



Article DOI: 10.36350/jbs.v13i2.209
Received: May; Accepted: June; Published: July

Penerapan Metode *Per Connection Classifier* dan *Failover* Untuk Meningkatkan Optimasi Koneksi Jaringan Internet

Aris Aditya Nugraha¹, Arif Harbani^{2*}

¹Teknik Informatika/Universitas Binaniga Indonesia

Email: arisadityanug@gmail.com

²Teknik Informatika/Universitas Binaniga Indonesia

Email: arif@unbin.ac.id

*) *Corresponding Author*

ABSTRACT

The need for internet access is currently very high considering the need to search for information, articles or the latest knowledge. Many agencies or companies have integrated the internet network into their main needs in carrying out a goal in order to achieve the vision or mission of the agency or company that must be completed in accordance with the business processes that have been made. Basically, all companies want an internet connection that is effective and efficient in its use. Therefore, a solution arises from the existing problem to use two Internet Service Providers and make the proxy router a Load Balancer. The mechanism is that the proxy balances the load on an existing network. Based on the system development method used, namely the Network Development Life Cycle (NDLC), before determining the load balancing method used, an analysis of the traffic conditions running on a network is carried out and monitoring to obtain history on a network. The selection of Per Connection Classifier Load Balancing can meet the criteria because it optimizes existing connections so that there is no buildup or overload. Application of the Failover Technique, that is, if one connection from the ISP is lost, it will automatically look for a gateway that is used as a backup so that it can back up all network traffic. In addition to Load Balancing and Failover, bandwidth management is also implemented according to the needs and characteristics of user usage. In the results obtained from the evaluation for the Network Expert Test, there are results with a feasibility presentation of 100%, which means it is categorized as "Very Eligible". all statements submitted are Valid and Reliable.

Keywords: *PCC Load Balancing, Mikrotik, Internet Network, NDLC, Failover, ISP, Bandwidth Management*

ABSTRAK

Kebutuhan akses internet saat ini sangat tinggi mengingat diperlukannya pencarian informasi, artikel ataupun pengetahuan terbaru. Banyak instansi atau perusahaan yang telah mengintegrasikan jaringan internet kedalam kebutuhan utama dalam menjalankan suatu tujuan demi tercapainya visi atau misi dari instansi atau perusahaan yang harus diselesaikan sesuai dengan proses bisnis yang telah dibuat. Pada dasarnya semua perusahaan menginginkan suatu koneksi internet yang efektif dan efisien dalam penggunaannya. Oleh karena itu timbul solusi dari permasalahan yang ada untuk menggunakan dua Internet Service Provider dan menjadikan router mikrotik sebagai Load Balancer. Mekanismenya yaitu mikrotik menyeimbangkan beban pada sebuah jaringan yang ada. Berdasarkan metode pengembangan sistem yang digunakan, yaitu Network Development Life Cycle (NDLC), maka sebelum menentukan metode load balancing yang digunakan dilakukan analisis terhadap kondisi traffic yang berjalan pada suatu jaringan dan melakukan monitoring

untuk mendapatkan history yang berada pada suatu jaringan. Pemilihan Per Connection Classifier Load Balancing dapat memenuhi kriteria karena mengoptimasi dari koneksi yang ada sehingga tidak terjadi penumpukan atau overload. Penerapan Teknik Failover, yaitu dimana jika salah satu koneksi dari ISP terputus, maka otomatis mencari gateway yang dijadikan backup agar dapat melakukan backup pada semua traffic jaringan. Selain dengan Load Balancing dan Failover juga diterapkan management bandwidth sesuai dengan kebutuhan serta karakteristik dari pemakaian user. Pada hasil yang diperoleh dari evaluasi untuk Uji ahli jaringan terdapat hasil dengan presentasi kelayakan 100 % yang artinya dikategorikan "Sangat Layak", Uji pengguna terdapat hasil dengan presentasi kelayakan 85 % yang artinya dikategorikan "Sangat Layak" dan hasil dari uji Validitas dan Reabilitas dapat disimpulkan pada semua pernyataan yang diajukan adalah Valid dan Reliabel.

Keywords: PCC Load Balancing, Mikrotik, Jaringan Internet, NDLC, Failover, ISP, Management Bandwidth.

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kehadiran teknologi telah mengubah cara berkomunikasi dan mengakses informasi. Untuk memenuhi kebutuhan akan kecepatan akses informasi, perusahaan atau instansi dapat melakukan penambahan jalur internet yang dapat meningkatkan kapasitas dan kecepatan akses, sehingga dapat menampung penggunaan *bandwidth* secara optimal. Pembagian penggunaan jalur-jalur internet dapat diatur dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

Selain itu, teknik *load balancing* dapat diterapkan untuk memaksimalkan penggunaan jalur-jalur internet yang tersedia. Dengan menerapkan *load balancing*, lalu lintas jaringan dapat dibagi secara proporsional, sehingga menghindari terjadinya overload pada satu jalur tertentu dan memastikan penggunaan jalur-jalur internet secara efisien.

Selain *load balancing*, penerapan teknik *failover* juga penting untuk menjaga ketersediaan layanan. *Failover* adalah proses otomatis yang terjadi ketika *internet primary* mengalami masalah atau *down*. Dengan adanya *failover*, layanan yang disediakan tetap dapat berjalan meskipun terjadi masalah pada internet utama.

Dengan mengoptimalkan penggunaan jalur-jalur internet, menerapkan teknik *load balancing*, dan memiliki *failover* sebagai backup, perusahaan atau instansi dapat memastikan ketersediaan dan kecepatan akses informasi yang optimal bagi pengguna.

