maka ISP 2 akan mengambil alih koneksi internetnya.
- C. Simulation**  
Tahapan simulasi menggunakan aplikasi Winbox, berikut merupakan tahapan simulasinya:
1. Konfigurasi Mikrotik  
yang pertama yaitu melakukan konfigurasi pada *mikrotik* dimulai dari *setting IP address*, *setting address list*, *setting mangle*, dan *setting route*. Seperti pada [Gambar 5](#).

The image shows three screenshots from Mikrotik WinBox:

- IP Address:** A table with columns 'Address', 'Network', and 'Interface'. It lists several IP addresses and their corresponding networks and interfaces (VLAN\_51, VLAN\_52, VLAN\_53, ether3, ether1, ether2).
- Firewall Mangle:** A table with columns '#', 'Action', 'Chain', 'Out. Profile', 'Src. Address List', 'Connection Bytes', 'Connection Rate', 'New Packet Mark', 'New Conn. Bytes', and 'Packets'. It shows four mangle rules for traffic classification.
- IP Route:** A table with columns 'Dest. Address', 'Gateway', 'Distance', 'Routing Mark', and 'Pref. Source'. It lists various routes for different destinations and gateways.

Gambar 5. Konfigurasi Router Mikrotik

2. Pengujian *Failover*.

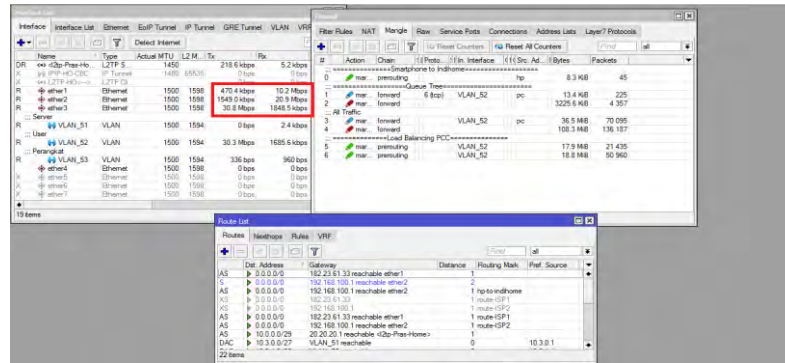
Pengujian *failover* dilakukan uji coba pada Gambar 6 Bagian 1 dan Bagian 2. Pada Bagian 1 menunjukkan ketika ISP 1 mengalami *down* dan diambil alih oleh ISP 2, sedangkan Bagian 2 menunjukkan ketika ISP 2 *down* dan diambil alih oleh ISP 1[9].

The image shows two screenshots of the Mikrotik WinBox IP Route configuration window:

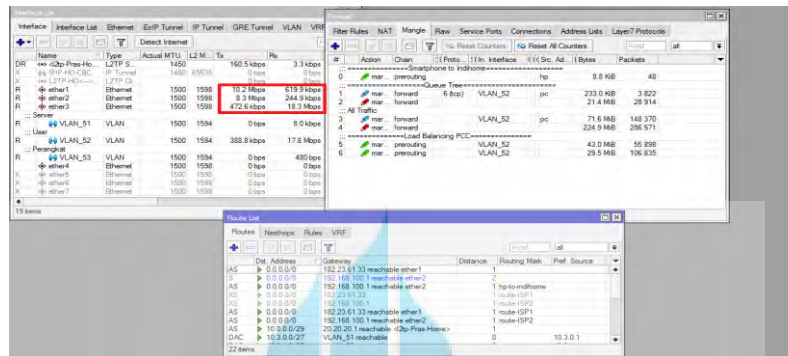
- Bagian 1 (ISP 1 Down):** The 'Routing Mark' column shows that routes for destinations 10.3.0.0/24, 10.3.1.0/24, and 10.3.2.0/24 are now marked with '1' (ISP 1), indicating a failover to ISP 1.
- Bagian 2 (ISP 2 Down):** The 'Routing Mark' column shows that routes for destinations 10.5.3.253/27, 10.5.3.224/24, and 182.23.100.0/24 are now marked with '2' (ISP 2), indicating a failover to ISP 2.

