



Analisis QoS untuk Mengoptimalkan Jaringan Internet Menggunakan Metode *Load Balancing* (Studi Kasus: Diskominfo Kabupaten Kuningan)

Aisyah Cinta Putri Wibawa^{1*}, Rizki Hikmawan¹, Dian Permata Sari¹

¹*Pendidikan Sistem dan Teknologi Informasi, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Veteran, Purwakarta 41115, Indonesia*

*Email Penulis Koresponden: aisyahcpw@upi.edu

Abstrak :

Pesatnya perkembangan dalam penggunaan jaringan internet perlu diimbangi dengan kesiapan kapabilitas infrastruktur jaringan dan server dalam menyediakan serta menyeimbangkan kelangsungan konektivitas dari jaringan internet tersebut. Agar kinerja jaringan internet dapat dioptimalkan, maka perlu dirancang sebuah metode yang mampu mengatasi timbulnya permasalahan seperti *bandwidth low*, *overload* dan koneksi yang lambat bahkan kendala *server down*. Solusinya yaitu perlu adanya manajemen *bandwidth* untuk mengoptimalkan jaringan internet dengan menggunakan metode dari *load balancing*. Namun, pada penelitian ini peneliti membandingkan metode *Equal Cost Multi Path* (ECMP) dan *Per Connection Classifier* (PCC) untuk mencari metode mana yang paling optimal. Metode pengembangan sistem yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu NDLC (*Network Development Life Cycle*) sebagai acuan dalam proses pengembangan dan perancangan sistem jaringan komputer. Analisis pada penelitian ini menggunakan empat parameter *Quality of Service* (QoS) berdasarkan standar TIPHON yaitu *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Hasil pengujian parameter QoS menunjukkan bahwa metode PCC lebih unggul dibandingkan dengan metode ECMP dilihat dari hasil rata-rata *throughput* sebesar 2368 Kbps, *Packet Loss* 0,17%, *delay* 3,36 ms dan *jitter* 3,37 ms. Metode PCC juga menghasilkan *bandwidth* yang lebih optimal dengan hasil *upload* sebesar 94,78 Mbps dan *download* sebesar 92,80 Mbps. Dari hasil pengujian QoS pada metode PCC, diperoleh nilai rata-rata parameter sebesar “3,5” yang termasuk dalam kategori index “Memuaskan” sesuai standar TIPHON. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi lembaga lain untuk mengoptimalkan jaringan internet.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license

Kata Kunci:

QoS;
Jaringan Internet;
Load Balancing;
Per Connection Classifier;
Equal Cost Multi Path.

Riwayat Artikel:

Diserahkan 01 Desember, 2022
Direvisi 24 Desember, 2023
Diterima 27 Desember, 2023

DOI:

10.22441/incomtech.v14i1.18034



1. PENDAHULUAN

Internet menjadi media komunikasi dan informasi global serta sebagai sumber bagi setiap pengguna internet untuk dapat terhubung dalam jaringan yang sangat luas. ISP (Internet Service Provider) dibutuhkan untuk dapat menggunakan internet atau dapat dikatakan sebagai penyedia layanan internet, baik sambungan lokal yang menyediakan interkoneksi antar ISP di Indonesia maupun sambungan internasional yang menyediakan *bandwidth* supaya dapat terhubung ke jaringan pusat [1].

Kebutuhan akan *bandwidth* terus meningkat berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah pengguna internet. Pada tahun 2021 pengguna internet di Indonesia mencapai 202,6 juta jiwa atau 72,7% dari jumlah penduduk di Indonesia [2]. Jumlah ini meningkat 15,5% atau 27 juta jiwa dibandingkan dengan tahun 2020 lalu. Saat ini jumlah pengguna internet menambah 1% dari tahun 2021 yaitu 73,7% dari jumlah penduduk di Indonesia atau sebanyak 204,7 juta jiwa pengguna internet di tahun 2022 [3]. Data tersebut menunjukkan bahwa lebih dari setengah jumlah penduduk di Indonesia menggunakan internet sebagai bagian dari kehidupannya sehari-hari. Namun peningkatan jumlah pengguna internet tersebut tidak sebanding dengan kualitas jaringan internet yang ada. Masalah yang sering dihadapi pengguna internet di Diskominfo Kabupaten Kuningan adalah koneksi internet yang cenderung lambat dikarenakan bandwidth low ataupun overload dan ISP yang seringkali *down*, sementara pengguna internet menginginkan akses internet yang stabil dan cepat agar dapat menghasilkan kinerja yang optimal sehingga perlu adanya manajemen *bandwidth* yang dapat mengoptimalkan jaringan internet yaitu dengan memanfaatkan mekanisme dari metode *load balancing*.

Load balancing berfungsi supaya trafik dapat berjalan secara optimal, memaksimalkan *throughput*, memperkecil *delay* serta menghindari *overload* pada salah satu jalur koneksi [4]. Ada empat metode dari *load balancing* yaitu *Equal Cost Multi Path* (ECMP), *Nth, Per Connection Classifier* (PCC) dan *Static Route* dengan *address List* [5]. Namun, pada penelitian kali ini hanya membandingkan metode ECMP dan PCC karena metode tersebut cocok dengan karakteristik topologi jaringan yang ada di Diskominfo Kabupaten Kuningan. Kedua metode tersebut walaupun memiliki karakteristik yang hampir sama, namun memiliki pendekatan yang berbeda dalam hal pengaturan aliran trafik pada jaringan. Adapun metode ECMP merupakan suatu metode *routing* yang memungkinkan pengaturan aliran paket melalui pendistribusian beberapa jalur dengan nilai yang setara [6]. Sedangkan, metode PCC bisa diterapkan untuk membagi aliran paket yang masuk dan keluar melewati *router* ke dalam beberapa kelompok [7]. Dengan demikian, router akan memahami jalur gateway yang dilalui pada awal koneksi trafik, dan paket-paket berikutnya yang terkait dengan koneksi awal akan diarahkan ke jalur gateway yang sama. Dalam penelitian ini, kedua metode yang digunakan yaitu PCC dan ECMP, akan diterapkan analisis Quality of Service (QoS) menggunakan standar TIPHON untuk menentukan metode mana yang paling optimal dalam penyediaan jaringan internet. Kemudian dianalisis bagaimana kriteria jaringan tersebut dan diambil kesimpulan dari hasil parameter-parameter tersebut. Adapun parameter QoS nya yaitu *throughput* untuk mengetahui *rate* (kecepatan) transfer