Metode *load balancing* terdiri dari *Static Route* dengan *Address List*, *Equal Cost Multi Path* (ECMP), *Nth*, dan *Per Connection Classifier* (PCC), sedangkan untuk *Failover* biasanya digunakan parameter *check-gateway* dan *distance* atau menggunakan *script*. Pada penelitian ini dipakai metode *Per Connection Classifier* adalah metode yang mengarahkan lalu lintas berdasarkan koneksi individu. Setiap koneksi ditentukan oleh kombinasi alamat IP sumber dan tujuan, serta port.

2. Permasalahan

Berdasarkan latarbelakang diatas, maka berikut ini adalah permasalahan yang ada:

- a. Teknologi yang saat ini digunakan belum optimal dalam penanganannya sehingga mengakibatkan terganggunya kinerja.
- b. Perlunya penambahan ISP tambahan agar optimal dalam kinerja pegawai.
- c. Perlunya *management bandwidth* agar koneksi internet setiap pengguna optimal

3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mendapatkan penggabungan pembagian dan penambahan *bandwidth* antara dua ISP (*Internet Service Provider*) yang berbeda.
- b. Mendapatkan proses optimasi dan efektif untuk layanan server pada jaringan internet.
- c. Dapat meningkatkan bandwidth yang dihasilkan.
- d. Mengembangkan prototype Penerapan *Per Connection Classifier* dan *Failover* untuk meningkatkan performa Jaringan Internet.

4. Tinjauan Pustaka

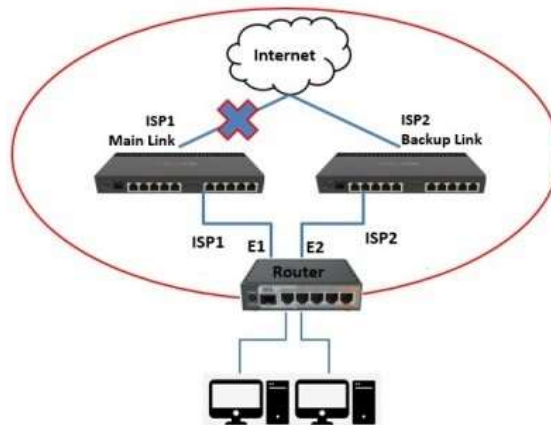
a. Load Balancing

Menurut (Purnomo, 2022, p. 25) mengemukakan adalah teknik untuk melakukan distribusi beban traffic pada jaringan yang memiliki dua isp atau lebih pada jalur koneksi dengan secara bersamaan atau seimbang, agar beban dari traffic dapat berjalan secara optimal dan dapat menghindari downtime koneksi. dan menghindari pemutusan pada jalur koneksi dapat dilakukan dengan cara memaksimalkan beberapa parameter yaitu delay, packet loss, jitter, availability dan throughput menggunakan software dari winbox.

b. Failover

Menurut (Sofana, 2017, p. 18) failover adalah metode pada jaringan yang dapat menghindari downtime pada koneksi yang dapat digunakan pada dua/lebih isp. cara kerjanya pada jalur utama akan dibuat mainlink dan jalur lainnya akan difungsikan sebagai jalur backup.

Mekanisme pengecekan failover, biasanya hanya mengecek jalur terdekat yaitu Router Gateway atau ISP.



Gambar 1. Penggunaan Failover

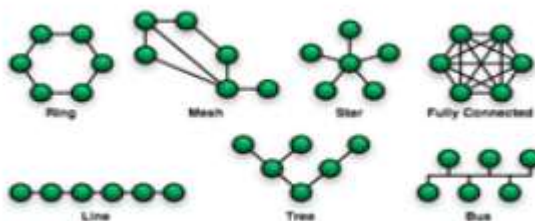
c. Bandwith

Menurut (Madcoms, 2017, p. 38) mengemukakan bahwa Definisi dari bandwidth adalah banyaknya ukuran suatu data atau informasi yang dapat berkomunikasi dari satu tempat ke tempat lain dalam sebuah jaringan di waktu tertentu, manajemen bandwidth adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan pembagian dan pengoptimalan pada kapasitas jaringan dengan menerapkan layanan Quality of Service (QOS) untuk menetapkan lalu lintas jaringan.

d. Jaringan Komputer

Menurut (Forouzan, 2017, p. 67) mengemukakan bahwa jaringan komputer adalah hubungan dari sejumlah perangkat yang dapat saling berkomunikasi dari satu perangkat ke perangkat lainnya (*a network is a interconnection of a set of devices capable of communication*), perangkat tersebut bisa berupa komputer, smartphone, tablet dan perangkat penghubung hardware.

Topologi jaringan adalah interkoneksi antara node pada sebuah jaringan baik secara logis maupun fisik pada topologi dapat digunakan untuk melakukan pencatatan secara fisik dari jaringan, topologi fisik adalah cara yang dimana dapat menghubungkan workstation-workstation di dalam jaringan Local tersebut.