Gambar 6. Pengujian *Failover*.3. Pengujian *load balancing*

Pengujian *load balancing* yang digunakan menggunakan metode PCC (*Per Connection Classifier*) agar menggabungkan antara ISP 1 dan ISP 2 menjadi 1 koneksi sehingga batas kecepatan download dan upload menjadi bertambah. Seperti pada Gambar 7 menunjukkan kecepatan *download* dan Gambar 8 menunjukkan kecepatan trafik *upload*.



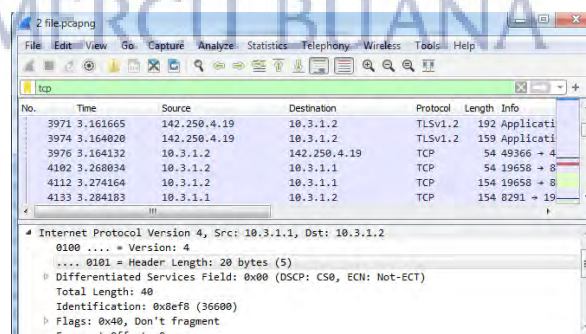
Gambar 7. Load Balancing PCC Download



Gambar 8. Load Balancing PCC Upload

4. Pengujian QoS

Setelah semua terkonfigurasi langkah berikutnya melakukan pengujian QoS (*Quality of Service*), pengujian QoS yang dilakukan adalah *Throughput*, *Delay*, *Packet Loss* dan *Jitter*. Skenario pengujian yang dilakukan adalah dengan cara klien men-download file di internet, melakukan streaming dan melakukan penjelajahan sosial media Instagram, simulasi QoS menggunakan 3 buah PC dengan masing-masing mendapatkan kecepatan *bandwidth* sebesar 10 Mbps. Untuk men-capture trafik download menggunakan aplikasi *wireshark* seperti pada Gambar 9 sehingga memperoleh data dari hasil pengukuran *throughput*, *delay*, *packet loss* dan *jitter* seperti pada Tabel 1



Gambar 9. Trafik Di Aplikasi Wireshark

Nama PC	Aktifitas	Throughput (KB)	Delay	Jitter	Packet Loss
PC 1	File	3525 KB	0.0 sec	0.0 ms	0.01%
	Streaming	2294 KB	0.2 sec	0.1 ms	0%
	Instagram	1818 KB	0.1 sec	0.0 ms	0.05%
PC 2	File	3633 KB	0.1 sec	0.1 ms	0.08%
	Streaming	933 KB	0.0 sec	0.0 ms	0.03%
PC 3	Instagram	1018 KB	0.0 sec	0.1 ms	0.02%
	File	4192 KB	0.1 sec	0.1 ms	0.1 %
	Streaming	4322 KB	0.0 sec	0.01 ms	0.01

Instagram	883 KB	0.01 sec	0.08 ms	0.07%
-----------	--------	----------	---------	-------

Tabel 1. Analisis QoS Jaringan Kantor Cabang.

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Pada tahap ini akan dibahas tentang hasil penerapan teknik load balancing failover dan manajemen bandwidth queue tree dengan teknik connecion rate. Untuk menerapkan load balancing failover dibutuhkan lebih dari 1 ISP, oleh sebab itu penelitian kali ini menggunakan 2 ISP yang telah disesuaikan dengan kebutuhan Sumber Daya Manusia karyawan. Konfigurasi dasar pada mikrotik dapat menggunakan software khusus yang digunakan yaitu winbox.