data efektif, *delay* untuk mengetahui waktu tunda proses pengiriman data, *jitter* sebagai kumpulan dari semua *delay* serta *packet loss* untuk mengetahui apakah terdapat kehilangan data pada saat proses pengiriman [8]. Dengan begitu, dapat diketahui metode *load balancing* mana yang paling optimal untuk diterapkan di jaringan internet Diskominfo Kabupaten Kuningan.

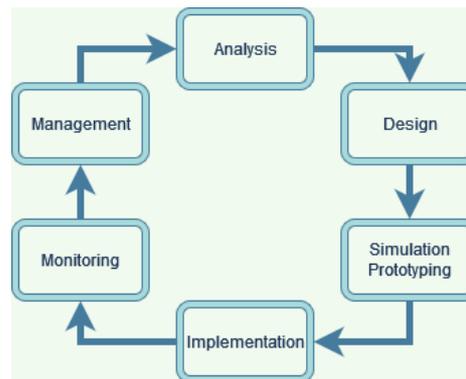
Alur *load balancing* yaitu mikrotik *router* akan menandai paket yang mengakses internet, lalu memilih jalur ISP mana yang akan dilewati lalu menyeimbangkan beban pada ISP tersebut [9]. Teknik *failover* juga sudah diterapkan pada jaringan Diskominfo Kabupaten Kuningan. Manfaat dari teknik *failover* yaitu jika salah satu jalur koneksi ISP mengalami kendala atau terputus, maka jalur lainnya akan otomatis membackup semua trafik jaringan, maka koneksi internet akan tetap tersedia dan tidak sepenuhnya terputus [10]. Hal ini dilakukan supaya pengguna internet pada setiap bidang di Diskominfo Kabupaten Kuningan dapat bekerja dengan baik dan optimal. Maka, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisis QoS untuk Mengoptimisasikan Jaringan Internet Menggunakan Metode *Load Balancing* (Studi Kasus: Diskominfo Kabupaten Kuningan)”.

2. METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu Perancangan sistem dengan metode NDLC (*Network Development Life Cycle*) guna membuat sebuah sistem baru untuk memperbaiki sistem yang sudah ada atau bahkan mengganti sistem pada instansi Diskominfo Kabupaten Kuningan [11]. Analisis *Quality of Service* (QoS) juga digunakan sebagai metode untuk mengukur kepuasan *client* terhadap jaringan yang telah dirancang dengan empat parameter yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter* [12]. Penelitian dilakukan selama 7 hari yaitu pada tanggal 22-29 November 2022, bertempat di Diskominfo Kabupaten Kuningan dengan subjek penelitian mencakup 3 jaringan pada bidang yaitu, fokus bidang Infrastruktur TIK, Aplikasi Informatika (Aptika) dan Informasi dan Komunikasi Publik (IKP). Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode wawancara dengan teknisi jaringan di instansi Diskominfo Kabupaten Kuningan.

2.1 Network Development Life Cycle (NDLC)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengembangan sistem NDLC (*Network Development Life Cycle*) yang merupakan model yang menjelaskan siklus pengembangan suatu sistem jaringan secara keseluruhan dengan rangkaian tahapan atau proses pada sistem jaringan yang saling berhubungan [12]. NDLC terdiri dari elemen yang menjelaskan fase, mekanisme, langkah atau tahapan proses secara spesifik.



Gambar 1. Siklus NDLC

NDLC menjelaskan siklus proses dalam bentuk tahapan yang memiliki mekanisme tersendiri yang dibutuhkan dalam perancangan serta pengembangan sebuah sistem[5]. Adapun penerapan NDLC dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

analysis

Pada tahap ini peneliti melakukan analisis permasalahan yang ada, analisis kebutuhan *client*, serta analisis topologi jaringan yang ada [13]. Metode yang dilakukan dalam tahap ini yaitu wawancara yang dilakukan dengan teknisi jaringan yang ada pada Diskominfo Kabupaten Kuningan agar mendapatkan data yang akurat dan faktual.

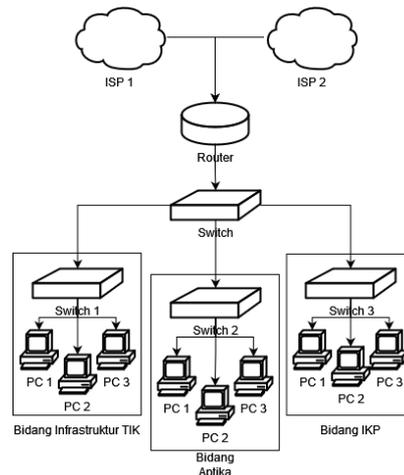
Adapun instrumen pertanyaan wawancara sebagai berikut:

1. Tujuan dilakukannya pengukuran QoS pada suatu jaringan?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi QoS?
3. Apakah internet di Diskominfo Kabupaten Kuningan tergolong kategori baik dalam akses internet?
4. Apakah mudah dalam mengakses internet di setiap bidang yang ada di Diskominfo Kabupaten Kuningan?
5. Bagaimana kecepatan internet di Diskominfo Kabupaten Kuningan?
6. Kendala/permasalahan apa saja yang sering terjadi pada jaringan internet di Diskominfo Kabupaten Kuningan?
7. Bagaimana pelayanan Diskominfo Kabupaten Kuningan dalam mengelola jaringan internet?
8. Bagaimana pelayanan Diskominfo Kabupaten Kuningan jika terjadi kendala pada internet?

