

Optimalisasi Jaringan Wireless dan Fiber Optik dengan Load Balance Metode PCC di Puskesmas Karas Kabupaten Magetan

Samsul Arifin¹, Agus Prihanto²

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

¹samsul.23413@mhs.unesa.ac.id

³agusprihanto@unesa.ac.id

Abstrak—Puskesmas sebagai fasilitas layanan kesehatan tingkat pertama membutuhkan infrastruktur jaringan *internet* yang stabil dan handal untuk mendukung operasional seperti sistem informasi kesehatan, telemedisin, serta pengelolaan data pasien. Salah satu kendala utama adalah ketergantungan pada satu sumber *internet*, yang seringkali menimbulkan gangguan layanan jika terjadi putus koneksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan *internet* di Puskesmas Karas Kabupaten Magetan dengan memanfaatkan dua sumber koneksi, yaitu wireless dan fiber optik (FO), melalui penerapan metode *Load balancing Peer Connection Classifier (PCC)* pada perangkat MikroTik. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental, dengan tahapan studi literatur, perancangan *topologi* jaringan, konfigurasi perangkat, serta pengujian dan evaluasi performa jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi metode *PCC* mampu mendistribusikan *traffic internet* secara merata, menjaga stabilitas koneksi, serta memberikan *Failover* otomatis saat salah satu koneksi mengalami gangguan. Penerapan metode ini juga meningkatkan efisiensi penggunaan *Bandwidth* dari dua ISP yang tersedia. Dengan demikian, *Load balancing* metode *PCC* terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja jaringan di lingkungan Puskesmas, serta dapat menjadi solusi praktis dan ekonomis untuk layanan kesehatan berbasis teknologi.

Kata Kunci— *Load balancing*, *PCC*, MikroTik, *Bandwidth*, jaringan *internet*, Puskesmas.

I. PENDAHULUAN

Di era digital saat ini, layanan kesehatan semakin mengandalkan koneksi *internet* yang stabil dan cepat untuk mendukung berbagai aktivitas operasional, seperti sistem informasi kesehatan, telemedisin, pencatatan rekam medis elektronik, serta komunikasi internal dan eksternal. Puskesmas sebagai ujung tombak pelayanan kesehatan primer memerlukan infrastruktur jaringan yang andal agar pelayanan kepada masyarakat tetap berjalan optimal [1].

Namun, dalam praktiknya, sering terjadi kepadatan lalu lintas jaringan (*traffic*) yang menyebabkan penurunan performa layanan. Semakin tinggi kebutuhan *Bandwidth*, semakin besar pula tuntutan terhadap pengelolaan jaringan yang efisien [2]. Untuk menjawab tantangan tersebut, strategi yang dapat diterapkan adalah penggunaan lebih dari satu sumber *internet* guna menjamin kontinuitas akses.

Dalam studi ini, Puskesmas mengandalkan dua jalur koneksi: jaringan wireless sebagai koneksi utama, dan fiber optik (FO) sebagai koneksi cadangan. Tantangannya adalah bagaimana mengelola kedua koneksi tersebut secara optimal

dan otomatis, terutama saat salah satu koneksi mengalami gangguan. Diperlukan mekanisme yang mampu menyeimbangkan beban jaringan secara real-time agar layanan tetap stabil.

Metode *load balancing* menjadi solusi yang relevan dalam konteks ini. Dengan membagi *traffic* melalui dua atau lebih jalur gateway, beban jaringan dapat diatur secara seimbang sehingga pemanfaatan *Bandwidth* dari kedua ISP menjadi lebih efisien [3]. Bahkan, kedua jalur koneksi dapat digunakan bersamaan tanpa harus menunggu salah satu koneksi terputus [4].

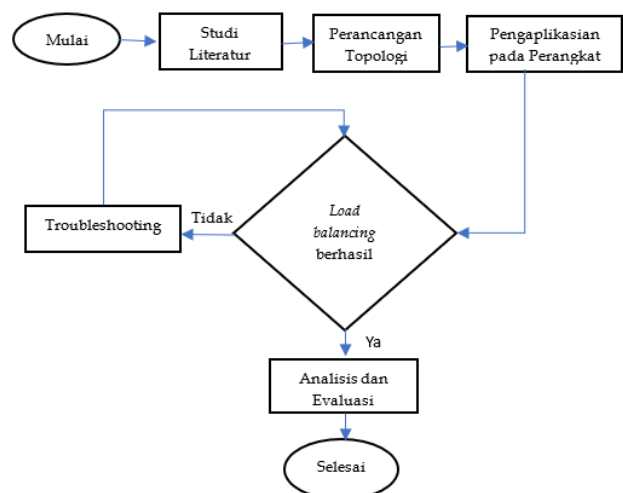
II. METODOLOGI

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini memakai pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental untuk menilai sejauh mana efektivitas metode *Load Balancing* dalam mengatur distribusi lalu lintas jaringan serta dampaknya terhadap kestabilan koneksi *internet* di lingkungan Puskesmas Karas

B. Tahapan Penelitian

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:



Gbr. 1 Flowchart

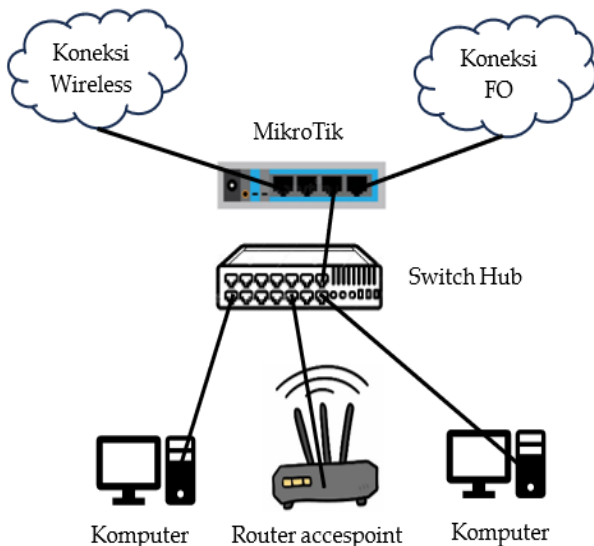
1. Kajian Literatur

Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan kajian pustaka guna memperdalam pemahaman terkait dasar-dasar jaringan komputer, teknik *load balancing*, serta pendekatan *Per Connection Classifier (PCC)*. Sumber

literatur meliputi artikel ilmiah, buku teks, dan dokumentasi teknis dari perangkat MikroTik.

2. Desain Arsitektur Jaringan

Pada tahap ini, peneliti menyusun rancangan arsitektur jaringan yang akan diterapkan. Rancangan mencakup konfigurasi perangkat seperti router MikroTik, *access point*, serta *switch hub*. Desain tersebut bertujuan untuk menggabungkan dua jalur koneksi internet yakni *nirkabel* dan *fiber optic* menggunakan metode *PCC* sebagai teknik distribusi *traffic*.



Gbr. 2 Topologi Jaringan

3. Implementasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan konfigurasi perangkat jaringan sesuai *topologi* yang telah dirancang. Konfigurasi mencakup pengaturan *IP address*, *DNS*, *NAT*, *mangle rules*, dan routing pada perangkat MikroTik, serta pengaturan *accses point*. Fokus utama implementasi adalah pada konfigurasi *load balancing* agar koneksi *internet* dapat berjalan stabil dan efisien.