#### 3.1. IP Address

Proses dalam melakukan konfigurasi dimulai dengan konfigurasi IP address sesuai dengan jaringan yang ada pada lokasi penelitian yang ada pada kantor cabang dapat dilihat pada [Tabel 2](#)

IP address	Gateway	Netmask	Keterangan
182.23.xx.xx/29	182.23.xx.xx	255.255.255.248	Internet ISP 1
192.168.xx.xx/24	192.168.xx.xx	255.255.255.0	Internet ISP 2
10.5.2.254/27	10.5.2.254	255.255.255.224	Management
10.3.2.1/27	10.3.2.1	255.255.255.224	Perangkat
10.3.1.1/25	10.3.1.1	255.255.255.128	LAN

Tabel 2. IP Address Jaringan Router Kantor Cabang

[Tabel 2](#) menjelaskan penomoran IP address yang ditetapkan router di setiap interface. Range dari IP Address untuk jaringan local yaitu 10.3.1.1 – 10.3.1.128.

#### 3.2. QoS (Quality of Services)

Throughput Yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. [Persamaan 1](#) merupakan perhitungan throughput:

No	Kategori	Throughput
1	Sangat Baik	> 100 kbit/s
2	Baik	75 – 100 kbit/s
3	Sedang	50 – 75 kbit/s
4	Buruk	< 25 kbit/s

$$\text{Throughput} = \frac{\text{data yang dikirim}}{\text{lama durasi pengamatan}} \quad (1)$$

Tabel 3. Nilai standar Throughput

Delay (Latency) Adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ketujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Menurut versi TIPHON [10] besarnya delay dapat diklasifikasikan dan [Persamaan 2](#) merupakan perhitungan delay sebagai berikut:

No	Kategori	Delay
1	Sangat Baik	< 150 ms
2	Baik	150 – 250 ms
3	Sedang	250 – 450 ms
4	Buruk	> 450 ms

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total Packet terima}} \quad (2)$$

Tabel 4. Nilai standar Delay

Packet loss adalah suatu parameter yang dapat menunjukkan jumlah total paket yang hilang[10]. Untuk menemukan nilai parameter packet loss dapat dihitung menggunakan rumus perhitungan pada [Persamaan 3](#).

No	Kategori	Packet Loss
1	Sangat Baik	0 %
2	Baik	0 - 3 %
3	Sedang	3 - 15 %
4	Buruk	> 25 %

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{packet dikirim} - \text{packet terima})}{\text{Packet dikirim}} \times 100 \quad (3)$$

Tabel 5. Nilai Standar Packet Loss

*Jitter* lazimnya disebut variasi delay. Terdapat empat kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai peak jitter sesuai dengan versi TIPHON[10], [Persamaan 4](#) merupakan perhitungan jitter sebagai berikut:

No	Kategori	Peak Jitter
1	Sangat Baik	0 ms
2	Baik	0 – 75 ms
3	Sedang	75 – 125 ms
4	Buruk	125 – 225 ms

$$Jitter = \frac{\text{variasi delay}}{\text{Packet terima} - 1} \quad (4)$$

Tabel 6. Nilai Standar Jitter.

### 3.3. Pengujian QoS

Pengujian QoS dibagi menjadi 2 bagian, pada bagian yang pertama pengujian QoS dilakukan ketika penggunaan internet kurang dari kapasitas download sebesar 10 MB dengan kecepatan bandwidth 5Mbps. Pada bagian ini dilakukan pengujian dengan men-download file, streaming video dan aktifitas sosial media Instagram. Seperti pada [Tabel 7](#) hasil QoS dengan kecepatan bandwidth 5 Mbps masih sangat baik.