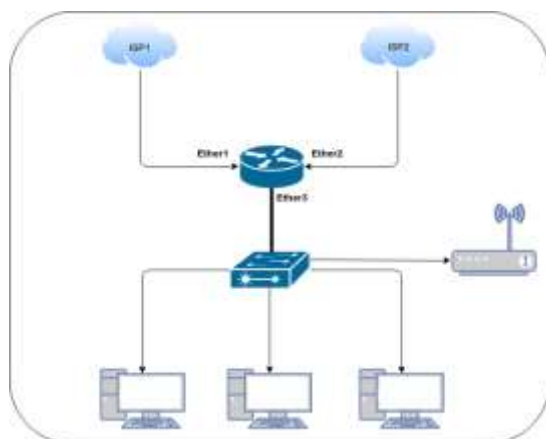
Gambar 2. Node Topologi Jaringan

B. METODE

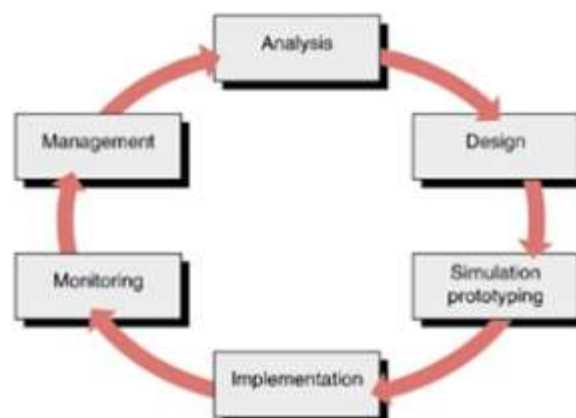
1. Model yang diusulkan

Per Connection Classifier (PCC) merupakan metode yang menspesifikasikan suatu paket menuju gateway koneksi tertentu. melakukan pengklasifikasian pada suatu aket yang menuju ke ISP gateway, PCC dapat mengklompokan koneksi yang masuk dan keluar dari router menjadi beberapa kelompok. lalu router akan melakukan record pada gateway yang telah dilewati di awal traffic pada koneksi, sehingga pada paket yang ada selanjutnya akan tetap berkaitan dengan paket sebelumnya dan akan dilakukan hal yang sama pada jalur gateway yang sama.

Dalam melakukan pendekatan pengembangan sistem dengan menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC) untuk mengimplementasikan Kondep Load Balancing pada sebuah jaringan yang mempunyai perumusan masalah. NDLC mempunyai beberapa alur kerja dalam mengembangkan susatu sistem jaringan.



Gambar 3. Model Per Connection Classifier



Gambar 4. Model NDLC

2. Uji Coba

Subjek yang akan dilakukan uji coba, harus di memiliki karakteristik yang sesuai dengan apa yang akan di uji, subjek uji coba ini akan dilakukan terhadap pengguna internet berjumlah 10 orang dengan jabatan Pejabat Struktural, Arsiparis, dan Pegawai Honorer pada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam hal ini Bagian Kearsipan dan Dokumentasi, dan subjek uji coba yang dilakukan pada ahli dalam penelitian ini yaitu 1 orang bagian IT dan 1 orang Dosen Universitas Binaniaga Indonesia.

3. Instrumen Penelitian

a. Instrumen Ahli

Berikut adalah instrument untuk ahli

Tabel 1, Instrumen Ahli

No	Aspek penilaian	Indikator
1	Komponen input	User Inteface
		Interaksi Jaringan

2	Komponen Model	Prosedur Jaringan
		Proses Jaringan
3	Komponen Output	Ketetapan Informasi
		Perkembangan Informasi
4	Komponen Teknologi	Waktu Respon
		Keluwesannya Jaringan
5	Komponen Kontrol	Kemampuan Jaringan
6	Arsitektur Data	Isi data pada jaringan

b. Instrumen Pengguna

Berikut adalah instrument untuk pengguna

Tabel 2. Instrumen Pengguna

No	Aspek Penelitian	Indikator
1	Kerahasiaan	Kelengkapan (Completeness)
		Keseksamaan (Precision)
		Reabilitas (Reability)
		Keluarah (Output)
2	Kepemilikan Jaringan	Fleksibilitas Jaringan (Networking Flexibility)
		Integrasi Jaringan (Networking Integration)
		Waktu Respon (Time to Respon)
		Pemulihan Kesalahan (Error Recovery)
		Kenyamanan Akses (Convinience Of Access)
		Bahasa (Language)
3	Integritas data	Jaminan (Assurance)
		Empati (Emphaty)
		Tanggapan (Responsiveness)
4	Autentikasi	Waktu Penggunaan Harian (Daily use time)
		Frekuensi Pengguna (Frequency of use)
5	Ketersediaan	Pembelian Ulang (Repeat Purchase)
		Pengunjung Ulang (Repeat Visit)
6	Utilitas	Kecepatan Menyelesaikan Tugas (Speed of Completeing Task)
		Kinerja Pekerjaan (Job performance)
		Efeksifitas

4. Teknik Analisa Data

Menurut Sugiyono (2010, p.134), Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang terhadap fenomena sosial. Jawaban setiap item instrumen yang menggunakan Skala Likert mempunyai gradasi dari sangat positif sampai sangat negatif. Penelitian ini menggunakan kuesioner yang terdapat lima macam jawaban dalam setiap item pertanyaan. Berikut ini tabel skala Likert dan bobot data yang diberi skor ada dalam tabel 3.

Tabel 3. Skala Likert

No	Kategori	Skor
1	Sangat Setuju (SS)	5
2	Setuju (S)	4
3	Kurang Setuju (KS)	3
4	Tidak Setuju (TS)	2
5	Sangat Tidak Setuju (STS)	1

Dalam penelitian ini metode analisis data dengan menggunakan presentasi kelayakan. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Presentasi kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diobservasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

Hasil presentase digunakan untuk memberikan jawaban atas kelayakan atas aspek-aspek yang diteliti. Menurut Arikunto (2009, p.44), pembagian kategori kelayakan ada lima. Skala ini memperhatikan rentang dari bilangan persentase. Nilai maksimal yang diharapkan adalah 100% dan minimum 0%. Pembagian rentang kategori kelayakan menurut Arikunto (2009, p.44),

Tabel 4. Interpretasi Persentase Kelayakan

Persentase Pencapaian	Interpretasi
<21%	Sangat Tidak Layak
21% - 40%	Tidak Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

(Sumber : Arikunto, 2009, p.44)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

a. Analisa Kebutuhan

Tahapan ini dilakukan dengan mengumpulkan kebutuhan yang dilanjutkan dengan analisis kebutuhan untuk mendapatkan hasil analisis yang diterapkan dalam pengembangan aplikasi yang dilakukan dengan cara:

