

PENINGKATAN KETERSEDIAAN JARINGAN MULTIJALUR MELALUI METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) DAN FAILOVER: STUDI KASUS BMKG BALIKPAPAN

Muhammad Rafli Nur Alam, Djumhadi²

^{1,2}Teknologi Informasi, Universitas Mulia, Indonesia

Corresponding Author: muhammad.raf.nur@students.universitasmulia.ac.id

Received: 19 Desember 2023 Revised: 21 Agustus 2026 Accepted: 21 Agustus 2026 Published: 21 Agustus 2026

Abstrak: Stasiun Geofisika BMKG Balikpapan mengandalkan dua jalur Internet Service Provider (ISP) dengan kapasitas berbeda, yaitu Indihome sebesar 20 Mbps dan Icon+ sebesar 50 Mbps, untuk mendukung operasional gedung. Ketimpangan kapasitas ini menyebabkan distribusi lalu lintas data tidak merata, sementara gangguan pada salah satu ISP dapat menghentikan akses layanan operasional secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan membangun sistem load balancing dengan metode Per Connection Classifier (PCC) dan mekanisme failover berbasis recursive gateway pada perangkat MikroTik untuk mengatasi kedua masalah tersebut. Metode PCC diterapkan melalui konfigurasi mangle dengan rasio pembagian 1:2 sesuai perbandingan bandwidth kedua ISP, sedangkan failover diuji melalui pemutusan jalur secara sengaja. Pengujian dilakukan menggunakan speedtest, traceroute, dan pemantauan traffic pada antarmuka router. Hasil pengujian menunjukkan kecepatan unduh 66,86 Mbps dan unggah 54,73 Mbps, mendekati total kapasitas gabungan 70 Mbps (efisiensi mencapai 95{,}51\%), serta traceroute yang membuktikan trafik terarah melalui jalur ISP yang berbeda untuk tujuan berbeda. Pengujian failover menunjukkan pengalihan otomatis ke jalur cadangan ketika salah satu ISP terputus tanpa intervensi manual. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi PCC dan recursive gateway dapat diterapkan secara efektif pada infrastruktur jaringan skala kecil hingga menengah dengan dua ISP berkapasitas tidak simetris.

Kata Kunci: Load Balancing; Failover; Per Connection Classifier; MikroTik; Recursive Gateway

1. Pendahuluan

Stasiun Geofisika BMKG Balikpapan bertugas menyediakan data dan informasi geofisika secara real-time dan berkelanjutan bagi masyarakat. Instansi ini membutuhkan infrastruktur jaringan yang stabil dan andal untuk mendukung tugas operasionalnya. Gedung operasional stasiun memanfaatkan dua jalur ISP, yaitu Indihome untuk ruang operasional dan Icon+ untuk ruang rapat[1].

Namun, kapasitas kedua ISP tersebut berbeda jauh, yaitu Indihome 20 Mbps dan Icon+ 50 Mbps. Perbedaan ini membuat alokasi trafik antarruangan tidak sebanding dengan kapasitas yang tersedia. Saat ISP untuk ruang operasional mengalami gangguan, akses

terhadap data dan layanan vital ikut terhenti total. Kondisi ini berisiko tinggi menghambat penyampaian informasi kebencanaan dan geofisika kepada masyarakat.