4. Pengujian dan Evaluasi Kinerja

Pengujian dilakukan setelah sistem berjalan optimal. Evaluasi dilakukan melalui beberapa pengujian utama,

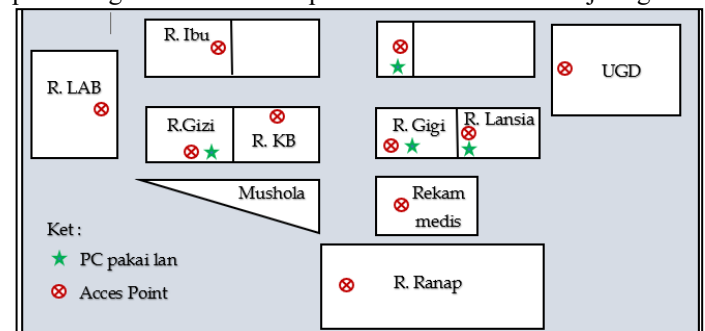
- Speedtest* : Pengujian kecepatan koneksi pada skenario *single-connection* dan *multi-connection*.
- Distribusi *Bandwidth* : Mengamati sebaran *bandwidth* ke perangkat pengguna.
- Session Test* : Menguji kestabilan koneksi saat mengakses layanan seperti *browsing* dan *streaming*.
- Failover Test*: Menguji kemampuan sistem dalam mengalihkan koneksi secara otomatis saat salah satu *ISP* gagal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

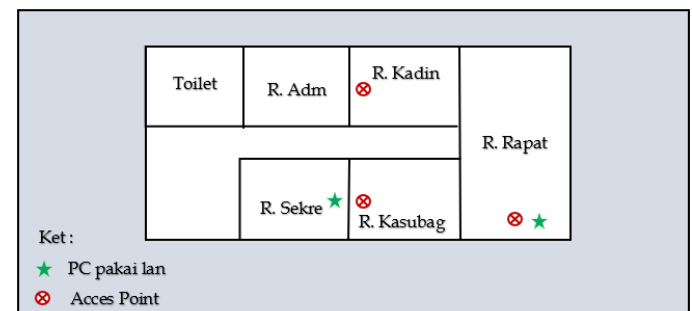
A. Hasil Penelitian

Hasil *observasi* yang dilakukan melalui wawancara langsung dan pengamatan lapangan di Puskesmas Karas

Kabupaten Magetan mengidentifikasi kebutuhan dasar dalam proses implementasi *load balancing*. Beberapa data penting yang berhasil dihimpun meliputi struktur *topologi* jaringan, perangkat keras (*hardware*), serta konfigurasi sistem jaringan yang digunakan. Penelitian ini mengimplementasikan metode *Per Connection Classifier (PCC)* sebagai solusi untuk meningkatkan kualitas koneksi *internet* di lingkungan Puskesmas. Metode ini dipilih berdasarkan hasil studi pustaka, observasi teknis, dan kajian literatur, yang menunjukkan bahwa *PCC* mampu mengoptimalkan distribusi beban *traffic* dan meningkatkan kestabilan koneksi. *Topologi* jaringan serta sebaran titik akses (*access point*) dalam gedung Puskesmas didokumentasikan melalui hasil observasi langsung. Gbr. 1 dan Gbr. 2 menunjukkan persebaran titik *AP* serta denah fisik bangunan dua lantai yang digunakan sebagai referensi dalam perancangan dan implementasi sistem jaringan.



Gbr. 3 Denah Lantai 1



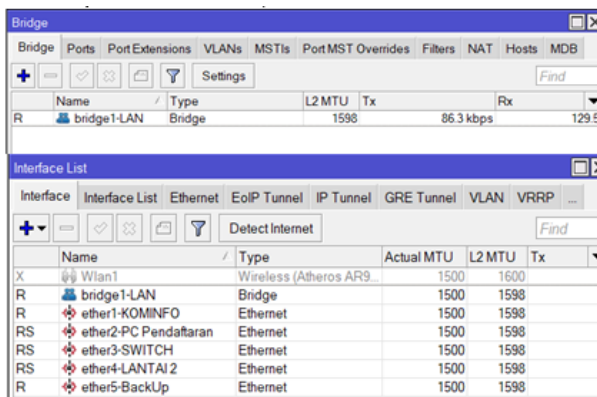
Gbr. 4 Denah Lantai 2

B. Konfigurasi Load Balancing pada MikroTik

Penelitian ini menggunakan *router* MikroTik RB 951 2HnD (firmware 6.49.5). Awalnya, diukur *bandwidth ISP primer* dan *sekunder* via *Speedtest* untuk menentukan kapasitas dasar sebelum konfigurasi.

1. Penamaan Interface dan Setup Bridge

Semua *port Ethernet* diberi nama deskriptif untuk memudahkan pengelolaan (misalnya, *ether-KOMINFO*, *ether5-BackUp*). Selanjutnya dibentuk *bridge LAN* untuk menyatukan *port* dari perangkat internal (*PC pendaftaran*, *switch*, dan *LAN lantai 2*).

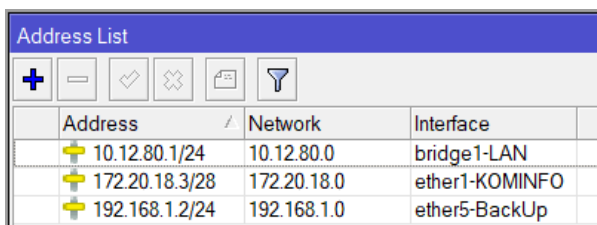


Gbr. 5 Konfigurasi Bridge dan Interface

2. Pengaturan IP Address

Masing-masing *interface* diberi alamat IP:

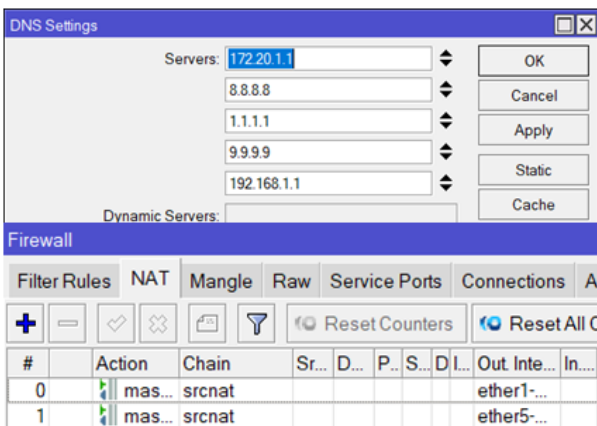
- Ether1-KOMINFO*: 172.20.18.3/28 (*gateway* KOMINFO)
- Ether5-BackUp*: 192.168.1.2/24 (*ISP* cadangan)
- Bridge1 LAN*: 10.12.80.1/24 (*jaringan* lokal)



Gbr. 6 Konfigurasi IP Address

3. Konfigurasi DNS dan NAT

Router disetel untuk menerima permintaan *DNS* dari lokal dan menggunakan beberapa *server* publik (Google, Cloudflare, Quad9). NAT diaktifkan dengan perintah *masquerade* pada kedua jalur *ISP* agar *client* dapat mengakses internet.

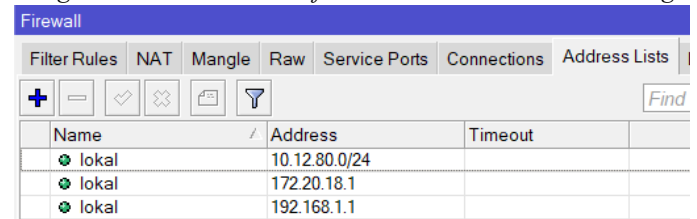


Gbr. 7 Konfigurasi NAT dan DNS

4. Pembuatan Address List

Dibuat daftar alamat lokal mencakup jaringan internal dan *gateway* *ISP*, sehingga bisa digunakan dalam aturan *rule- rule*

mangle dalam *firewall* dan *routing*.