1. Observasi: Pengamatan dilakukan dengan mengamati cara langsung prosedur pemeliharaan dan topologi yang dilakukan oleh Tim IT.
2. Pernyataan Umum: Kurangnya kapasitas dan kurang tepatnya konfigurasi pada jaringan menyebabkan proses kerja dari pegawai terganggu dan perlu dilakukan penambahan ISP kedua perlunya konfigurasi dan optimasi jaringan.
3. Deskripsi: Pada tahap ini menganalisis dan merumuskan masalah yang terjadi di Kantor Sub Bagian Kearsipan dan Dokumentasi mengenai performa jaringan internet dengan memastikan tidak terjadi kelebihan beban pada pada salah satu server adalah konsep dari *load balancing*. Kemampuan suatu sistem untuk berpindah ke sistem cadangan adalah konsep dari *failover* serta pembagian kapasitas sesuai karakteristik pengguna/pegawai adalah konsep dari *management bandwidth*.
4. Kesimpulan: Pada sistem yang berjalan untuk mengetahui karakteristik penggunaan tentang penggunaan internet pada jaringan menggunakan tools *monitoring* Torch. Hal ini dapat berguna agar implementasi *load balancing* dapat berjalan dengan baik dan efektif serta optimal.

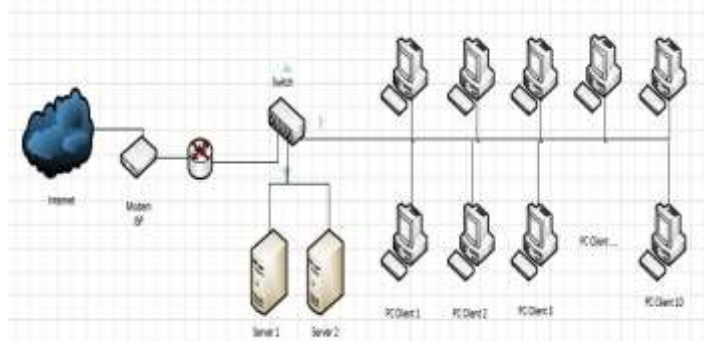
b. Hasil Analisa Load Balancing

Peneliti memilih *load balancing* dimana konsepnya adalah mendistribusikan beban kerja pada dua atau lebih koneksi jaringan secara seimbang agar perkerjaan pegawai dapat berjalan dengan baik dan optimal dan tidak membebani (*Overload*). Jaringan terdiri dari 2 PC Server dan 10 PC klien. Gambar 5 adalah contoh topologi yang digunakan pada Sub Bagian Kearsipan dan Dokumentasi.

Pada tahap selanjutnya digunakan aplikasi Torch untuk menganalisa dan memonitor jaringan selama 1 minggu. Berikut tampilan gambar 6 dari tools Torch pada aplikasi winbox. Setelah melakukan pemantauan pada aplikasi Torch di winbox, hal penting untuk memilih metode *load balancing* yang tepat untuk digunakan pada jaringan Sub Bagian Kearsipan dan Dokumentasi. Tabel 5 dibawah ini adalah laporan yang diambil dari presentase jumlah koneksi yang terjadi.

Dari beberapa aktifitas pada internet yang dianalisis menggunakan Torch memperoleh banyak alamat IP yang tidak dapat dimuat di browser. Dipilihnya metode PCC *load balancing* karena hubungan antara *client* dan *server* lebih terjamin dengan menggunakan satu jalur yang sama sehingga dapat meminimalkan terjadinya *overload* pada satu koneksi

ISP. Pada penelitian kali ini hanya port yang banyak digunakan yaitu port 443 (https) yang hanya menjadi *load balancing*.



Gambar 5. Topologi Pada Sub Bagian Kearsipan dan Dokumentasi

Gambar 6. Touch pada aplikasi Winbox

Tabel 5. Data aktifitas internet

No	IP Address	Port	Website	Presentase
1	74.125.171.74	443	Google.com	75%
2	142.250.4.132	443	Google.com	
3	157.240.208.61	443	WebWhatsapp.com	
4	74.125.200.119	443	Google.com	
5	172.217.194.190	443	Google.com	
6	157.240.235.63	443	Instagram.com	
7	157.240.235.15	443	Facebook.com	
8	74.125.200.155	443	Google.com	
9	172.217.194.94	443	Google.com	
10	157.240.208.60	443	WebWhatsapp.com	
11	8.214.101.25	443	Alibaba.com	20%
12	34.202.167.172	443	Amazon.com	
13	114.4.161.33	443	Indosat.com	
14	142.251.12.113	443	Google.com	
15	104.18.18.183	80	Youtube.com	
16	204.155.148.141	80	Youtube.com	
17	31.13.95.61	80	WebWhatsapp.com	
18	31.13.95.61	80	WebWhatsapp.com	

29	119.28.109.92	388886	Tencent.com (Game)	5%
20	171.98.112.97	9443	Mobile Legend (Game)	

c. Perancangan

1. Hardware

Perangkat keras yang digunakan pada aplikasi untuk *Load Balancing* adalah sebagai berikut: (1) Mikrotik Router RB1100AHx4 1U Rackmount; (2) PC Admin (HP All In One 24-G253D Y0P56AA); (3) Modem *Internet Service Provider* 1 CBN *Dedicated Internet* dengan kapasitas *Bandwidth* 20 Mbps; (4) Modem *Internet Service Provider* 2 Telkom Indonesia dengan kapasitas 10Mbps.