Penelitian terdahulu telah menguji metode Per Connection Classifier (PCC)[2], [3] untuk membagi trafik pada jaringan multijalur. Amalia dkk. menerapkan PCC pada jaringan berbasis MikroTik dan melaporkan pembagian beban yang lebih merata dibanding tanpa load balancing. Firdaus membandingkan performa PCC dengan Equal Cost Multi Path (ECMP) dan menemukan PCC lebih stabil pada kasus ISP berkapasitas tidak sama. Pabelan dkk. menegaskan bahwa optimalisasi pemanfaatan bandwidth dengan dua ISP dapat dicapai secara efisien melalui pengaturan rute PCC. Dartono dkk. menunjukkan bahwa PCC relatif lebih mudah dikonfigurasi dibanding metode lain pada MikroTik. Untuk menjaga ketersediaan koneksi, Gusrion dkk. serta Wijaya menggabungkan metode PCC dengan recursive gateway guna menambah kemampuan failover otomatis[4], [5]. Selain itu, Safrianti mengevaluasi PCC untuk menjaga kualitas koneksi (Quality of Service) saat beban trafik tinggi.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu menguji PCC pada dua ISP dengan kapasitas yang seimbang (symmetrical bandwidth). Penerapan PCC pada kombinasi ISP dengan rasio kapasitas yang jauh berbeda (tidak simetris 1:2) pada lingkungan operasional instansi pemerintah seperti BMKG masih jarang dibahas. Begitu pula dengan pengujian failover langsung pada skenario unbalanced traffic yang belum terukur secara mendalam.

Penelitian ini bertujuan membangun dan menguji sistem load balancing metode PCC[2] serta failover recursive gateway pada jaringan gedung operasional Stasiun Geofisika BMKG Balikpapan, dengan rasio pembagian trafik yang disesuaikan terhadap kapasitas riil kedua ISP (1:2). Hasil penelitian ini diharapkan memberikan rujukan praktis dan panduan implementasi bagi instansi dengan kondisi infrastruktur jaringan serupa[6], [7].

2. Metode

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan pengembangan jaringan bertahap yang mengacu pada tahapan Network Development Life Cycle (NDLC). Tahapan yang dilalui meliputi analisis kondisi jaringan eksisting, perancangan topologi usulan, simulasi konfigurasi, implementasi pada perangkat MikroTik, dan pemantauan hasil melalui pengujian sistem.

2.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Gedung Operasional Stasiun Geofisika Klas III BMKG Balikpapan, beralamat di Jalan Prona III RT. 17 No. 35, Sepinggian, Balikpapan. Kegiatan berlangsung selama tiga bulan, mulai 7 Agustus 2023 sampai 7 November 2023.

2.3. Alat dan Bahan Penelitian

Pemilihan alat dan bahan penelitian disesuaikan dengan kebutuhan infrastruktur operasional Stasiun Geofisika BMKG Balikpapan guna memastikan skenario load balancing dan failover dapat diimplementasikan serta diuji secara efisien. Perangkat yang digunakan terdiri atas komponen perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

Tabel 1 merangkum rincian perangkat keras beserta fungsi spesifiknya dalam penelitian ini.

Tabel 1. Perangkat Keras Penelitian

Perangkat	Spesifikasi
Komputer (PC)	Perencanaan, konfigurasi
ISP Indihome	Bandwidth 20 Mbps, jalur ruang operasional
ISP Icon+	Bandwidth 50 Mbps, jalur ruang rapat
Routerboard MikroTik	hAP lite RB941-2nD, load balancer dan gateway failover
Hub	Tenda SG108, 8 port gigabit
Kabel LAN	Kabel Ethernet penghubung PC, router, dan access pointss p
Access Point	TP-Link TL-WR941HP, akses nirkabel untuk pengguna tamu

Perangkat utama dalam arsitektur ini adalah Routerboard MikroTik[8], [9] hAP lite RB941-2nD yang berfungsi sebagai gateway pusat. Perangkat ini dipilih karena mendukung fitur sistem operasi RouterOS secara penuh—termasuk pembuatan mangle rule untuk algoritma PCC dan fitur check-gateway untuk failover—dengan konsumsi daya rendah serta efisiensi biaya yang tinggi untuk skala instansi daerah. Dua jalur ISP dengan kapasitas tidak simetris, yaitu Indihome (20 Mbps) dan Icon+ (50 Mbps), dimanfaatkan sebagai input trafik utama guna menguji presisi pembagian beban rasio 1:2.