Selain itu, dilakukan *brainstorming* untuk menemukan solusi yang ditawarkan oleh teknisi jaringan karena setiap instansi memiliki karakteristik yang berbeda. Peneliti juga membaca dokumentasi secara manual, tujuannya untuk mendapatkan informasi terkait dari dokumentasi yang telah dibuat sebelumnya untuk mendukung pengembangan sebuah sistem. Hal yang sangat penting yaitu menganalisis data-data yang didapat sebelumnya untuk melanjutkan ke tahap berikutnya, seperti sistem jaringan yang ada, monitoring jaringan, rencana pengembangan jaringan, jumlah *client*, peralatan *hardware* dan *software* yang tersedia.

design

Dari hasil analisis pada tahap sebelumnya didapatkan data yang mendukung tahap *design*, dimana tahap ini akan membuat topologi jaringan untuk interkoneksi yang akan dibangun [13]. Gambar 2 merupakan rancangan topologi jaringan yang akan di konfigurasi pada *software* winbox. Dimana terdapat dua *Internet Service Provider* (ISP) yang terhubung dengan *router*. Adapun penyaluran koneksi jaringan kepada *PC client* setiap bidang yang ada yaitu bidang Infrastruktur TIK sebagai fokus utama, Aptika dan IKP menggunakan beberapa switch yang sudah terhubung ke *router*.



Gambar 2. Rancangan Topologi Jaringan

simulation Prototyping

Tahap simulation prototyping ini bertujuan untuk mengamati kinerja awal dari jaringan yang akan dibangun sebagai pertimbangan dasar sebelum jaringan benar-benar akan diterapkan [13]. Tahap ini dilakukan dengan melakukan uji coba atau simulasi jaringan penerapan.

implementation

Implementasi dilakukan setelah tahap simulasi telah berhasil diuji coba, dengan mengimplementasikan semua yang telah direncanakan sesuai dengan *design* topologi jaringan [11]. Tahap ini menentukan berhasil atau tidaknya sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini peneliti menerapkan metode *load balancing* ECMP dan PCC sebagai pembanding manajemen *bandwidth*, kemudian konfigurasi IP *address*, konfigurasi DNS *resolver*, konfigurasi NAT, konfigurasi *Entri Routing*, konfigurasi *mangle* serta konfigurasi *failover* menggunakan *tools* yang ada pada *mikrotik router*.

monitoring

Setelah tahap implementasi maka dilakukan tahap monitoring jaringan yang sangat penting, untuk mengamati apakah jaringan komputer berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan user pada tahap analisis. Monitoring dilakukan dengan mengamati beberapa hal:

1. Mengamati trafik dan koneksi yang aktif pada jaringan.
2. Melihat hasil pengukuran *bandwidth* pada keseluruhan jaringan.
3. Mengevaluasi pengaturan *bandwidth* dan jaringan.

management

Langkah pengelolaan dilakukan pada tahap ini untuk memastikan sistem yang telah dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan, hal tersebut dilakukan dengan [14]:

1. Membuat *wireless password* supaya tidak semua orang dapat login ke jaringan Diskominfo Kabupaten Kuningan.
2. Membagi *bandwidth* sesuai dengan kebutuhan masing-masing user.
3. Membackup jaringan dengan menerapkan teknik *failover*, yaitu ketika ada ISP yang *down* maka akan di backup dengan ISP yang satunya.

2.2. Analisis *Quality of Service* (QoS)

Quality of Service atau QoS merupakan suatu metode untuk mengukur atribut atau kualitas kinerja jaringan yang telah dispesifikasikan dalam sebuah *gateway* tujuannya untuk mencapai tingkatan kualitas layanan yang diinginkan. Tentunya QoS [15] ini sudah memiliki parameter penilaian yang berstandar TIPHON. TIPHON, yang merupakan singkatan dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*, adalah standar penilaian parameter QoS yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [16]. Berikut adalah tabel perbandingan persentase penilaian untuk QoS:

Tabel 1. *Quality of Service*

<i>Kategori Penilaian</i>	<i>Persentase</i>	<i>Index</i>
3,8 – 4	95 – 100	Sangat memuaskan
3 – 3,79	74 – 94,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 74,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Tidak Memuaskan

Parameter QoS yang digunakan pada pengujian ini yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

throughput

Throughput merupakan jumlah *bandwidth* dalam mentransmisikan data yang terukur pada satuan ukur waktu tertentu [13]. *Throughput* menggambarkan *bandwidth* sebenarnya yang digunakan untuk mengunduh suatu file dengan ukuran tertentu pada suatu waktu dan pada kondisi jaringan tertentu.

Tabel 2. *Kategori Throughput* Versi TIPHON

<i>Kategori throughput</i>	<i>Throughput</i>	<i>Index</i>
Terbagus	>2.1 Mbps	4
Sangat Bagus	1200 Kbps s/d 2.1 Mbps	3
Bagus	700 s/d 1200 Kbps	2
Sedang	338 s/d 700 Kbps	1
Jelek	0 s/d 338 Kbps	0

packet loss

Packet loss merupakan parameter pengukuran untuk mengetahui jumlah paket yang hilang dalam proses pengiriman [17].

Tabel 3. Kategori *Packet Loss* Versi TIPHON

Kategori packet loss	Packet Loss (%)	Index
Sangat Bagus	0	4
Bagus	0 s/d 3	3
Sedang	3 s/d 15	2
Jelek	15 s/d 25	1

delay

Delay merupakan jumlah seluruh waktu tunda suatu paket pada saat proses pengiriman paket dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya [18]. *Delay* ini disebabkan karena adanya antrian panjang atau mengambil *route* lain untuk menghindari kemacetan pada *routing* dalam sebuah proses transmisi paket sebuah jaringan komputer [19].