Gbr. 8 Konfigurasi Address List

5. Konfigurasi Mangle

Konfigurasi *Mangle* dalam Mikrotik digunakan untuk menandai paket atau koneksi yang masuk ke *router* sebelum diarahkan oleh aturan *routing*. Tindakan ini krusial dalam implementasi metode *Load Balancing* karena menentukan jalur mana yang akan digunakan oleh setiap aliran *traffic* berdasarkan antarmuka asal atau karakteristik koneksi tersebut. Langkah awal dimulai dengan membuat pengecualian untuk *traffic* lokal agar tidak ikut diproses oleh aturan *load balancing*.

```
/ip firewall mangle
add action=accept chain=prerouting
comment="Trafik Lokal" dst-address-
list=lokal
add action=accept chain=output dst-address-
list=lokal
```

Gbr. 9 Konfigurasi Mangle

Setelah itu, koneksi yang berasal dari dua *ISP* dipetakan berdasarkan antarmuka sumber *WAN* yaitu *ether1-KOMINFO* dan *ether5-BackUp* seperti gbr. 8 dibawah ini :

```
add action=mark-connection chain=input
comment="Koneksi BACKUP" in-
interface="ether5-BackUp" new-
connection-mark=kon-backup
passthrough=yes
add action=mark-connection chain=input
comment="Koneksi KOMINFO" in-
interface="ether1-KOMINFO" new-
connection-mark=kon-kominfo
passthrough=yes
```

Gbr. 10 Konfigurasi Mangle

Agar trafik dari klien internal dapat dibagi rata ke dua koneksi internet karena *ISP* menggunakan kapasitas *bandwidth* sebesar 30Mbps, diterapkan metode *Per Connection Classifier (PCC)* berdasarkan kombinasi alamat sumber dan tujuan serta nomor *port*. Setiap koneksi baru akan diklasifikasikan dan ditandai. Prinsip dasar *PCC* yang digunakan yaitu membagi *traffic* menjadi dua bagian (denominator 2), sesuai dengan jumlah koneksi internet yang tersedia. Koneksi dengan sisa hasil bagi 0 dialihkan ke jalur KOMINFO, sedangkan sisanya ke jalur BackUp. Setelah koneksi ditandai, langkah berikutnya adalah memberikan tanda *routing* sebagai arah keluaran seperti gbr. 9 dibawah ini.

```
add action=mark-connection chain=prerouting
comment="TRAJIK BACKUP" dst-address-list=!lokal
in-interface=bridge1-LAN new-connection-
mark="Trafik Backup" passthrough=yes per-
connection-classifier=both-addresses-and-
ports:2/0
add action=mark-connection chain=prerouting
comment="Trafik KOMINFO" dst-address-list=!lokal
in-interface=bridge1-LAN new-connection-
mark="Trafik Kominfo" passthrough=yes per-
connection-classifier=both-addresses-and-
ports:2/1
```

Gbr. 11 Konfigurasi Mangle

```
add action=mark-routing chain=output connection-
mark=kon-backup new-routing-mark="TO BACKUP"
passthrough=yes
add action=mark-routing chain=output connection-
mark=kon-kominfo new-routing-mark="TO KOMINFO"
passthrough=yes
add action=mark-routing chain=prerouting
connection-mark="Trafik Backup" in-
interface=bridge1-LAN new-routing-mark="TO
BACKUP" passthrough=yes
add action=mark-routing chain=prerouting
connection-mark="Trafik Kominfo" in-
interface=bridge1-LAN new-routing-mark="TO
KOMINFO" passthrough=yes
```

Gbr. 12 Konfigurasi Mangle

Sesuai konfigurasi pada gbr.10 diatas memastikan bahwa setiap koneksi yang telah diberi tanda (*connection-mark*) akan diarahkan ke *gateway* sesuai dengan *routing-mark* yang ditentukan. Dengan demikian, koneksi dari klien akan secara dinamis terbagi ke dua jalur berdasarkan aturan yang telah diterapkan.

Berikut (gbr.11) adalah hasil setelah melakukan beberapa konfigurasi *mangle* di MikroTik.

Firewall										
Filter Rules NAT Mangle Raw Service Ports Connections Address Lists Layer7 Protocols										
#	Action	Chain	Sr.	Pr.	S.D.	In. Interface	O. I.	O. S.	Dst. A	
0 X	mark routing	prerouting				bridge1-LAN				
... Trafik Lokal										
1	accept	prerouting							lokal	
2	accept	output							lokal	
... Koneksi_KOMINFO										
3	mark connection	input				ether1-KOMINFO				
... Koneksi_BACKUP										
4	mark connection	input				ether5-BackUp				
5	mark routing	output								
6	mark routing	output								
... TRAFIK KOMINFO										
7	mark connection	prerouting				bridge1-LAN			!lokal	
... TRAFIK BACK UP										
8	mark connection	prerouting				bridge1-LAN			!lokal	
... OUT PUT										
9	mark routing	prerouting				bridge1-LAN				
... OUT PUT										
10	mark routing	prerouting				bridge1-LAN				

Gbr. 13 Hasil Konfigurasi Mangle

6. Konfigurasi Routing

Setelah proses penandaan *traffic* dengan fitur *Mangle* selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah menyusun rute jaringan agar paket data dapat diarahkan ke *gateway* yang sesuai. Konfigurasi *routing* ini menggabungkan dua

komponen utama, yaitu *routing mark* dan *default route*, yang berfungsi untuk memastikan alur lalu lintas jaringan berjalan sesuai jalur yang telah ditentukan.

```
/ip route
add check-gateway=ping distance=1
gateway=192.168.1.1 routing-mark="TO BACKUP"
add check-gateway=ping distance=1
gateway=172.20.18.1 routing-mark="TO KOMINFO"
add check-gateway=ping distance=2
gateway=192.168.1.1
add check-gateway=ping distance=1
gateway=172.20.18.1
```

Gbr. 14 Konfigurasi Routing

Dua baris pertama mengatur rute berdasarkan *routing-mark* hasil konfigurasi *Mangle*. Masing-masing *traffic* yang telah ditandai akan diarahkan ke *gateway ISP* yang sesuai. Sementara dua baris berikutnya adalah *default route* untuk mengatur jalur utama akses internet saat tidak ada penandaan khusus pada *traffic*. Konfigurasi ini memastikan bahwa *distribusi traffic* dapat dilakukan dengan tepat, sekaligus menyediakan mekanisme pengalihan otomatis jika terjadi gangguan pada salah satu jalur koneksi.

7. Konfigurasi Failover

Konfigurasi *failover* bertujuan untuk menjaga kestabilan koneksi internet meskipun salah satu jalur *ISP* mengalami gangguan. Dengan metode ini, sistem akan secara otomatis mengalihkan *traffic* ke jalur cadangan apabila *gateway* utama tidak dapat dijangkau (*unreachable*). Dalam skema ini, digunakan metode pembacaan *ping* sebagai indikator status konektivitas *gateway*.

```
/ip route
add check-gateway=ping distance=2
gateway=172.20.18.1 routing-mark="TO BACKUP"
add check-gateway=ping distance=2
gateway=192.168.1.1 routing-mark="TO
KOMINFO"
```

Gbr. 15 Konfigurasi Failover

Konfigurasi di atas memastikan bahwa jika koneksi utama yang ditandai sebagai TO KOMINFO atau TO BACKUP tidak tersedia, maka *traffic* secara otomatis dialihkan ke *gateway* cadangan dengan *distance* yang lebih tinggi. Nilai *distance=2* menandakan prioritas lebih rendah dibanding rute utama (*distance=1*) yang telah dikonfigurasi sebelumnya.

Mekanisme *failover* ini menjamin kesinambungan layanan internet tanpa intervensi manual, sehingga sangat penting untuk menjaga ketersediaan jaringan di lingkungan kritis seperti instansi layanan publik.

8. Konfigurasi Access Point

Dalam penerapan sistem jaringan di Puskesmas Karas, perangkat *access point* yang digunakan adalah Ruijie Reyee EW 1200G-PRO. Konfigurasi perangkat ini dilakukan secara menyeluruh agar dapat mendistribusikan koneksi internet dari *router* MikroTik ke seluruh area pelayanan. Tahapan konfigurasi yang dilakukan meliputi konfigurasi *IP WAN*

(gbr.15), *IP LAN* dan *DHCP* (gbr.16) serta *SSID* dan *password* (gbr.16) :

IP WAN dikonfigurasi secara statik dengan alamat *IP* lokal yang diperoleh dari *router* MikroTik. Tujuan dari penetapan *IP* statik ini adalah agar proses pemantauan dan pemeliharaan perangkat dapat dilakukan secara konsisten tanpa adanya perubahan alamat yang bersifat dinamis.

The screenshot shows the 'Internet' configuration page in MikroTik WinBox. The 'Internet' dropdown is set to 'Static IP'. The 'IP' field contains '10.12.80.35'. The 'Subnet Mask' field contains '255.255.255.0'. The 'Gateway' field contains '10.12.80.1'. The 'DNS Server' field contains '1.1.1.1 172.20.1.1 8.8.8.8 124.40.25'.