Selanjutnya, perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung konfigurasi dan dokumentasi penelitian dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Perangkat Lunak Penelitian

Perangkat Lunak	Fungsi
Winbox	Konfigurasi perangkat RouterOS MikroTik
Draw.io	Pembuatan diagram topologi dan alur jaringan

Winbox digunakan sebagai antarmuka manajemen grafis (Graphical User Interface/GUI) utama untuk mengonfigurasi parameter RouterOS MikroTik[10], mengelola tabel routing, serta memantau pergerakan counter paket data pada mangle rule secara real-time. Sementara itu, Draw.io dimanfaatkan untuk merancang dan mendokumentasikan skema topologi fisik, topologi logika, serta diagram alir alur kerja sistem secara terstruktur[11], [12].

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif untuk mendapatkan gambaran komprehensif mengenai karakteristik jaringan eksisting serta performa sistem usulan. Teknik pengumpulan data mencakup tiga pendekatan teknis:

1. Audit Infrastruktur dan Pemetaan Trafik (Network Auditing): Mengumpulkan data konfigurasi perangkat keras, pemetaan topologi kabel, penentuan kapasitas riil bandwidth dari kedua ISP (Indihome 20 Mbps dan Icon+ 50 Mbps), serta identifikasi alokasi perangkat pengguna (end-user) pada masing-masing ruangan.
2. Analisis Kebutuhan Operasional (Operational Requirements Gathering): Menganalisis pola penggunaan aplikasi vital BMKG, termasuk identifikasi lalu lintas data berprioritas tinggi (seperti server pengolah data petir dan magnet) guna menentukan kriteria pembagian traffic marking pada mangle PCC.
3. Pengukuran Parameter Kinerja Jaringan (Performance Benchmarking): Mengekstraksi data kinerja jaringan secara real-time menggunakan perangkat pemantau (Winbox Monitoring dan Speedtest). Parameter utama yang diukur meliputi throughput unduh/unggah (Mbps), latency (ms), jalur rute lompatan (traceroute hop), serta counter paket/byte pada antarmuka router.

2.5. Prosedur Perancangan dan Pengujian

Prosedur perancangan dan pengujian sistem pada penelitian ini dirancang secara sistematis melalui lima tahapan utama. Pendekatan bertahap ini diterapkan untuk memastikan konfigurasi jaringan yang dibangun terukur, teruji, dan sesuai dengan kebutuhan operasional lokasi penelitian. Alur kerja metodologi penelitian secara menyeluruh divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Perancangan

Berdasarkan alur kerja pada Gambar 1, penjelasan rinci mengenai pelaksanaan tiap tahapan diuraikan sebagai berikut:

1. Analisis Jaringan Eksisting:

Tahap awal dilakukan dengan memetakan alokasi trafik dan mengidentifikasi kendala pada infrastruktur jaringan yang sedang berjalan. Fokus utama analisis adalah ketimpangan pembagian beban antara dua ISP (Indihome 20 Mbps dan Icon+ 50 Mbps) yang sebelumnya berjalan terpisah, serta mengevaluasi risiko terhentinya layanan (downtime) saat salah satu jalur ISP mengalami gangguan fisik atau kendala teknis dari pusat[13], [14] .

2. Perancangan Topologi Usulan:

Pada tahap ini, dibuat skema topologi jaringan terintegrasi dengan memusatkan seluruh jalur masuk (inbound) dan keluar (outbound) pada satu perangkat gateway utama, yaitu Routerboard MikroTik hAP lite RB941-2nD. Perancangan ini bertujuan untuk menyatukan segmen ruang operasional dan ruang rapat ke dalam satu arsitektur jaringan lokal yang terkelola.

3. Penghitungan Rasio PCC:

Menghitung proporsi pembagian beban berdasarkan perbandingan kapasitas bandwidth riil dari kedua ISP. Dengan kapasitas Indihome 20 Mbps dan Icon+ 50 Mbps, diperoleh rasio pembagian 1:2. Rasio ini kemudian ditransformasikan ke dalam logika algoritma PCC MikroTik menjadi 3 bagian alir (streams), yaitu 2 bagian alir dialokasikan untuk ISP Icon+ (3/0 dan 3/1) dan 1 bagian alir dialokasikan untuk ISP Indihome (3/2)[15].