Tabel 4. Kategori *delay* Versi TIPHON

Kategori delay	Delay (ms)	Index
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	150 s/d 300	3
Sedang	300 s/d 450	2
Jelek	>450	1

jitter

Jitter merupakan variasi waktu kedatangan antara paket-paket yang dikirimkan terus-menerus dari terminal asal ke terminal tujuan pada sebuah jaringan [20]. *Jitter* dapat dikatakan kumpulan dari semua *delay*.

Tabel 5. Kategori *jitter* Versi TIPHON

Kategori jitter	Jitter (ms)	Index
Sangat Bagus	0	4
Bagus	1 s/d 75	3
Sedang	76 s/d 125	2
Jelek	126 s/d 225	1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang sudah diketahui, *load balancing* ini bertujuan untuk membagi trafik ke 2 jalur atau lebih secara seimbang agar trafik dapat berjalan optimal serta *bandwidth* yang didapat dari ISP dapat dimaksimalkan. Metode ini juga dapat meminimalisir terjadinya *overload* di salah satu jalur yang ada.

Dari permasalahan yang ada di instansi Diskominfo Kabupaten Kuningan maka metode *load balancing* ECMP dan PCC ini merupakan yang paling cocok. Namun,

perlu dianalisis hasil QoS nya untuk mencari metode dari *load balancing* mana yang paling mengoptimalkan jaringan apakah ECMP atau PCC.

3.1 Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan sebagai informasi bagi pembaca mengenai QoS dari lokasi penelitian. Tujuan dilakukannya pengukuran QoS pada suatu jaringan yaitu sebagai teknik untuk mengelola *bandwidth*, *delay* dan *packet loss* dari trafik yang ada pada jaringan. QoS digunakan untuk membantu *client* mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan sehingga *client* akan menjadi lebih produktif.

QoS dapat mengontrol dan mengelola sumber daya jaringan dengan menetapkan prioritas untuk tipe data tertentu pada jaringan. Jaringan suatu perusahaan perlu menyediakan layanan yang dapat diprediksi dan terukur untuk dilintasi. Jadi, tujuan QoS adalah untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan layanan yang berbeda dengan menggunakan infrastruktur yang sama.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *bandwidth* dan *throughput* yaitu tipe data yang ditransfer, topologi jaringan yang digunakan, banyaknya *client* serta spesifikasi dari PC *client* dan *server*. Sementara, faktor yang menurunkan nilai QoS yaitu kabel LAN, *connector* serta perangkat dan *port*.

Pada instansi Diskominfo Kabupaten Kuningan akses internetnya sudah termasuk ke kategori “Cukup baik”, namun perlu ditingkatkan kembali karena belum sepenuhnya akses internet dapat dikatakan dalam kategori baik. Terkadang terjadi loading saat mengakses internet. Sehingga perlu ada manajemen pembagian *bandwidth*. Pada setiap bidang yang ada pun mudah dalam mengakses internet namun terkadang ada kendala pada jaringan internetnya. Seperti *limited access*, dan kadang juga akses terputus. Didorong dengan kecepatan internet pada Diskominfo Kabupaten Kuningan yang belum stabil dikarenakan faktor banyaknya kapasitas *client* yang mengakses internet.

Permasalahan yang terjadi yaitu kurangnya manajemen IP, sehingga terjadi *looping*, *limited access* yang terjadi ketika PC tidak dapat menerima sinyal internet meski status perangkat telah terhubung ke *router* dan koneksi internet tersedia, serta *bandwidth low*, sehingga perlu adanya manajemen *bandwidth*. Pelayanan dalam mengelola jaringan internet cukup baik, namun jaringannya perlu ditingkatkan supaya dapat menghasilkan kinerja yang baik dan optimal.

Perlu adanya manajemen jaringan lebih lanjut. Saat terjadi kendala internet, pihak Diskominfo Kabupaten Kuningan segera menganalisis terlebih dahulu *trouble* nya. Jika termasuk dalam kategori ringan, maka segera diperbaiki. Namun, jika *trouble* muncul dari ISP nya, maka segera ditindaklanjuti dengan menghubungi penyedia jaringan internet terkait.

3.2 Implementasi Metode ECMP

Pada metode ECMP ini tentunya ada beberapa langkah dalam pengkonfigurasiannya, yaitu mencakup konfigurasi dasar (konfigurasi IP *address*, konfigurasi DNS dan konfigurasi NAT) yang membedakan adalah konfigurasi *mangle* dan *entri routing*.

a. Konfigurasi IP address

Langkah pertama yakni menambahkan alamat IP address dari masing-masing *interface* yaitu *ether* 1 dan *ether* 2 untuk ISP seta *ether* 3 untuk dihubungkan ke *switch* supaya mendapatkan jaringan lokal.

```
/ip address
add address=192.168.60.2/24 comment=ISP-A interface=ether1 network=192.168.60.0
add address=192.168.61.2/24 comment=ISP-B interface=ether2 network=192.168.61.0
add address=192.168.1.1/24 comment=LocalNetwork interface=ether3
network=192.168.1.0
```

b. Konfigurasi DNS resolver

DNS *resolver* ini bertujuan untuk menjangkau semua alamat *domain* pada internet (untuk *browsing* melalui *browser*).

```
/ip dns
set allow-remote-requests=yes servers=8.8.8.8,8.8.4.4
```

c. Konfigurasi NAT

Lakukan konfigurasi NAT agar *client* dapat terhubung ke jaringan internet.

```
/ip firewall nat
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=ether1
add action=masquerade chain=srcnat out-interface=ether2
```