Gbr. 16 Konfigurasi *IP address*

Pada bagian *LAN*, dilakukan penetapan alamat *IP gateway* yang akan menjadi identitas jaringan lokal. Selain itu, fitur *DHCP Server* diaktifkan agar setiap perangkat yang terhubung ke jaringan *access point* dapat memperoleh alamat *IP* secara otomatis, sehingga mempermudah pengelolaan dan mengurangi kesalahan konfigurasi manual pada perangkat *client*.

The screenshot shows the 'LAN' configuration page in MikroTik WinBox. The 'IP' field contains '192.168.86.1'. The 'Subnet Mask' field contains '255.255.255.0'. The 'MAC' field contains '70:85:c4:35:2b:13'. The 'DHCP Server' toggle is turned on. The 'Start' field contains '192.168.86.1'. The 'IP Count' field contains '254'. The 'Lease Time(Min)' field contains '120'.

Gbr. 17 Konfigurasi *IP LAN* dan *DHCP*

SSID dikustomisasi untuk memberikan nama unik pada jaringan Wi-Fi, guna membedakan dengan jaringan lain yang mungkin tersedia di lingkungan sekitar. Untuk mencegah akses yang tidak sah, ditambahkan pengaturan keamanan berupa *password* yang hanya diketahui oleh *administrator* jaringan atau pengguna yang berwenang.

The screenshot shows the 'Wi-Fi' configuration page in MikroTik WinBox. The '2.4G Wi-Fi' toggle is turned on, with the subtitle 'Large Coverage & Slow Rate'. The 'SSID' field contains 'Ruang Rekam Medis'. The 'Security' dropdown is set to 'WPA/WPA2-PSK'. The 'Wi-Fi Password' field is masked with dots. The '5G Wi-Fi' toggle is turned on, with the subtitle 'Small Coverage & Fast Rate'. The 'SSID' field contains 'Ruang Rekam Medis_5G'. The 'Security' dropdown is set to 'WPA/WPA2-PSK'. The 'Wi-Fi Password' field is masked with dots.

Gbr. 18 Konfigurasi *SSID* dan *Password*

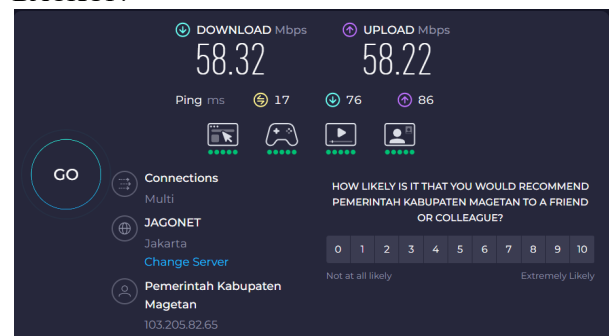
C. Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas konfigurasi *load balancing* dengan metode *PCC (Per Connection Classifier)* pada perangkat MikroTik RB951G-2HnD. Beberapa aspek yang diuji mencakup performa *bandwidth* (melalui *speedtest*), *distribusi trafik*, serta ketahanan sistem saat terjadi lonjakan pengguna.

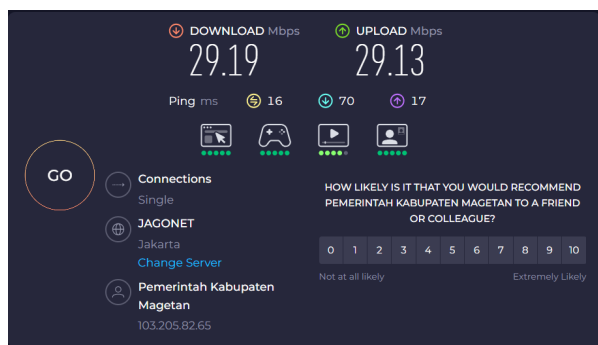
1. Pengujian Bandwidth (Speedtest)

Pengujian dilakukan menggunakan layanan *Speedtest* dari Ookla untuk mengevaluasi performa koneksi internet setelah penerapan *load balancing* dengan metode *Peer Connection Classifier (PCC)*. Uji coba dilakukan pada perangkat klien yang terhubung langsung ke *router* MikroTik dengan dua skenario berbeda:

- (1) *Single Connection*, untuk mengamati alur *traffic* pada satu koneksi *ISP*; dan
- (2) *Multi Connection*, untuk menilai distribusi beban secara simultan melalui dua jalur *ISP*, yaitu KOMINFO dan BACKUP.



Gbr. 19 *Speedtest Multi Connection* setelah *Loadbalance*



Gbr. 20 Speedtest Single Connection setelah Loadbalance

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam mode *multi connection*, distribusi *traffic* berjalan sesuai dengan kebijakan *PCC*. Data *bandwidth* yang tercatat mendekati akumulasi dari kedua koneksi, sehingga mengindikasikan bahwa mekanisme *load balancing* bekerja secara efektif dalam membagi beban secara merata antar antarmuka jaringan yang tersedia.

2. Pengujian Distribusi Bandwidth

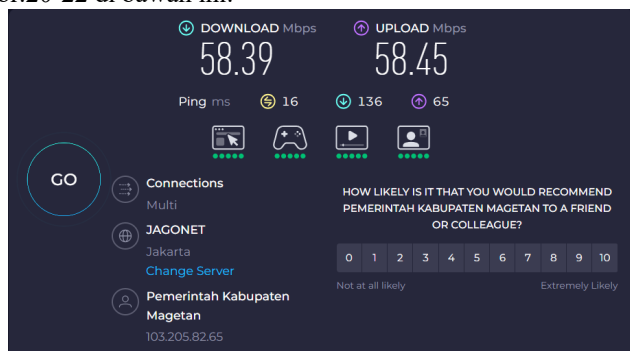
Distribusi *bandwidth* diuji dalam tiga kondisi berbeda:

Sepi (hanya 1 pengguna aktif)

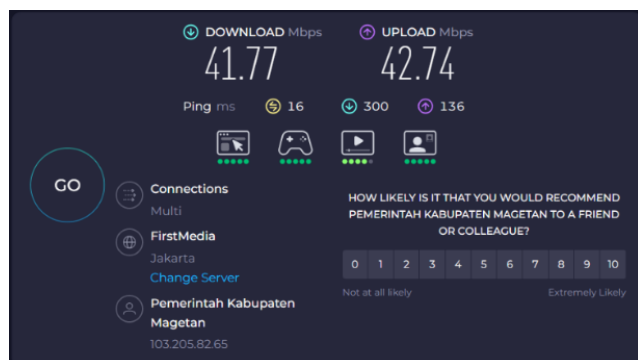
Sedang (aktivitas normal pelayanan)

Ramai (jumlah pengguna tinggi)

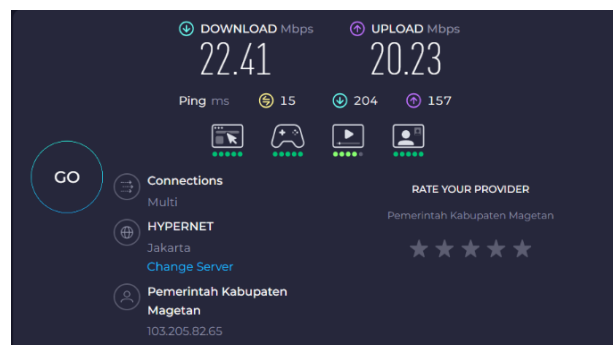
Berikut hasil pengujian dalam tiga kondisi seperti pada gbr.20-22 di bawah ini.



Gbr. 21 Pengujian dalam kondisi sepi



Gbr. 22 Pengujian dalam kondisi ramai



Gbr. 23 Pengujian dalam kondisi ramai

Setiap kondisi diuji sebanyak lima kali dalam interval 5 menit, baik melalui koneksi Wi-Fi maupun LAN. Hasilnya menunjukkan bahwa setelah implementasi *load balancing*, *bandwidth* yang diterima klien meningkat signifikan, terutama pada kondisi padat pengguna. Rata-rata kecepatan unduh dan unggah mengalami peningkatan, khususnya saat kondisi jaringan sibuk.