2. Software

Tabel 6. Spesifikasi Software

No	Software	Keterangan
1.	Mikrotik RouterOS Version 6	Sistem Operasi pada Mikrotik
2.	MS Windows 8, Windows 10 dan Windows 11	Sistem Operasi pada PC Admin dan <i>Client</i>
3.	Mikrotik Winbox x46	Software Graphical User Interface (GUI) untuk Mikrotik
4.	Browser Chrome terbaru	Software digunakan untuk <i>browsing</i> atau mengecek alamat IP

3. Desain Perancangan Proses

Tabel 4. Perancangan proses

Nama Perangkat	Interface	IP Address	Gateway	Keterangan
Mikrotik Router RB1100AHx4	ISP 1 (Eth - 1)	103.86.158.122/29	103.86.158.120	<i>Dedicated Internet</i> ISP 1
		103.86.158.123/29	103.86.158.120	
		103.86.158.124/29	103.86.158.120	
		103.86.158.125/29	103.86.158.120	
		103.86.158.126/29	103.86.158.120	
	LOKAL (Eth - 2)	192.168.1.1/24	192.168.1.0	Lokal <i>Client</i>
	ISP 2 (Eth -3)	192.168.100.100/24	192.168.100.0	Internet ISP 2
	Backup (Eth - 13)	10.10.1.1/30	10.10.1.0	Backup LINK
Switch	Ethernet	-	-	-
PC Admin	Ethernet	-	-	-
PC Client	Ethernet	-	-	-

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan proses bisnis lama masih memerlukan pergantian ISP secara manual dengan menyalakan salah satu port dari ISP yang berjalan secara terpisah jadi ketika perpindahan koneksi tersebut membutuhkan waktu down maksimal 5 sampai dengan 10 menit untuk kembali internet menyala/*Up* kembali, sedangkan dari proses bisnis baru menambahkan peran sistem dalam pengautomatisasian perpindahan ISP satu dengan yang lain dengan menggunakan metode *failover* tentunya sehingga internet tidak memerlukan kembali *setting* untuk perpindahan ISP.

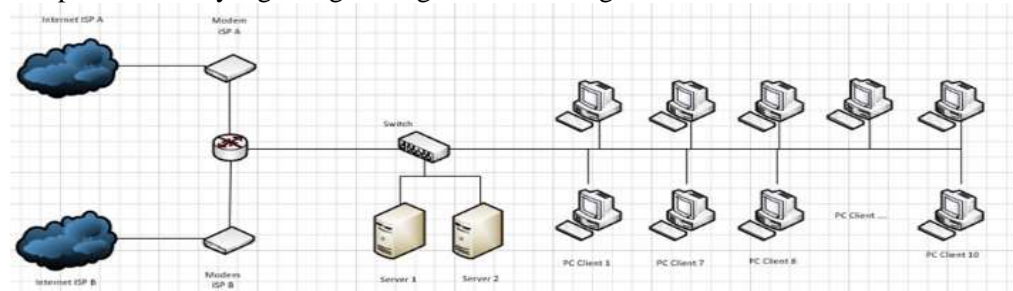
4. Perancangan Fisik

Salah satu cara dalam struktur jaringan yang berkaitan dengan alat yang digunakan agar implementasi *Per Connection Clasifier* dapat mudah dipahami dan cara cepat mengatasi masalah dalam jaringan. Gambar 7 merupakan topologi jaringan baru yang akan dibangun dengan 1 PC admin dan selebihnya dari sisi *client*.

Terdapat *interface* yang ada pada sisi router yaitu dengan penjelasan seperti berikut:

1. Interface ISP 1 merupakan *interface* yang sudah terkoneksi dengan jaringan melalui modem A atau *gateway* ISP 1.
2. Interface ISP 2 merupakan *interface* yang sudah terkoneksi dengan jaringan melalui modem B atau *gateway* ISP 2.

- Interface Lokal merupakan *interface* yang sudah terkoneksi dengan jaringan yang ada pada instansi yang menghubungkan router dengan *client*.



Gambar 7. Topologi Jaringan dengan Load Balancing

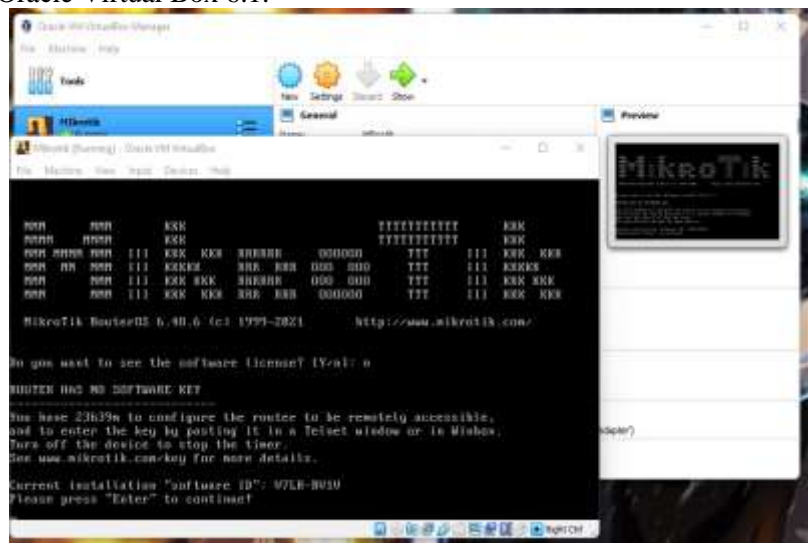
5. Simulasi Prototype

Tahap simulasi ini bertujuan untuk melihat kinerja awal pada jaringan yang dibangun, meminimalkan resiko kegagalan dan menjadi bahan pertimbangan sebelum diimplementasikan.

Adanya tujuan dibuatnya *prototype* adalah:

- Memprediksi apa saja hal-hal yang seharusnya diperhatikan dalam proses implementasi pada jaringan yang diterapkan.
- Meminimalisir kegagalan pada saat proses pembangunan dan implementasi pada jaringan yang diterapkan.
- Menjamin kesalahan atau *error* pada saat proses perancangan, pembangunan dan implementasi tidak mengganggu dan mempengaruhi sistem yang diterapkan.