d. Konfigurasi Entri Routing

Setelah dilakukan konfigurasi dasar langkah selanjutnya yaitu melakukan konfigurasi *load balancing* ECMP dengan menambahkan entri *default route*.

```
/ip route
add check-gateway=ping distance=1 gateway=192.168.60.1,192.168.61.1
dimana dst-address 0.0.0.0/0 dapat dijangkau oleh 2 gateway sekaligus dengan nilai
distance yang sama. Maka trafik yang menuju internet akan melalui dua gateway
tersebut secara acak dan bersamaan.
```

e. Konfigurasi Mangle

```
/ip firewall mangle
add action=mark-connection chain=input in-interface=ether1 new-connection-mark=ISP-A
add action=mark-connection chain=input in-interface=ether2 new-connection-mark=ISP-B
add action=mark-routing chain=output connection-mark=ISP-A new-routing-mark=Rute-1
add action=mark-routing chain=output connection-mark=ISP-B new-routing-mark=Rute-2
/ip route
add distance=1 gateway=192.168.60.1 routing-mark=Rute-1
add distance=1 gateway=192.168.61.1 routing-mark=Rute-2
```

f. Konfigurasi failover

Untuk mengantisipasi salah satu ISP *down* maka diterapkan konfigurasi *failover*. Sehingga ketika ISP-A terjadi *down*, akan dibackup oleh ISP-B.

```
add distance=1 gateway=192.168.60.1
add distance=2 gateway=192.168.61.1
```

3.3 Implementasi Metode PCC

Pada metode PCC juga ada beberapa langkah dalam konfigurasinya, pada tahap konfigurasi IP *address*, konfigurasi DNS *resolver* dan konfigurasi NAT sama

dengan metode ECMP, yang membedakan adalah pada konfigurasi *mangle* dan konfigurasi *entri routing*, berikut hasil konfigurasinya:

a. Konfigurasi *Mangle*

Tujuannya untuk menandai setiap koneksi yang masuk ke *router* melalui interface *ether1* dan *ether2*. *Chain* yang digunakan pun menentukan penandaan paket koneksi yang masuk yaitu *chain input* dan *action* nya *mark connection*. Konfigurasi ini akan menandai setiap paket koneksi yang masuk dari *ether1* sebagai *connection mark=ISP-A* dan paket koneksi yang masuk dari *ether2* sebagai *connection mark=ISP-B*.

```
/ip firewall mangle
add action=mark-connection chain=input connection-state=new in-interface=ether1
new-connection-mark=ISP-A passthrough=yes
add action=mark-connection chain=input connection-state=new in-interface=ether2
new-connection-mark=ISP-B passthrough=yes
```

Setelah itu konfigurasi *rule* untuk setiap paket koneksi yang keluar yaitu *chain output* dengan *action mark routing*. Dimana setiap paket koneksi yang masuk melalui ISP A maka akan keluar dari ISP A juga begitupun dengan ISP B.

```
add action=mark-routing chain=output connection-mark=ISP-A new-routing-mark=Rute-1 passthrough=no
add action=mark-routing chain=output connection-mark=ISP-B new-routing-mark=Rute-2 passthrough=no
```

Kemudian lakukan konfigurasi klasifikasi koneksi yang berasal dari *interface* lokal berdasarkan *address* dan *port*

```
add action=mark-connection chain=prerouting dst-address-type=!local in-
interface=ether3 new-connection-mark=ISP-A passthrough=yes\
per-connection-classifier=both-address-and-ports:2/0
add action=mark-connection chain=prerouting dst-address-type=!local in-
interface=ether3 new-connection-mark=ISP-B passthrough=yes\
per-connection-classifier=both-address-and-ports:2/1
```

Konfigurasi *mangle* yang terakhir yaitu klasifikasi koneksi yang berasal dari *interface local* yang akan keluar dari *router* melalui masing-masing *interface*.

```
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=ISP-A in-interface=ether3
new-routing-mark=Rute-1 passthrough=yes
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=ISP-B in-interface=ether3
new-routing-mark=Rute-2 passthrough=yes
```

b. Konfigurasi *Entri Routing*

Entri routing sangat diperlukan untuk membagi menjadi 2 jenis yaitu apakah koneksi tersebut masuk melewati jalur ISP-A atau melewati jalur ISP-B

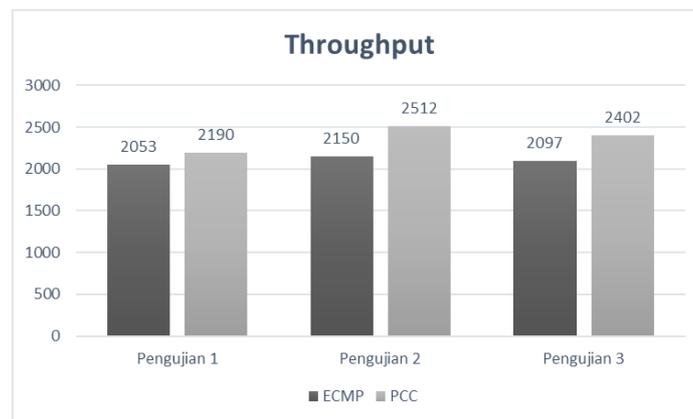
```
/ip route
add check-gateway=ping distance=1 gateway=192.168.60.1 routing-mark=Rute-1
add check-gateway=ping distance=2 gateway=192.168.61.1 routing-mark=Rute-2
```

3.3 Hasil QoS

Hasil pengujian *Quality of Service* (QoS) menggunakan empat parameter yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan merekam 20.000 paket data menggunakan *software wireshark*.

- **Parameter *throughput***

Pada pengujian pertama metode ECMP menghasilkan *throughput* sebesar 2053 Kbps dan metode PCC sebesar 2190 Kbps. Pengujian kedua metode ECMP menghasilkan *throughput* sebesar 2150 Kbps dan metode PCC sebesar 2512 Kbps. Pengujian ketiga metode ECMP menghasilkan *throughput* sebesar 2097 Kbps sedangkan metode PCC menghasilkan *throughput* sebesar 2402 Kbps.