Table I
Pengujian Sebelum dan Sesudah Loadbalance

Waktu	Interval	Wireless/Wifi				Kabel LAN			
		Before LB		After LB		Before LB		After LB	
		D	U	D	U	D	U	D	U
S E P I	1	29,18	29,18	58,38	57,45	29,28	29,30	58,47	58,35
	2	29,31	29,19	58,56	58,51	29,30	29,33	58,10	58,45
	3	29,28	29,25	58,48	58,34	29,24	29,31	58,39	58,46
	4	29,27	29,22	58,52	56,86	29,32	29,26	58,50	58,38
	5	29,04	29,18	58,61	58,37	29,28	29,28	58,40	58,50
S E D A N G	1	18,57	20,51	38,54	41,34	19,35	22,86	42,74	45,69
	2	16,62	22,44	44,26	44,69	20,34	24,45	44,97	47,34
	3	20,02	24,41	41,68	49,27	18,96	21,68	39,06	44,24
	4	19,43	18,44	43,69	45,72	22,83	25,34	46,90	48,31
	5	19,54	23,39	44,72	47,46	23,89	24,26	48,82	49,32
S I B U K	1	6,75	9,71	21,98	23,46	8,68	10,72	22,59	26,30
	2	5,85	14,63	19,72	24,68	7,75	11,71	23,61	28,08
	3	8,79	17,52	22,34	28,32	4,82	9,76	25,09	30,38
	4	9,77	20,51	25,69	31,43	4,22	13,59	28,14	32,17
	5	7,12	15,63	24,75	29,96	8,54	14,13	26,36	29,82

Ket : D = Download U = Upload

Tabel 1 menyajikan perbandingan hasil sebelum dan sesudah konfigurasi *load balancing*. Terlihat bahwa peningkatan *throughput* terjadi secara konsisten pada semua kondisi, dengan peningkatan paling tinggi pada kondisi sibuk.

3. Pengujian Session Koneksi Internet

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan sesi koneksi saat *client* melakukan aktivitas *browsing*, sebagai representasi beban *traffic* ringan namun berulang. Pengujian dilakukan dengan membuka lima situs web berbeda dari satu PC *Client* yang terhubung ke *router* MikroTik. Setiap situs diakses dan direfresh sebanyak lima kali dalam interval satu menit untuk mengamati apakah sesi tetap tersambung (*connected*) atau mengalami pemutusan (*loss*).

Tabel 2 menampilkan hasil pengujian terhadap lima situs web populer dan institusional. Kolom Ke-1 hingga Ke-5 merepresentasikan refresh berulang, sedangkan kode “C” menunjukkan koneksi sukses dan “L” menunjukkan gangguan koneksi.

Table II
Hasil Pengujian *Session* koneksi internet

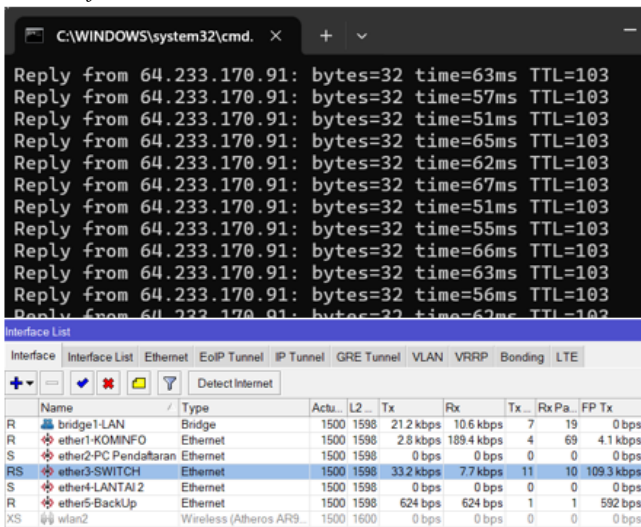
No	Situs	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5
1	Detik.com	C	C	C	C	C
2	Nasional.kompas.com	C	C	C	C	C
3	sso.unesa.ac.id	C	C	C	C	C
4	Magetan.go.id	C	C	C	C	C
5	www.halomedis.com	C	C	C	C	C

Ket : C = Connect L = Loss

Hasil menunjukkan bahwa semua sesi koneksi berhasil dijaga tanpa pemutusan selama proses pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa implementasi *load balancing* metode *PCC* tidak mengganggu kestabilan *session-level* trafik, sehingga pengguna dapat melakukan aktivitas *browsing* secara lancar tanpa terganggu oleh *switching* antarkoneksi.

4. Pengujian *Failover*

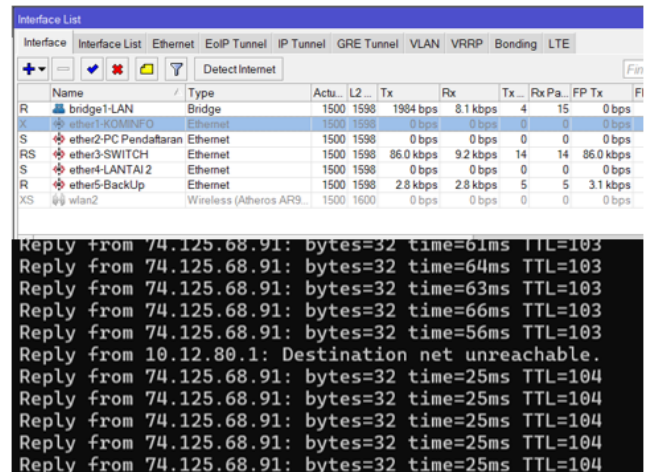
Pengujian *failover* dilakukan untuk memastikan sistem mampu mengalihkan koneksi internet secara otomatis ketika salah satu jalur *ISP* mengalami gangguan. Dalam skenario ini, peneliti akan menguji tiga protokol, yaitu *ICMP*, *TCP*, dan *UDP*. Pengujian *ICMP* diawali dengan mengirim *ping* ke www.youtube.com menggunakan protokol *ICMP* setelah itu peneliti akan memutus *Interface* yang digunakan untuk *gateway*. Berikut respon sistem setelah pemutusan pada salah satu *Interface*.



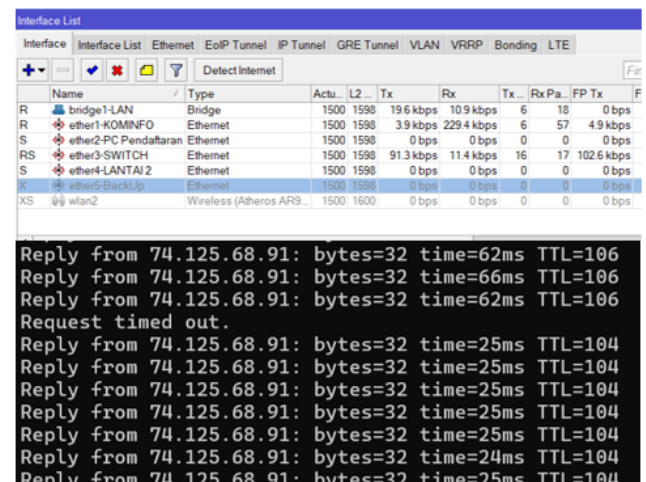
Gbr. 24 *Ping* ke www.youtube.com

Pada gbr.23 diatas, terlihat bahwa koneksi menggunakan *gateway* dari *ether1-KOMINFO*. Selanjutnya, jalur tersebut sengaja diputus untuk mengamati respons sistem.

Hasil setelah pemutusan dapat dilihat pada gbr.24, sistem berhasil mengalihkan koneksi ke *gateway ether5-BackUp* secara otomatis, dengan jeda waktu yang relatif singkat dan tanpa kehilangan koneksi signifikan. Setelah itu *ether1-KOMINFO* diaktifkan kembali dan *ether5-BackUp* diputus, sistem kembali beralih ke jalur utama tanpa intervensi manual terlihat pada gbr.25.