Pada tahap awal penggunaan *Software Oracle Virtual Box 6.1* dan instalasi Mikrotik Router OS ke dalam *virtual machine* tersebut. Gambar 8. adalah salah satu tampilan dari aplikasi Oracle Virtual Box 6.1.



Gambar 8. Oracle Virtual Box 6.1

Untuk menjelaskan proses dari sistem tersebut, dibuat simulasi yang menggambarkan proses dari sistem yang dibangun yaitu sebagai berikut:

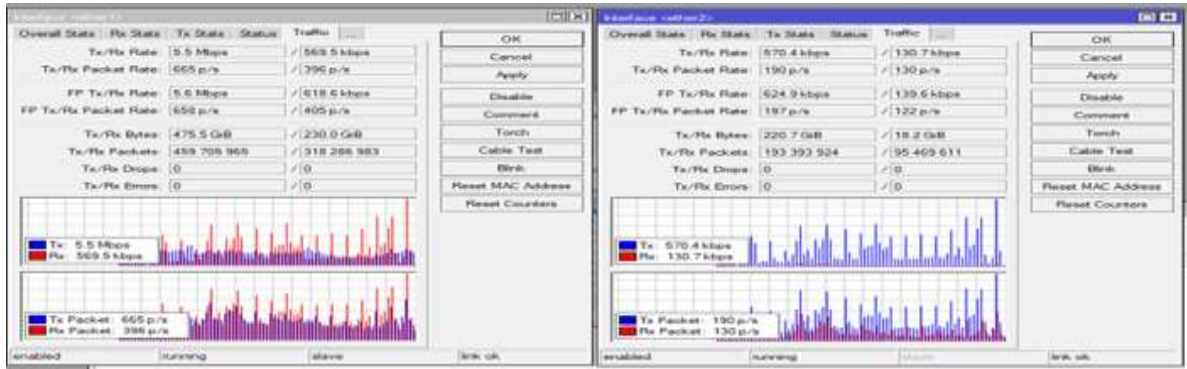
- Sistem terdiri dari 3 kelompok jaringan atau subnet yaitu kelompok jaringan antara router dan ISP 1, kelompok jaringan antara router dan ISP 2 dan kelompok jaringan antara jaringan lokal dan router.
- Paket data dari *client*/pengguna yang masuk ke router, sistem memproses semua data dari *client*/pengguna yang menuju ke akses internet pada sisi router yang terjadi proses dari mangle yang diurutkan berdasarkan urutan paket PCC, lalu proses *routing* paket diarahkan melalui ISP-1 atau ISP-2.
- Selanjutnya ditandai dengan *connection mark* pada tahapan mangle berdasarkan urutan PCC yang dibuat, lalu setiap tanda di paket PCC tersebut diberikan *routing* pada masing masing ISP yang dapat menentukan jalur mana yang harus dilaluinya.

4. Pada tahapan *masquerade*, IP address dari data yang di teruskan, sebelumnya di transitkan dengan IP address pada interface ISP yang digunakan menjadi *gateway*.

d. Implementasi

Tahap ini berpedoman pada tahap desain yang sudah dibuat dan disimulasikan. Berikut ini adalah proses yang dilakukan pada tahap implementasi:

1. Implementasi Topologi Jaringan: Pengumpulan dan melakukan instalasi semua perangkat keras yang diperlukan untuk mengimplementasikan *load balancing*.
2. Inisialisasi *Interface* Mikrotik: Bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan pengembangan sistem yang diimplementasikan.
3. Pemberian Alamat IP Address: Pada setiap *interface* yang ada pada lingkungan Sub Bagian Kearsipan dan Dokumentasi pada perangkat router mikrotik dan dari sisi pengguna/*client* dengan DHCP.
 - a. Merubah IP *Dynamic* ke IP *Static* Pada LAN Modem
 - b. Melakukan perubahan dari IP *Dynamic* ke IP *static* pada LAN Modem.
 - c. Pemberian alamat IP Addresses Pada Router *Interface* dengan IP address 103.86.158.122 dengan *subnetting /29* yang berarti 255.255.255.248.
 - d. Pemberian alamat IP Gateway ISP.
4. Menambahkan DNS Server: Ditambahkan IP setiap ISP dan DNS server google.
5. Menambahkan IP Nat di Firewall: Menandakan chain src nat dapat mengubah *source* atau sumber *address* dari sebuah paket data menuju *client* dan dengan *action masquerade*.
6. Konfigurasi *Firewall Raw*: Fitur pada mikrotik yang bisa digunakan untuk *bypass* atau *drop* paket sebelum pencarian koneksi agar menghemat CPU dibandingkan *firewall filter*.
7. Konfigurasi *Mangle*: Tahapan dimana paket data yang berasal dari *interface* tertentu diproses. Pada tahap ini diterapkan aturan mangle dari metode *load balancing PCC*.
8. Konfigurasi *Failover*: Tahapan dari salah satu metode pada jaringan untuk menghindari *down time* koneksi. Dan sering digunakan pada jaringan yang memiliki lebih dari 1 penyedia jasa layanan internet (ISP) yang bertujuan untuk menghindari *downtime* koneksi.
9. *Management bandwidth*: Proses dimana proses mengukur dan mengontrol komunikasi pada jaringan, agar dapat mengoptimalkan berbagai jenis jaringan dengan menerapkan layanan *Quality Of Service (QoS)* untuk menetapkan tipe-tipe lalulintas jaringan.
10. Menambahkan password di Mikrotik: Disesuaikan dengan kebutuhan baik mengganti *password (set)* atau menambahkan dengan perintah *set* diganti menjadi *add*.
11. *Monitoring*: Pengujian sistem ini dilakukan dengan melihat 10 *Client* aktif dan dilakukan dalam 2 tahap yaitu pengujian dalam *load sharing* di masing-masing ISP dan melakukan pengujian dalam menentukan optimasi kecepatan internet yang telah dicapai oleh penerapan *PCC Load Balancing*.
12. Pengujian Efektifitas Penyebaran Beban pada ISP
Pada tahap ini dilakukan kembali memonitoring sistem jaringan dengan menggunakan aplikasi atau *tools* yang ada pada winbox. Hasil *monitoring* dapat dilihat pada menu *interface list*. Berikut adalah hasil dari *monitoring* tersebut.