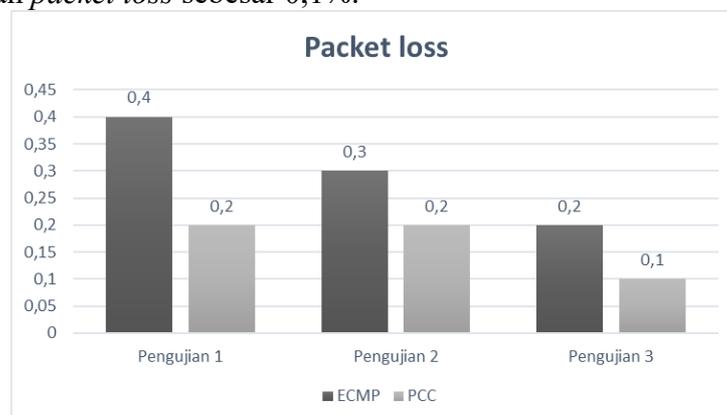


Gambar 3. Analisis QoS *Throughput*

Sangat terlihat jelas dari gambar tersebut bahwa metode PCC menghasilkan *throughput* jauh lebih maksimal dibandingkan dengan metode ECMP.

- **Parameter *packet loss***

Pada pengujian pertama metode ECMP menghasilkan *packet loss* sebesar 0,4% dan metode PCC sebesar 0,2%. Pengujian kedua metode ECMP menghasilkan *packet loss* sebesar 0,3% dan metode PCC sebesar 0,2%. Pengujian ketiga metode ECMP menghasilkan *packet loss* sebesar 0,2% sedangkan metode PCC menghasilkan *packet loss* sebesar 0,1%.

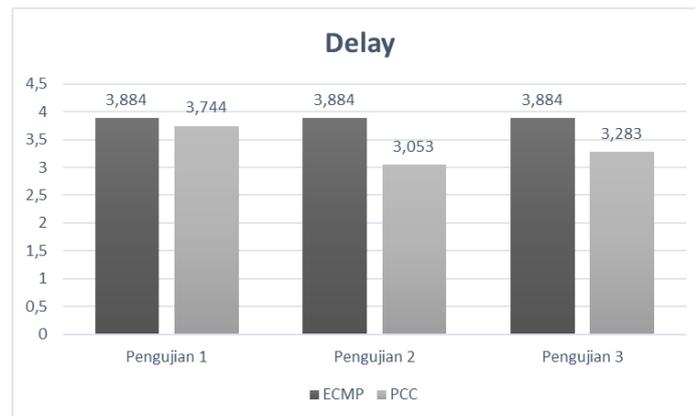


Gambar 4. Analisis QoS *Packet Loss*

Maka dari itu, metode PCC sangat meminimalisir kehilangan paket data sehingga jika melakukan upload atau *download* akan lebih optimal.

- **Parameter *delay***

Pada pengujian pertama metode ECMP menghasilkan *delay* sebesar 3,884 ms dan metode PCC sebesar 3,744 ms. Pada pengujian kedua metode ECMP menghasilkan *delay* sebesar 3,884 ms dan metode PCC sebesar 3,053 ms. Pengujian ketiga metode ECMP menghasilkan *delay* sebesar 3,884 ms sedangkan metode PCC menghasilkan *delay* sebesar 3,283 ms.

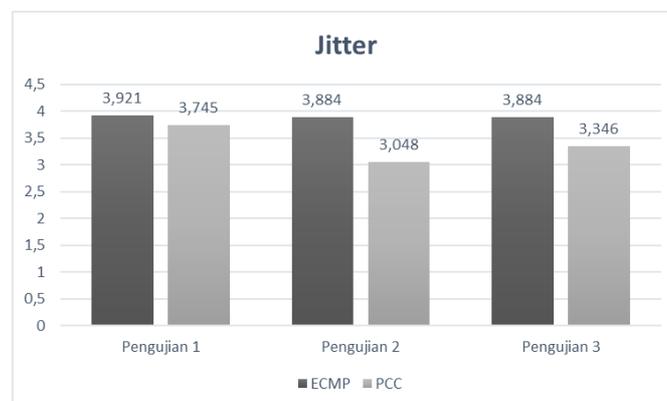


Gambar 5. Analisis Qos *Delay*

Sehingga waktu tunda suatu paket pada saat proses pengiriman paket dari titik asal ke titik tujuan pada metode ECMP lebih lama dibandingkan metode PCC.

- **Parameter *jitter***

Jitter ini memiliki keterhubungan dengan *delay*, sehingga hasil pengujian tidak beda jauh dengan parameter *delay*. Karena, *jitter* ini merupakan kumpulan dari *delay* yang ada. Pada pengujian pertama metode ECMP menghasilkan *jitter* sebesar 3,921 ms dan metode PCC sebesar 3,745 ms. Pada pengujian kedua metode ECMP menghasilkan *jitter* sebesar 3,884 ms dan metode PCC sebesar 3,048 ms. Pengujian ketiga metode ECMP menghasilkan *jitter* sebesar 3,884 ms sedangkan metode PCC menghasilkan *delay* sebesar 3,346 ms. Jadi, parameter *jitter* dari metode PCC lebih rendah daripada metode ECMP.