Gbr. 25 *Ping* setelah Pemutusan *Ether1-KOMINFO*



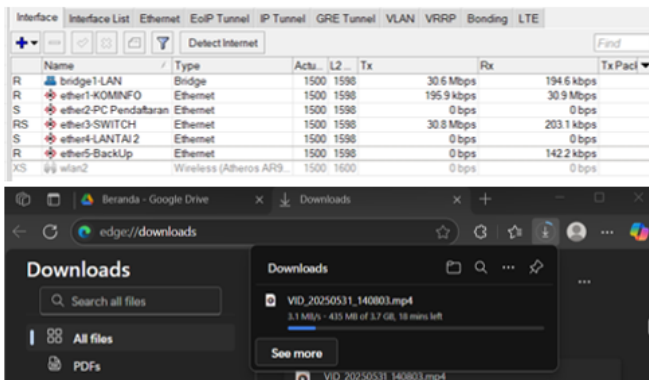
Gbr. 26 *Ping* setelah Pemutusan *Ether5-BackUp*

Perpindahan jalur terpantau dari perubahan *TTL* dan rute *traceroute*. Data pengujian menunjukkan bahwa mekanisme *failover* berjalan stabil, dengan waktu respons yang tetap dalam kategori baik hingga sangat baik, sebagaimana tercantum dalam tabel hasil pengujian *ICMP*.

Table III
Hasil Pengujian *ICMP*

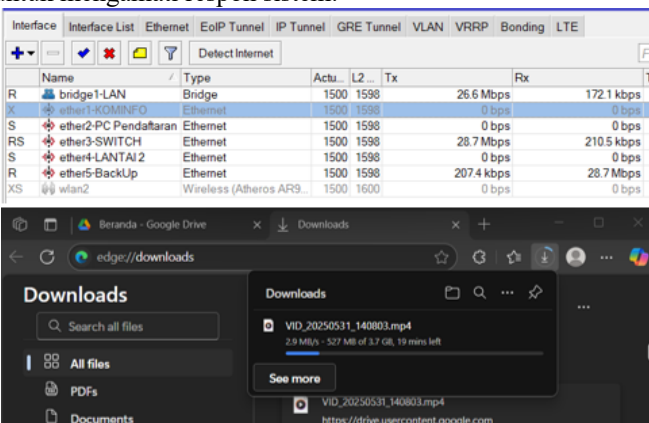
Pengujian	Time Sebelum	<i>TTL</i>	Time Saat putus	<i>TTL</i>	<i>RTO</i>	Selisih	Kategori
1	26	103	67	102	-	41	Bagus
2	26	103	57	102	1	31	Baik
3	67	103	29	104	-	37	Bagus
4	64	103	40	104	1	24	Baik
5	66	106	37	104	1	29	Baik

Selanjutnya pengujian *failover* pada protokol *TCP* dilakukan dengan mengunduh sebuah file test *download* dari Google Drive. Selama proses berlangsung, jalur utama sengaja diputus untuk mengamati respons sistem.



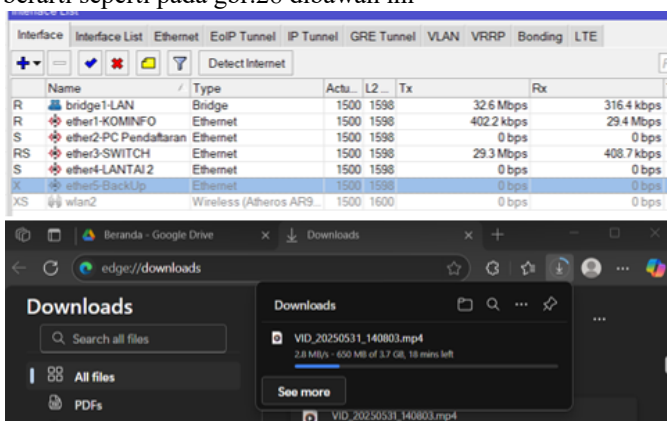
Gbr. 27 Proses Download sebelum Pemutusan jalur

Terlihat pada gbr.26 gateway yang digunakan adalah *ether1-KOMINFO*, selanjutnya jalur tersebut akan diputus untuk mengamati respon sistem.



Gbr. 28 Setelah Pemutusan jalur *ether1-KOMINFO*

Setelah pemutusan, pada gbr.27 sistem secara otomatis mengalihkan jalur *download* ke koneksi cadangan *ether5-BackUp* tanpa memutus koneksi. Proses unduhan tetap berjalan dengan stabil. Kemudian, jalur *ether1-KOMINFO* diaktifkan kembali dan *ether5-BackUp* diputus. Sistem kembali mengalihkan koneksi ke jalur utama tanpa hambatan berarti seperti pada gbr.28 dibawah ini

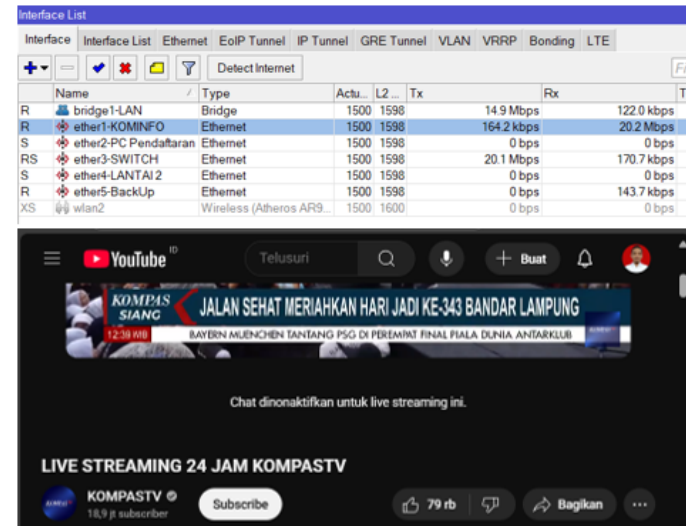


Gbr. 29 Setelah Pemutusan Jalur *Ether5-BackUp*

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa mekanisme *failover* untuk koneksi *TCP* bekerja secara efisien.

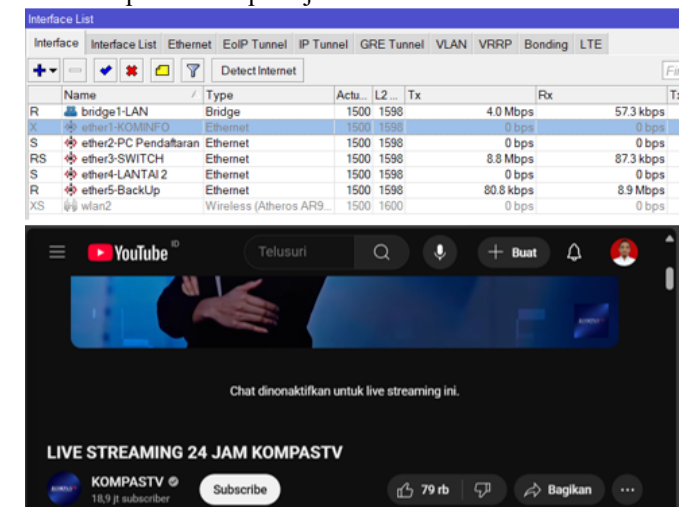
Perpindahan jalur berlangsung otomatis dan *seamless*, memastikan kestabilan koneksi selama proses *download* meskipun terjadi gangguan pada salah satu jalur *ISP*.

Selanjutnya pengujian protokol *UDP* dilakukan dengan menonton siaran langsung kanal KompasTV di YouTube dengan kualitas 1080p setelah itu penulis akan melakukan pemutusan pada salah satu jalur untuk mengamati respon sistem.



Gbr. 30 Live Streaming sebelum pemutusan jalur

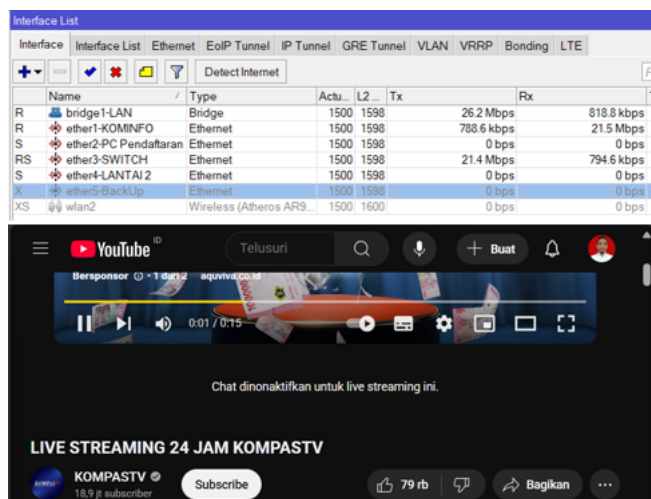
Pada gbr.29 diatas dapat dilihat *live streaming* menggunakan jalur *ether1-KOMINFO*. Selanjutnya akan dilakukan pemutusan pada jalur tersebut.