Nama PC	Aktifitas	Throughput (KB)	Delay	Jitter	Packet Loss
PC 1	File	3757	0.0 sec	0.0 ms	0.1 %
	Streaming	1597	0.2 sec	0.2 ms	0.0 %
	Instagram	1220	0.0 sec	0.0 ms	0.1 %
PC 2	File	3832	0.1 sec	0.1 ms	0.0 %
	Streaming	1394	0.0 sec	0.0 ms	0.0 %
	Instagram	758	0.0 sec	0.0 ms	0.2 %
PC 3	File	4206	0.1 sec	0.1 ms	0.0 %
	Streaming	5332	0.1 sec	0.1 ms	0.0 %
	Instagram	1003	0.3 sec	0.3 ms	0.0 %

Tabel 7. QoS kecepatan Bandwidth 5 Mbps

Name	Parent	Packet Marks	Max Limit	Avg. Rate	Queued Bytes	Bytes	Packets
Download	VLAN_52		20M	5.0 Mbps	0 B	66.1 MiB	110 523
1. Sma...	Download	packet-small-traffic	5M	5.0 Mbps	0 B	54.2 MiB	94 752
2. Big ...	Download	packet-big-traffic	20M	42.2 kbps	0 B	11.8 MiB	15 771
Upload	ether1		15M	839.1 kbps	0 B	34.4 MiB	95 277
1. Sma...	Upload	packet-small-traffic	5M	166.7 kbps	0 B	29.0 MiB	80 437
2. Big ...	Upload	packet-big-traffic	15M	672.3 kbps	0 B	5.4 MiB	14 840

Gambar 10. Queue Tree Bandwidth 5 Mbps

Pada [Gambar 10](#) memperlihatkan bahwa limitasi bandwidth manajemen menggunakan Queue Tree di konfigurasi sebesar 5 Mbps. Ketika sudah mencapai batas maksimal download sebesar 10 MB maka koneksi akan dialihkan ke batas limitasi 10 Mbps. Seperti pada [Gambar 11](#).

Kemudian pengujian QoS yang kedua yaitu penggunaan internet yang melebihi dari kapasitas *download* sebesar 10 MB dengan kecepatan *bandwidth* 10Mbps. Bagian ini dilakukan pengujian dengan men-download file, *streaming* dan aktifitas sosial media Instagram. Hasil pengujian QoS terdapat pada [Tabel 8](#) masih dalam *range* sangat baik.

Nama PC	Aktifitas	Throughput (KB)	Delay	Jitter	Packet Loss
PC 1	File	6733	0.0 sec	0.0 ms	0.0 %
	Streaming	3763	0.0 sec	0.0 ms	0.0 %
	Instagram	1404	0.0 sec	0.0 ms	0.0 %
PC 2	File	6750	0.0 sec	0.0 ms	0.0 %
	Streaming	1584	0.2 sec	0.3 ms	0.0 %
	Instagram	1765	0.2 sec	0.2 ms	0.1 %

PC 3	File	6995	0.1 sec	0.1 ms	0.0 %
	Streaming	1243	0.2 sec	0.2 ms	0.0 %
	Instagram	1359	0.0 sec	0.0 ms	0.0 %

Tabel 8. QoS kecepatan Bandwidth 10 Mbps

Name	Parent	Packet Marks	Max Limit	Avg. Rate	Queued Bytes	Bytes	Packets
Download	VLAN_52		20M	10.0 Mbps	0 B	251.8 ...	306 274
1. Sma...	Download	packet-small-traffic	5M	12.7 kbps	0 B	110.8 ...	156 018
2. Big ...	Download	packet-big-traffic	20M	9.9 Mbps	0 B	141.0 ...	150 256
Upload	ether1		15M	812.5 kbps	0 B	71.3 MiB	245 218
1. Sma...	Upload	packet-small-traffic	5M	63.8 kbps	0 B	34.7 MiB	125 788
2. Big ...	Upload	packet-big-traffic	15M	748.6 kbps	0 B	36.7 MiB	119 430

Gambar 11. Queue Tree Bandwidth 10 Mbps

### 3.4. Hasil Pengujian Failover

Pengujian failover dilakukan dengan melakukan pengecekan IP dari masing-masing ISP, ISP 1 menggunakan IP Static yang mana IP Address tersebut diberikan oleh pihak ISP dan men-setting nya secara manual. Sedangkan pada ISP 2 diberikan IP Dynamic yaitu kita mendapatkan IP Address secara random oleh pihak ISP.