Gambar 6. Analisis QoS *jitter*

3.4 Analisis Rata-rata Pengujian QoS

Diketahui bahwa pengujian *Quality of Service* pada metode ECMP parameter *throughput* memiliki nilai rata-rata sebesar 2100 Kbps sehingga termasuk pada *index* “Sangat Bagus”, sementara metode PCC nilai rata-rata *throughput*nya yaitu sebesar 2368 Kbps sehingga termasuk pada *index* “Terbagus” dengan selisih 268 Kbps lebih unggul metode PCC. Pada parameter *packet loss* metode ECMP memiliki nilai rata-rata sebesar 0,30% sehingga termasuk pada *index* “Bagus”, sementara metode PCC memiliki nilai rata-rata *packet loss* sebesar 0,17% sehingga termasuk pada *index* “Bagus” dengan selisih 0,13% menjadi lebih unggul. Pada parameter *delay* metode ECMP memiliki nilai rata-rata sebesar 3,88 ms sehingga termasuk pada *index* “Sangat Bagus” dan metode PCC memiliki nilai rata-rata sebesar 3,36 sehingga termasuk pada *index* “Sangat Bagus” juga, namun lebih unggul dengan selisih 0,52 ms. Untuk parameter *jitter* tidak jauh beda dengan parameter *delay*, dimana metode ECMP memiliki nilai rata-rata sebesar 3,89 ms dan metode PCC memiliki nilai rata-rata sebesar 3,37 ms sehingga metode PCC ini lebih unggul dengan selisih 0,52 ms.

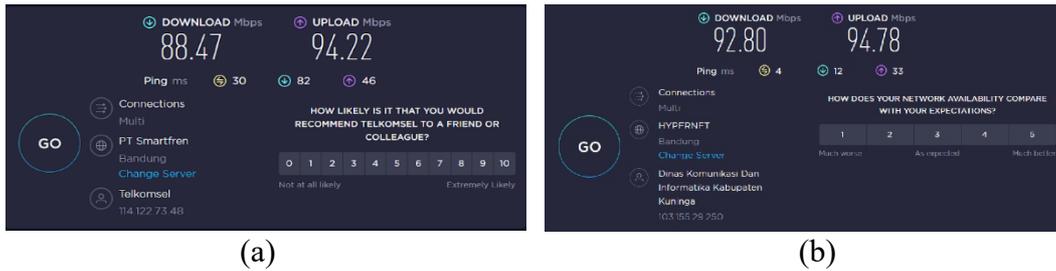
Tabel 6. Rata-Rata Pengujian QoS

Parameter	Hasil Pengujian					
	ECMP	Kategori	Index	PCC	Kategori	Index
Throughput (Kbps)	2100	Sangat Bagus	3	2368	Terbagus	4
Packet Loss (%)	0,30	Bagus	3	0,17	Bagus	3
delay (ms)	3,88	Sangat Bagus	4	3,36	Sangat Bagus	4
jitter (ms)	3,89	Bagus	3	3,37	Bagus	3
Rata-rata index		3,25			3,5	

Dari pengujian QoS, metode PCC menunjukkan rata-rata indeks sebesar 3,5, masuk dalam kategori QoS “Memuaskan” sedangkan metode ECMP memiliki rata-rata indeks sebesar 3,25. Perbedaan yang signifikan tampak pada parameter *throughput*, yang tergolong dalam kategori “Terbagus”. Meskipun beberapa parameter lain memiliki kategori dan indeks yang sama dengan ECMP, nilai rata-rata indeks pada metode PCC lebih tinggi.

3.5 Perbandingan Metode ECMP dengan PCC

Hasil pengujian menggunakan *website* www.speedtest.net menghasilkan perbandingan *bandwidth* pada jaringan internet. Dimana metode PCC memiliki kecepatan *download* dan *upload* lebih tinggi dibandingkan dengan metode ECMP. Selain itu, pengujian *ping* pada metode PCC juga menunjukkan angka yang lebih rendah yaitu 4 ms berarti koneksi jaringan yang didapatkan oleh *client* lebih cepat daripada metode ECMP.



Gambar 7. Uji kecepatan jaringan ECMP (a), Uji kecepatan jaringan PCC (b)

Metode ECMP menghasilkan kecepatan *download* sebesar 88,47 Mbps dimana kecepatan tersebut lebih rendah dari metode PCC yang menghasilkan 92,80 Mbps. Kecepatan upload pada metode ECMP tidak beda jauh dengan metode PCC, namun tetap lebih rendah yaitu 94,22 Mbps dengan selisih 0,56 Mbps yaitu sebesar 94,78 Mbps. Dilihat dari pengujian ping metode PCC lebih unggul daripada metode ECMP karena mendapatkan nilai ping tercepat yaitu 4 ms.

Tabel 7. Pengujian kecepatan jaringan

Pengujian	ECMP	PCC
Download	88,47 Mbps	92,80 Mbps
Upload	94,22 Mbps	94,78 Mbps
Ping	30 ms	4 ms

Dari pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian QoS dan kecepatan jaringan, maka dapat disimpulkan bahwa metode PCC memang lebih unggul diterapkan pada jaringan di Diskominfo Kabupaten Kuningan. Rekapitulasi perbandingannya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Rekap Perbandingan QoS dan kecepatan jaringan

Pengujian	ECMP	PCC
Index QoS	3,25	3,5
Kecepatan Jaringan	Cukup Cepat	Lebih cepat

4. KESIMPULAN

Optimalisasi jaringan internet di instansi Diskominfo Kabupaten menggunakan metode *load balancing* telah berhasil diimplementasikan. Analisis *Quality of Service* (QoS) menunjukkan bahwa *load balancing* metode PCC lebih unggul daripada *load balancing* metode ECMP. Berdasarkan standar TIPHON pada metode PCC parameter *throughput* dalam kategori “Terbagus”, parameter *packet loss* dalam kategori “Bagus”, parameter *delay* dalam kategori “Sangat Bagus” dan parameter *jitter* dalam kategori “Bagus”. Hasil pengujian QoS menunjukkan rata-rata pengujian dari metode PCC berada pada kategori index "Memuaskan." Implementasi metode PCC berhasil meningkatkan kinerja jaringan internet secara keseluruhan. Diperkuat dengan hasil pengujian kecepatan jaringan pada metode PCC yang menghasilkan kecepatan *download* sebesar 92,80 Mbps dan kecepatan upload sebesar 94,78 Mbps serta pengujian *ping* sebesar 4 ms.