Gambar 9. Hasil Pengujian Efektifitas Penyebaran Beban pada ISP
 Parameter yang dilihat dari kedua *traffic* pada *interface* diatas adalah rata-rata ukuran kapasitas yang dihasilkan dari masing masing ISP. Pada interface ISP-1 dan ISP-2 terlihat paket dan byte yang dilewati berukuran besar. Dari hasil *monitoring* tersebut kemudian dibuat tabel dan grafik untuk memperjelas perbandingan setiap *interface*.

Tabel 5. Hasil Pengujian Efektifitas Penyebaran Beban pada ISP

Gateway	Jumlah Paket (packet)		Ukuran Paket (Kb)	
	TX	Rx	Tx	Rx
ISP - 1	476.0 GiB	230.7 GiB	460 424 215	319 100 375
ISP - 2	221.4 GiB	180.4 GiB	194 106 837	95 862 316

Berdasarkan pada Tabel 4. dan Gambar 8 terlihat bahwa Metode *Load Balancing* telah berhasil melakukan penyebaran paket dan bytes dari masing masing ISP.

13. Uji Performa *Load Balancing* PCC

Pada tahap pengujian selanjutnya menggunakan aplikasi pengujian *online* yaitu speedtest.net dengan pengujian ini diketahui pada kualitas *bandwidth* yang dihasilkan. Hasil dari Uji Performa *Load Balancing* PCC dapat dilihat pada gambar 10 berikut:



Gambar 10. Grafik Perbandingan Penyebaran Paket Data



Gambar 11. Hasil Uji Performa Load Balancing PCC

Pada tahap selanjutnya, dilakukan sebanyak lima kali, kemudian data yang diterima akan dibuatkan tabel. Uraian hasil pengujian tersebut dapat dilihat dari tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Uraian hasil pengujian Performa *Load Balancing* PCC

Pengujian	Koneksi Internet		
	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	3	28.53	26.11
2	4	21.37	24.09
3	3	23.65	23.65
4	3	24.02	22.45
5	3	23.81	22.96

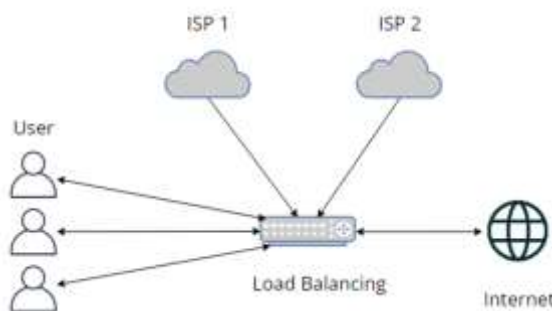
Dari tabel 6 diketahui kualitas koneksi dari penerapan *load balancing per connection classifier* terdapat perubahan kecepatan *bandwidth* yang dihasilkan dikarenakan setiap user yang mengakses secara otomatis. Pada hal ini dapat disimpulkan bahwa *load balancing* adalah suatu metode atau teknik yang menyeimbangkan koneksi dari dua ISP. Dari perhitunganpun sudah jelas bahwa *load balancing* bukan berarti $1+1=2$ tetapi koneksi yang dihasilkan $1+1=1+1$.

14. Uji Proses *Load Balancing* dengan PCC

Pada tahap uji proses *load balancing* dapat menggunakan *tools* yang bernama *traceroute*. Hasil dari Proses *Load Balancing* dengan PCC dapat dilihat pada gambar 12 berikut

```
[aris_cinanggis@CORE_ROUTER_CINANGGIS] /tool> traceroute 8.8.8.8
# ADDRESS                LOSS SENT  LAST      AVG      BEST    WORST  STD-DEV  STATUS
1 103.86.158.121          0%  79  2.4ms    2.2     0.3    4.7     0.6
 192.168.100.1
2 202.158.31.21          0%  79  1.8ms    1.7     0.6    4.5     0.5
 192.168.0.1
3 202.158.31.46          2.5% 79  1.4ms    2       1     32     3.4
4 121.100.4.105          2.5% 79  1.1ms    3       1    59.1    7.4
5 121.100.7.73           2.5% 79  2.2ms    2.4     1.3    4.9     0.5 <MPLS:L=4424,Z=0>
6 121.100.7.201          1.3% 79  13.6ms   14.9    13.4   54.2    5.2
7 74.125.118.14          10.. 79  15.7ms   17     15.1   39     4.3
8 209.85.253.241         1.3% 79  13.1ms   13.5    13    14.1    0.4
9 209.85.244.157         1.3% 79  13.9ms   13.8    13.6   14     0.1
10 8.8.8.8                 1.3% 79  14ms     13.9    13    14.6    0.3
-- [O quit;D dump;C-z pause]
```

Gambar 12. Hasil Uji Performa *Load Balancing* PCC



Gambar 13. Alur Proses Teknik Per Connection Classifier

Dari Gambar 12 hasil Uji Performa *Load Balancing* PCC terdapat informasi rute yang dilewati pada *address* terdapat 2 jalur Antara ISP A dan ISP B yang berjalan secara seimbang. Dan selanjutnya diteruskan pada IP router dan paket berjalan sampai ketujuan.

e. Alur Proses Teknik Per Connection Classifier

Berfungsi untuk mengatur kinerja lebih dari 1 jalur *gateway* sehingga optimasi dalam *bandwidth* dapat terdistribusi ke *client* secara seimbang. Dari gambar 1 diatas dapat dilihat saat *client* melakukan *request* pada router, router akan melakukan perekaman berdasarkan IP pengirim (*Source Address*) dan IP penerima (*destination address*) selanjutnya dilakukan pengelompokan pada *traffic* pada koneksi tertentu.