Pada [Gambar 12](#) pengujian terhadap ISP 1 yang mengalami *downtime* secara langsung ISP 2 mengambil alih koneksi yang berjalan.

Dest. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
0.0.0.0/0	182.23.0.0 unreachable	1		
AS	192.168.0.0 reachable ether2	2		
AS	192.168.0.0 reachable ether2	1	hp-to-indhome	
S	182.23.0.0 unreachable	1	route-ISP1	
AS	192.168.0.0 reachable ether2	1	route-ISP2	
S	10.0.0.0/29	1		
DAC	10.3.0.0/27 VLAN_51 reachable	0		10.3.0.1
DAC	10.3.1.0/25 VLAN_52 reachable	0		10.3.1.1
DAC	10.3.2.0/27 VLAN_53 reachable	0		10.3.2.1
XS	10.4.2.0/24 L2TP-HD<->-CBC	1		

Gambar 12. ISP 1 Mengalami *Down*

Kemudian pengujian ketika ISP 2 mengalami *downtime*, secara langsung ISP 1 mengambil alih koneksi yang berjalan seperti pada konfigurasi *route* yang terdapat pada [Gambar 13](#).

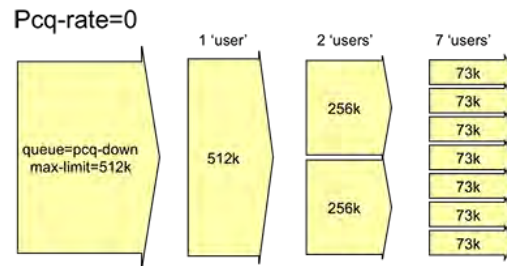
Dest. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
AS	182.23.0.0 reachable ether1	1		
S	192.168.0.0 unreachable	2		
S	192.168.0.0 unreachable	1	hp-to-indhome	
AS	182.23.0.0 reachable ether1	1	route-ISP1	
S	192.168.0.0 unreachable	1	route-ISP2	
AS	10.0.0.0/29	1		
DAC	10.3.0.0/27 VLAN_51 reachable	0		10.3.0.1
DAC	10.3.1.0/25 VLAN_52 reachable	0		10.3.1.1
DAC	10.3.2.0/27 VLAN_53 reachable	0		10.3.2.1
XS	10.4.2.0/24 L2TP-HD<->-CBC	1		

Gambar 13. IP *Public* Berubah ke IP yang diberikan oleh ISP

### 3.5. Simple Queue

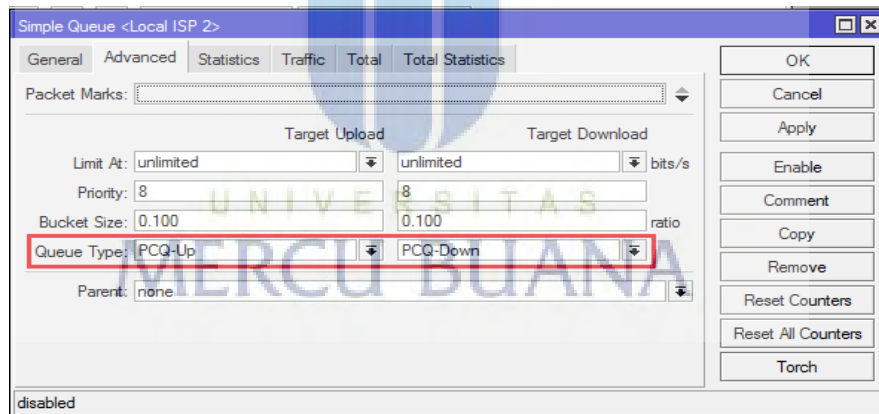
Ketika ISP 1 mengalami down, maka ISP 2 mengambil alih koneksi internet. Untuk meminimalisir overload saat ISP 2 mengambil alih koneksi, maka penulis menerapkan manajemen bandwidth menggunakan Simple Queue. Dalam perhitungan kecepatan bandwidth jumlah perangkat yang terhubung tidak dapat diprediksi. Maka dari itu, penulis memanfaatkan fitur Mikrotik yang dinamakan PCQ (Per Connection Queue).