REFERENSI

- [1] S. Nurajizah, N. A. Ambarwati, and S. Muryani, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Internet Service Provider Terbaik Dengan Metode Analytical Hierarchy Process," *JURTEKSI (Jurnal Teknol. dan Sist. Informasi)*, vol. 6, no. 3, pp. 231–238, 2020, doi: 10.33330/jurteksi.v6i3.632.
- [2] A. Ariyanto, "Pengaruh Kualitas Produk dan Harga terhadap Kepuasan Konsumen Yang Berdampak pada Loyalitas Pelanggan Pemakai Paket Data Internet Indosat Ooredoo (Studi Pada Mahasiswa Prodi Manajemen S-1 Universitas Pamulang)," vol. 6, no. September, pp. 668–678, 2022, doi: 10.33087/ekonomis.v6i2.623.
- [3] M. Hilman, R. H. Sukarna, F. Teknik, U. Sultan, and A. Tirtayasa, "Pemanfaatan Internet Bagi Masyarakat Desa Untuk," vol. 9, 2022.
- [4] D. Leman, "Load Balancing 2 Jalur Internet Menggunakan Mikrotik Round Robin," *Riau J. Comput. Sci.*, vol. 05, no. 02, pp. 137–143, 2019.
- [5] M. Ghafur Hidayatullah, M. Jember Jl Karimata No, G. Kerang, K. Jember, and J. Timur, "Implementasi Load Balancing Metode NTH Untuk Distribusi Trafik pada SMK Maqna'ul Ulum Sukowono Menggunakan Mikrotik," 2019.
- [6] R. Alkatiri, E. Gunawan, and S. M, "Analisis Perbandingan Metode Load Balancing PCC dan ECMP Menggunakan Mikrotik Hap Late Rb941," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 18–22, 2021, doi: 10.52046/j-tifa.v4i1.1207.
- [7] R. Aldori, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per Connection Classifier) Berbasis Mikrotik pada SMK Tunas Harapan Jakarta," *TECHSI - J. Tek. Inform.*, vol. 13, no. 2, p. 69, 2021, doi: 10.29103/techsi.v13i2.5380.
- [8] A. Kishor, C. Chakraborty, and W. Jeberson, "Reinforcement learning for medical information processing over heterogeneous networks," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80, no. 16, pp. 23983–24004, 2021, doi: 10.1007/s11042-021-10840-0.
- [9] A. S. Hidayat, A. E. Widodo, A. Kencono, and Y. Nuryamin, "Implementasi Load Balancing dengan metode PCC pada Balai Besar Pelatihan Kesehatan (BBPK) Jakarta," *J. Sains dan Manaj.*, vol. 9, no. 1, pp. 101–112, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/evolusi/article/view/10189/4844>.
- [10] L. H. Efendi and D. W. Chandra, "Implementasi Weighted Load balancing Per Connection Clasifier Dengan Teknik Failover Menggunakan Mikrotik RB941-2ND (Studi Kasus : Dinas Pemberdayaan Perempuan, Perlindungan Anak dan Keluarga Berencana Kabupaten Grobogan)," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 7, no. 3, pp. 735–744, 2022, doi: 10.29100/jupi.v7i3.3048.
- [11] A. W. Syaputra and S. Assegaff, "Analisis Dan Implementasi Load Balancing Dengan Metode Nth Pada Jaringan Dinas Pendidikan Provinsi Jambi," *Anal. Dan Implementasi Load Balanc. Dengan Metod. Nth Pada Jar. Dinas Pendidik. Provinsi Jambi*, vol. 2, no. 4, pp. 831–844, 2017.
- [12] T. Octavriana, K. Joni, and A. F. Ibadillah, "Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Load Balancing Pada High Traffic Network," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 28–39, 2021, doi: 10.15408/jti.v14i1.15018.
- [13] A. Tanton, M. T. A. Zaen, and L. Mutawalli, "Komparasi QoS Load Balancing Pada 4 Line Internet dengan Metode PCC, ECMP dan NTH," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 110, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3436.
- [14] N. Nurdadyansyah and M. Hasibuan, "Konferensi Nasional Ilmu Komputer (KONIK) 2021 Perancangan Local Area Network Menggunakan NDLC Untuk Meningkatkan Layanan Sekolah," pp. 342–346, 2021.
- [15] A. Firdausi and D. Ramdani, "Pengoptimasian Traffic pada Jaringan Wide Area Network Menggunakan Application Aware Routing Berbasis SD-WAN," *InComTech J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 12, no. 2, pp. 154–167, 2022, [Online]. Available: <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/Incomtech/article/view/15180/5945>.
- [16] Satria Turangga, Martanto, and Yudhistira Arie Wijaya, "Analisis Internet Menggunakan Paramater Quality of Service Pada Alfamart Tuparev 70," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 392–398, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4693.
- [17] F. Utami, Lindawati, and Suzanefi, "Optimalisasi Load Balancing Dua Isp Untuk Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik," *Pros. SNATIF Ke-4*, pp. 451–457, 2017.

- [18] P. Tiar, Y. Saragih, and U. Latifa, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Wi-Fi Untuk Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan WireShark," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 11, no. 2, p. 154, 2021, doi: 10.22441/incomtech.v11i2.11000.
- [19] M. R. Syahrial, "Analisa Quality of Service IP Telephony dengan Metode Low Latency Queuing," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 69, 2017, doi: 10.22441/incomtech.v5i1.1134.
- [20] A. Husni, E. Budiman, M. Taruk, and H. J. Setyadi, "Teknik Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) Untuk Mengukur Beban Traffic Di Diskominfo Tenggarong," *Pros. Semin. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 103–109, 2018.