Gbr. 31 Live Streaming setelah pemutusan jalur *ether1-KOMINFO*

Awalnya, sistem menggunakan jalur utama *ether1-KOMINFO*. Setelah jalur utama diputus, sistem otomatis mengalihkan *traffic* ke jalur cadangan *ether5-BackUp* tanpa gangguan terhadap *live streaming*. Video tetap berjalan mulus tanpa *buffering* atau penurunan kualitas seperti pada gbr.30.

Langkah selanjutnya adalah mengaktifkan kembali *ether1-KOMINFO* dan secara bersamaan memutus jalur *ether5-BackUp*. Hasilnya serupa *live streaming* tetap berjalan stabil dengan resolusi tetap terjaga seperti pada gbr.31 dibawah ini



Gbr. 32 Live Streaming setelah pemutusan jalur ether5-BackUp

Pengujian ini menunjukkan bahwa mekanisme failover untuk protokol *UDP* bekerja optimal. Peralihan antar jalur tidak mengganggu kelancaran *streaming*, yang menandakan kestabilan dan keandalan konfigurasi *routing* yang diterapkan.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengamatan terhadap sistem ketika salah satu jalur koneksi (KOMINFO atau BackUp) diputus selama pengujian tiga protokol utama: *ICMP (Ping)*, *TCP (Download)*, dan *UDP (Live Streaming)*.

Table IV
Kondisi sistem saat pemutusan jalur

PC Client	Kondisi Provider		Jalur	
	Kominfo	BackUp	KOMINFO	BackUp
PING	Hidup	Hidup	X	
	Mati	Hidup		X
	Hidup	Mati	X	
Download	Hidup	Hidup	X	
	Mati	Hidup		X
	Hidup	Mati	X	
Live Streaming	Hidup	Hidup	X	
	Mati	Hidup		X
	Hidup	Mati	X	

Dari tabel dapat dilihat bahwa saat kedua jalur aktif, seluruh layanan berjalan menggunakan jalur utama (KOMINFO). Ketika jalur KOMINFO terputus, sistem secara otomatis mengalihkan koneksi ke jalur cadangan (BackUp), sehingga layanan tetap berjalan normal tanpa gangguan. Hal yang sama terjadi ketika jalur BackUp diputus dan KOMINFO kembali aktif sistem tetap menjaga kestabilan koneksi dengan melakukan pengalihan otomatis ke jalur yang tersedia.

Dan berikut hasil analisis pengukuran kinerja jaringan. Pengujian dilakukan menggunakan satu perangkat laptop yang terhubung melalui dua jenis koneksi: *LAN* (kabel) dan *Wi-Fi* (*nirkabel*). Aktivitas pengujian berupa *streaming* video YouTube beresolusi 1080p selama 3 menit, diulang sebanyak lima kali untuk tiap skenario sebelum dan sesudah

implementasi *load balancing* (*LB*). Data dikumpulkan dan dianalisis menggunakan alat bantu Wireshark untuk mengukur *Throughput*, *Delay*, dan *Packet Loss*.

Table V
Hasil pengukuran *Throughput* dengan Kabel *LAN*

Interval	Pengujian	Throughput	
		Before LB	After LB
5 Menit	1	15.641	29.348
	2	16.583	31.569
	3	17.771	31.872
	4	16.678	32.352
	5	15.969	30.467
Rata -rata		16.528	31.122
Kategori		Sangat baik	Sangat baik

Table VI
Hasil Pengukuran *Delay* dengan Kabel *LAN*

Interval	Pengujian	Delay	
		Before LB	After LB
5 Menit	1	180	142
	2	198	152
	3	180	143
	4	186	148
	5	192	149
Rata -rata		187	146
Kategori		Sangat baik	Sangat baik

Table VII
Hasil pengukuran *Packet loss* dengan Kabel *LAN*

Interval	Pengujian	Paket Loss	
		Before LB	After LB
5 Menit	1	0,959	0,354
	2	0,965	0,234
	3	0,964	0,272
	4	0,954	0,312
	5	0,947	0,264
Rata -rata		0,9578	0,2872
Kategori		Sangat baik	Sangat baik

Table VIII
Hasil Pengukuran *Throughput* dengan *Wifi*

Interval	Pengujian	Throughput	
		Before LB	After LB
5 Menit	1	6.659	12.864
	2	3.945	11.238
	3	6.812	12.432
	4	5.895	13.278
	5	6.428	12.469
Rata -rata		5.955	12.456
Kategori		Sangat baik	Sangat baik

Table IX
Hasil Pengukuran *Delay* dengan *Wifi*

Interval	Pengujian	Delay	
		Before LB	After LB
5 Menit	1	380	223
	2	379	248
	3	480	286
	4	386	246
	5	392	238
Rata -rata		403	248
Kategori		baik	Sangat baik

Table X
Hasil Pengukuran *Packet Loss* dengan Wifi

Interval	Pengujian	Paket Loss	
		Before LB	After LB
5 Menit	1	0,959	0,354
	2	0,965	0,234
	3	0,964	0,272
	4	0,954	0,312
	5	0,947	0,264
Rata-rata		0,9578	0,2872
Kategori		Sangat baik	Sangat baik

D. Pembahasan

Setelah konfigurasi metode *Load Balancing PCC* diterapkan pada jaringan Puskesmas Karas, dilakukan sejumlah pengujian untuk menilai efektivitas sistem. Pengujian dilakukan dengan pendekatan praktis dan berbasis data guna melihat dampak nyata pada distribusi *traffic*, kestabilan koneksi, serta ketahanan sistem terhadap gangguan. Berikut hasil dan penjelasan rinci dari tiap pengujian:

1. Pengujian *Speedtest*

Pengujian ini bertujuan melihat apakah distribusi trafik ke dua *ISP* berjalan seimbang. Pengujian dilakukan melalui laptop *client* yang terhubung langsung ke *router* MikroTik RB951G-2HnD, dengan mengakses layanan *Speedtest* dari Ookla. Hasilnya menunjukkan bahwa saat koneksi bersifat *multi-connection*, trafik terdistribusi ke dua jalur *ISP* (*ether1-KOMINFO* dan *ether5-BackUp*) secara bergantian, menandakan bahwa skema *PCC* bekerja sebagaimana mestinya. Sebaliknya, pada *single connection*, *traffic* hanya melewati salah satu *interface*, sesuai prinsip dasar *PCC* yang menjaga konsistensi jalur untuk tiap koneksi.

2. Distribusi *Bandwidth* ke Pengguna

Distribusi *bandwidth* diuji dalam tiga kondisi: saat jaringan sepi, ramai, dan pada jam sibuk. Pada kondisi sepi, pengguna menerima kecepatan yang tinggi dan stabil rata-rata di atas 58 Mbps baik untuk *download* maupun *upload*. Saat jaringan mulai ramai, kecepatan menurun namun masih berada dalam kisaran optimal, sekitar 32–42 Mbps. Pada jam sibuk, kecepatan menurun lebih lanjut hingga 18–22 Mbps, namun tanpa gangguan atau *disconnect* yang berarti.

Hasil ini mengindikasikan bahwa metode *load balancing* tidak hanya mendistribusikan beban *traffic*, tetapi juga mampu menjaga pengalaman pengguna tetap lancar meski dalam kondisi lalu lintas jaringan padat.