PCQ merupakan salah satu cara melakukan manajemen bandwidth yang sederhana dimana PCQ bekerja dengan sebuah algoritma yang akan membagi bandwidth secara merata ke sejumlah client yang aktif [11]. Cara kerja PCQ adalah dengan menambahkan sub-queue, berdasar classifier tertentu. [Gambar 14](#) merupakan cara kerja PCQ dengan parameter PCQ-Rate = 0.



Gambar 14. Skema PCQ untuk Simple Queue ISP 2 Ketika ISP 1 Down

Pada konfigurasi Simple Queue diberikan limitasi bandwidth sebesar 4 Mbps untuk kecepatan upload dan 10 Mbps untuk kecepatan download dan pada Simple Queue ini dilakukan menggunakan algoritma PCQ agar pembagian bandwidth dapat dibagi secara merata ke setiap klien yang terhubung kedalam infrastruktur jaringan seperti pada [Gambar 15](#) dan [Gambar 16](#). Namun pada konfigurasi simple queue ini harus dinonaktifkan fungsinya agar tidak terjadi bentrok pada queue tree yang berjalan. Simple queue akan diaktifkan ketika ISP 1 mengalami down.



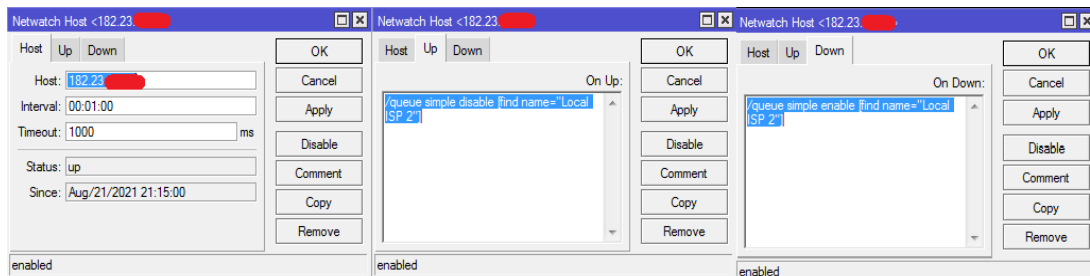
Gambar 15. Konfigurasi PCQ pada Simple Queue

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Upload	Download
0	Local	10.3.1.0/25	unlimited	unlimited	0 bps	0 bps
1 X	Local ISP 2	10.3.1.0/25	5M	8M	0 bps	0 bps

2 items (1 selected) | 0 B queued | 0 packets queued

Gambar 16. Simple Queue yang sudah dikonfigurasi

Pada saat simple queue dalam posisi disable, kemudian untuk otomatisasi enable pada konfigurasi simple queue maka diperlukannya monitoring untuk suatu kondisi host yang dituju. Pada sistem jaringan menambahkan konfigurasi Netwatch agar ketika ISP 1 mengalami down maka simple queue menjadi aktif agar dapat mem-backup koneksi ISP 2 agar tidak terjadi overload seperti pada [Gambar 17](#).



Gambar 17. Konfigurasi Netwatch untuk Simple Queue

Kemudian pada [Gambar 18](#) merupakan pengujian trafik yang menggunakan PCQ sehingga kecepatan yang didapatkan oleh tiap perangkat yaitu sebesar 2 Mbps.