2. Pembahasan

a. Uji Ahli

Responden untuk ahli materi berjumlah 2 orang. Skala yang digunakan dalam kuesioner ahli ini yaitu skala guttman yang berarti jawaban "ya" / "diterima" diberi skor 1 dan jawaban "tidak" / "tidak terima" diberi skor 0. Hasil kuesioner untuk ahli ini dapat di lihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Kuesioner Ahli

Pertanyaan	Responden 1	Responden 2	Total
P1	1	1	2
P2	1	1	2
P3	1	1	2
P4	1	1	2
P5	1	1	2
P6	1	1	2
P7	1	1	2
P8	1	1	2
P9	1	1	2
P10	1	1	2
P11	1	1	2
Total	11	11	22

Berdasarkan tabel 7 diperoleh skor yang diobservasi berjumlah 22, maka dapat dicari presentase kelayakan sebagai berikut: Presentase kelayakan yang didapat adalah 100%, maka dapat dikategorikan “Sangat layak” seperti yang di tunjukkan dalam tabel 4.

b. Uji Pengguna

Keberhasilan dari penerapan *Load Balancing* dengan metode PCC dan *Failover* pada *prototype* yang dibuat, diawali dengan menentukan responden, responden dalam penelitian ini adalah pengguna sebanyak 10 orang, lalu setiap responden diminta untuk mengisi kuesioner tersebut. Pada tabel 8 ditampilkan hasil kuesioner dari pengguna.

Tabel 8. Hasil Kuesioner Pengguna

Responden	Pernyataan										Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
1	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	49
2	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	45
3	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	47
4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	48
5	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	33
6	3	3	3	4	5	3	3	4	3	3	34
7	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	48
8	5	5	5	5	4	4	3	5	4	5	45
9	4	3	5	5	5	4	4	5	5	4	44
10	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	32

Berdasarkan tabel 8 diperoleh skor yang diobservasi berjumlah 425, maka dapat dicari presentase kelayakan sebagai berikut: Presentase kelayakan yang didapat adalah 85%, maka dapat dikategorikan “Sangat layak” seperti yang di tunjukkan dalam tabel 8 kuesioner ini disertai dengan pertanyaan yang mendukung, terdiri dari kritik dan saran untuk masukan responden.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka dapat di ambil kesimpulan bahwa:

1. Penerapan *Per Connection Classifier Load Balancing* telah memberikan *bandwidth* yang optimal namun *load balancing* ini tidak dapat diakumulasikan dengan besar *bandwidth* kedua ISP, karena teknik *load balancing* pada dasarnya dapat menyeimbang pada masing masing jalur dan bukan berarti dapat dihitung seperti $1+1=2$ melainkan $1+1=1+1$.

2. Penerapan *Per Connection Classifier Load Balancing* telah melakukan pembagian beban trafficnya secara seimbang pada ISP 1 dan ISP 2 pada KUP Kearsipan dan Dokumentasi.
3. Penerapan pengaturan dari konfigurasi mangle dapat membantu beban *traffic* menentukan jalur yang sudah disediakan sehingga tidak terjadi kesalahan/ bentrok pada jalur internet.
4. Penerapan teknik *failover* dapat dijadikan pencadangan/*backup* pada salah satu koneksi, apabila terjadi *down* pada salah satu ISP maka aktifitas internet dapat berjalan dengan baik.
5. Pada tahapan evaluasi hasil dari kelayakan sistem untuk ahli dapat disimpulkan bahwa sistem yang diteliti dikatakan "Sangat layak" karena mendapatkan presentase kelayakan dengan nilai 100%, dan Kelayakan sistem pada pengguna dikatakan "Sangat layak" karena mendapatkan Presentase kelayakan dengan nilai 85% sesuai dengan Tabel Kategori Kelayakan Skala Likert.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arikunto, A., 2009. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. 6th ed. Jakarta: Rineka Cipta.
- [2] Copeland, L., 2004. *A Practioner's Guide to Software Test Design*. s.l.: Artech House. Cresswill, 2008. Educational Research. s.l.:s.n.
- [3] Forouzan, 2017. *Computer Network A Top Down Approach*. s.l.:s.n.
- [4] Madcoms, 2017. *Manajemen Sistem Jaringan Komputer dengan Mikrotik Routeros*. s.l.:s.n.
- [5] Pariddudin, A., & Suteja, H. (2019). Penerapan Metode FIFO Untuk Traffic Control Jaringan Aplikasi Client UNBK. *TeknoIS : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains*, 9(1), 53-62. doi:<https://doi.org/10.36350/jbs.v9i1.6>
- [6] Pressman, R. S., 2012. *Rekayasa Perangkat Lunak*. s.l.:ANDI.
- [7] Purnomo, S. R. S., 2022. *Membuat Jaringan Hotspot dengan Load Balance dan Custom Chain menggunakan Mikrotik router Ro*. s.l.:s.n.
- [8] Saharuna, Z., Nur, R. & Sandi, A., 2019. *Analisis Quality Of Service Jaringan Load Balancing menggunakan Metode PCC dan NTH*. *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*.
- [9] Sofana, I., 2017. *Jaringan Komputer Mikrotik*. s.l.:s.n.
- [10] Sugiyono, S., 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.