3. Pengujian Kestabilan *Sesion*

Untuk menilai stabilitas sesi koneksi, dilakukan pengujian dengan mengakses berbagai situs seperti YouTube, Detik, dan sistem login kampus (sso.unesa). Halaman dimuat dan direfresh secara berkala selama sesi berlangsung. Hasilnya menunjukkan tidak adanya pemutusan sesi atau gangguan akses. Bahkan pada koneksi *streaming* dan login simultan, jalur tetap konsisten tanpa *redireksi* atau *buffering*. Ini menunjukkan metode *PCC* berhasil menjaga konsistensi jalur per koneksi, yang sangat krusial untuk aplikasi berbasis sesi seperti *streaming* dan *login*.

4. Pengujian *Failover*

Pengujian *failover* dilakukan untuk melihat kemampuan sistem dalam merespons kegagalan jalur utama. Saat koneksi

utama (*ether1-KOMINFO*) sengaja dimatikan, sistem secara otomatis mengalihkan *traffic* ke jalur backup (*ether5-BackUp*). Pada pengujian *ICMP (ping)*, perpindahan terjadi dengan delay minimal hanya satu kali *RTO*. Saat mengunduh file (*TCP*) dan melakukan *live streaming (UDP)*, sistem mampu menjaga kontinuitas aktivitas tanpa gangguan berarti. Ini menunjukkan bahwa konfigurasi *failover* berbasis *routing mark* telah berjalan efektif.

5. Hasil Pengukuran Kinerja Jaringan

Untuk mendukung validitas pengujian, dilakukan pengukuran parameter teknis: *throughput*, *delay*, dan *packet loss*, baik melalui koneksi *LAN* maupun Wi-Fi.

Melalui koneksi *LAN*, *throughput* meningkat dari 16.528 Kbps menjadi 31.122 Kbps setelah *load balancing* diterapkan. *Delay* menurun dari 187 ms menjadi 146 ms, sementara *packet loss* berkurang dari 0,95% menjadi 0,28%. Kondisi ini mencerminkan peningkatan efisiensi dan stabilitas transmisi data.

Sementara pada koneksi Wi-Fi, terjadi peningkatan *throughput* dari 5.955 Kbps menjadi 12.456 Kbps. *Delay* menurun dari 403 ms menjadi 248 ms, dan *packet loss* dari 0,95% menjadi 0,28%. Meskipun nilai dasar koneksi *nirkabel* lebih rendah, tren peningkatannya konsisten, menunjukkan metode *PCC* juga efektif pada lingkungan *wireless*.

E. Analisis Keseluruhan

Berdasarkan rangkaian pengujian yang telah dilakukan, implementasi metode *Load Balancing PCC* menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam konteks jaringan Puskesmas Karas. Beberapa poin penting yang dapat disimpulkan dari hasil pengujian antara lain:

1. Kestabilan koneksi meningkat secara signifikan, baik pada penggunaan biasa maupun saat terjadi perpindahan jalur akibat gangguan.
2. Distribusi *bandwidth* berjalan optimal, memungkinkan pengguna memperoleh alokasi kecepatan internet secara merata.
3. Kemampuan *failover* berjalan efektif, terbukti dari perpindahan otomatis ke jalur cadangan saat salah satu koneksi *ISP* terputus tanpa mengganggu aktivitas pengguna.
4. Konsistensi sesi pengguna terjaga, terutama pada aktivitas yang sensitif terhadap perubahan jalur seperti *login*, *streaming*, dan *download*.

Secara keseluruhan, metode ini terbukti menjadi solusi yang andal dan efisien dalam meningkatkan performa dan keandalan jaringan, terutama pada lingkungan yang bergantung pada konektivitas berkelanjutan seperti instansi pelayanan kesehatan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian berhasil dicapai, dengan rincian sebagai berikut:

1. Penerapan metode *Peer Connection Classifier (PCC)* pada perangkat MikroTik mampu menggabungkan dua jalur koneksi internet, yaitu koneksi *wireless* dari KOMINFO dan koneksi *fiber optik* sebagai *backup*. Melalui konfigurasi *mangle* dan *routing mark*, distribusi trafik ke masing-masing *gateway* berjalan sesuai rancangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode ini mampu menyeimbangkan beban koneksi berdasarkan sesi aktif pengguna.
2. Distribusi *Bandwidth* ke Pengguna pengujian pada kondisi jaringan yang berbeda (jam sibuk dan jam lengang) menunjukkan bahwa *bandwidth* terdistribusi secara merata. Meski terdapat sedikit penurunan performa saat jumlah pengguna meningkat, kestabilan tetap terjaga baik pada koneksi *LAN* maupun Wi-Fi. Ini menunjukkan bahwa metode *PCC* dapat menyesuaikan alokasi *bandwidth* secara dinamis sesuai kondisi jaringan.
3. Kemampuan *Failover* Sistem pada saat salah satu jalur koneksi terputus, sistem secara otomatis mengalihkan *traffic* ke jalur yang masih aktif tanpa mengganggu sesi pengguna yang sedang berlangsung. Uji coba menggunakan protokol *ICMP*, *TCP*, dan *UDP* menunjukkan bahwa sistem tetap berfungsi secara normal, termasuk untuk aktivitas seperti *browsing*, *download*, dan *streaming*.
4. Peningkatan Efisiensi dan Stabilitas Jaringan implementasi metode ini memberikan solusi efektif dan efisien dalam memanfaatkan dua jalur *ISP* secara bersamaan. Selain meningkatkan efisiensi penggunaan *bandwidth*, sistem juga terbukti mampu menjaga kestabilan layanan internet, yang sangat penting dalam lingkungan kerja seperti Puskesmas.
2. Pengelolaan *bandwidth* yang lebih detail menggunakan fitur tambahan seperti *queue tree* atau *user profile hotspot* agar distribusi *bandwidth* dapat dikontrol lebih adil dan efisien, terutama jika jumlah pengguna meningkat.
3. Sistem monitoring visual menggunakan alat bantu seperti The Dude, Zabbix, atau fitur monitoring bawaan MikroTik untuk memantau performa perangkat dan *traffic* jaringan secara *real-time*, sehingga deteksi masalah menjadi lebih cepat.
4. Peningkatan keamanan jaringan dengan menambahkan pengaturan keamanan seperti *firewall rules*, penggunaan *VPN*, atau filter akses untuk menjaga keamanan data dan aktivitas pengguna di jaringan.
5. Metode ini sangat layak diterapkan di tempat lain seperti sekolah, kantor desa, atau institusi pelayanan publik lainnya yang membutuhkan koneksi internet stabil dengan dua jalur *ISP*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti senantiasa mengucap puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa lagi Maha Pengasih atas segala pertolongan-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan artikel ini dengan baik.

Terima kasih juga peneliti sampaikan kepada kedua orang tua yang selalu memberikan motivasi serta nasihat-nasihat, Dosen Pembimbing tugas akhir yang selalu membimbing dan menasihati peneliti. Tidak lupa, peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada tim JIEET dan JINACS serta teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan dukungan terhadap peneliti dalam melakukan penelitian hingga selesai.

REFERENSI

B. Saran

Berdasarkan hasil dan temuan selama proses implementasi, berikut beberapa saran untuk pengembangan ke depan:

1. Melakukan *monitoring* rutin terhadap kondisi masing-masing koneksi internet. Hal ini penting agar sistem *Load Balancing* tetap bekerja optimal, dan gangguan pada salah satu *ISP* dapat segera ditangani.

- [1] Sanah, N. (2017). Pelaksanaan fungsi Puskesmas (Pusat). *eJournal Ilmu Pemerintahan*, 5(1), 306.
- [2] Idham, R., Rodianto, & Wahyudi, H. (2022). Implementasi load balancing dan failover pada jaringan internet menggunakan metode NTH. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*, 4(3), 131.
- [3] Hidayat, A. S., Widodo, A. E., Kencono, A., & Nuryamin, Y. (2021). Implementasi load balancing dengan metode PCC pada Balai Besar Pelatihan Kesehatan (BBPK) Jakarta. *Jurnal Sains dan Manajemen*, 9(1), 102.
- [4] Azmi, K., Syamsul, & Razi, F. (2022). Studi penggunaan dua ISP dengan load balancing dan failover untuk meningkatkan kinerja jaringan berbasis router MikroTik. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 176.