Et...	Prot...	Src.	Dest.	VLAN Id	DSCP	Tx Rate	Rx Rate	Tx Pack...	Rx Pa...
800 (p)		10.3.1.4	0.0.0.0			2.0 Mbps	44.2 kbps	175	8
800 (p)		10.3.1.10	0.0.0.0			1935.1 kbps	35.0 kbps	165	7
800 (p)		10.3.1.6	0.0.0.0			2.0 Mbps	41.7 kbps	176	8
800 (p)		10.3.1.13	0.0.0.0			2.0 Mbps	41.7 kbps	176	8
800 (p)		10.3.1.27	0.0.0.0			0 bps	0 bps	0	

5 items | Total Tx: 8.1 Mbps | Total Rx: 162.7 kbps | Total Tx Packet: 692 | Total Rx Packet: 336

Gambar 18. Trafik ketika sudah menggunakan PCQ

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu konfigurasi implementasi load balancing failover yang dapat mem-backup koneksi antara ISP 1 dan ISP 2 dimana ketika ISP 1 mengalami down maka ISP 2 mengambil alih koneksi tersebut dan juga membedakan antara jalur yang digunakan oleh smartphone dan PC atau laptop, dimana untuk user PC atau laptop menggunakan ISP 1 dan user smartphone menggunakan ISP 2.

Agar tidak terjadi overload pada kedua jalur saat salah satu terjadi downtime maka dilakukan implementasi manajemen bandwidth dengan queue tree dan simple queue sehingga mendapatkan koneksi yang optimal saat salah satu manajemen bandwidth mengalami disable.

#### REFERENSI

- [1] K. Nugroho, "Switch & Multilayer Switch Cisco," Bandung: Informatika, 2017, hal. 112.
- [2] R. Pambudi dan M. A. Muslim, "Implementasi Policy Base Routing dan Failover Menggunakan Router Mikrotik untuk Membagi Jalur Akses Internet di FMIPA Unnes," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 5, no. 2, hal. 57, 2017, doi: 10.14710/jtsiskom.5.2.2017.57-61.
- [3] F. S. Rahmad Dani, "Perancangan dan Pengujian Load Balancing dan Failover Menggunakan Nginx," *J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 1, hal. 43–50, 2017.
- [4] I. Sujarwo, D. Desmulyati, dan I. Budiawan, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Pcc (Per Connection Classifier) Di Universitas Krisnadwipayana," *JITK (Jurnal Ilmu Pengetah. dan Teknol. Komputer)*, vol. 5, no. 2, hal. 171–176, 2020, doi: 10.33480/jitk.v5i2.1184.
- [5] A. Mustofa dan 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, hal. 139, 2020, doi: 10.25126/jtiik.2020701638.



- [6] J. Triyono, C. Iswahyudi, P. Studi, T. Informatika, dan F. T. Industri, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Connection Traffic Rate Priority (Studi Kasus Laboratorium Komputer Jaringan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)," *Jarkom*, vol. 5, no. 2, hal. 126–134, 2017.
- [7] M. Safar, E. Budiman, dan M. Taruk, "Implementasi Mikrotik Sebagai Optimalisasi Bandwidth Management Dengan Metode Queue Tree Pada Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Timur," *Jurti*, vol. 4, no. 1, hal. 77–85, 2020.
- [8] D. Stiawan, "Internet Working Development and Design Life Cycle," *[Online]*, 2009. <http://deris.unsri.ac.id/?p=660>.
- [9] A. Husni, E. Budiman, M. Taruk, dan H. J. Setyadi, "Teknik Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) Untuk Mengukur Beban Traffic Di Diskominfo Tenggara," *Pros. Semin. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, hal. 103–109, 2018.
- [10] ETSI, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)," *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol. 1, hal. 1–37, 1999.
- [11] Mikrotik.co.id, "Bandwidth Management untuk Dynamic User," *[Online]*. [https://citraweb.com/artikel\\_lihat.php?id=98](https://citraweb.com/artikel_lihat.php?id=98).



## KERTAS KERJA

### Ringkasan

Kertas kerja ini merupakan penjelasan dari tugas akhir penulis yang berjudul Implementasi Connection Rate dan Load Balancing Failover untuk Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree di PT Pundi Kencana. Kertas kerja ini terdiri dari literature review, analisis dan perancangan, source code, dataset, tahapan eksperimen, dan hasil semua eksperimen secara keseluruhan.