4. Konfigurasi Sistem pada Router:

Menerapkan hasil perancangan dan kalkulasi rasio ke dalam sistem operasi RouterOS MikroTik. Tahap ini mencakup dua konfigurasi teknis utama:

a. Mangle Rule PCC

Pembuatan aturan penandaan koneksi (connection mark) dan penandaan rute (routing mark) berdasarkan kombinasi alamat IP dan port (both addresses and ports).

b. Recursive Gateway

Pembuatan tabel rute (route list) dengan penambahan IP DNS publik (8.8.8.8 dan 1.1.1.1) sebagai pemicu check-gateway ping untuk mengaktifkan fungsi failover otomatis saat rute utama terputus.

5. Pengujian Sistem:

Sistem yang telah dikonfigurasi selanjutnya diuji keandalan dan kinerjanya melalui tiga skenario pengujian kuantitatif:

a. Speedtest

Mengukur akumulasi throughput unduh dan unggah untuk menghitung persentase efisiensi gabungan bandwidth.

b. Traceroute

Memeriksa presisi distribusi rute lalu lintas data dari perangkat klien menuju berbagai alamat IP tujuan di internet.

c. Uji Failover

Menguji ketahanan pengalihan jalur otomatis (failover) dengan cara memutuskan sambungan kabel LAN pada salah satu ISP secara fisik saat trafik data sedang berjalan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Kondisi Jaringan Eksisting

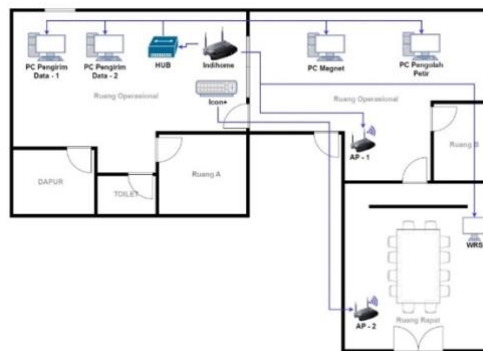
Berdasarkan hasil audit infrastruktur, jaringan gedung operasional Stasiun Geofisika BMKG Balikpapan sebelum perancangan berjalan secara terpisah (segmented isolation). ISP Indihome dengan kapasitas bandwidth 20 Mbps digunakan khusus untuk melayani empat unit PC operasional dan access point pada area ruang operasional. Sementara itu,

ISP Icon+ dengan kapasitas 50 Mbps didedikasikan penuh untuk jaringan nirkabel di ruang rapat.

Kondisi terpisah ini menimbulkan dua kendala utama:

1. Ketimpangan Beban Trafik (Bandwidth Imbalance): Kapasitas besar dari ISP Icon+ (50 Mbps) sering kali mengalami underutilized (sumber daya terbuang) saat ruang rapat tidak digunakan. Sebaliknya, ISP Indihome (20 Mbps) kerap mengalami kemacetan (bottleneck) saat beban pengolahan data operasional sedang tinggi.
2. Ketidadaan Redundansi (Single Point of Failure): Apabila salah satu jalur ISP mengalami gangguan dari pihak penyedia jasa, seluruh perangkat yang terhubung ke ISP tersebut otomatis kehilangan akses internet total tanpa ada mekanisme pengalihan jalur otomatis.

Skema arsitektur jaringan eksisting divisualisasikan pada Gambar 2.

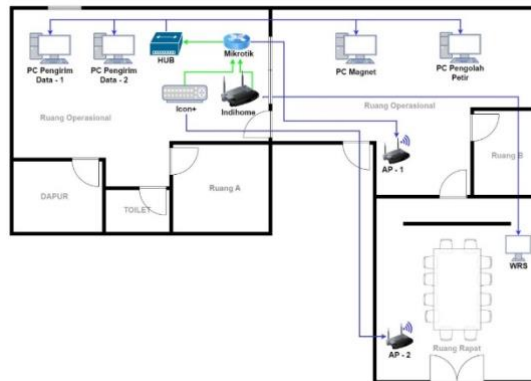


Gambar 2. Skema Arsitektur Jaringan Eksisting

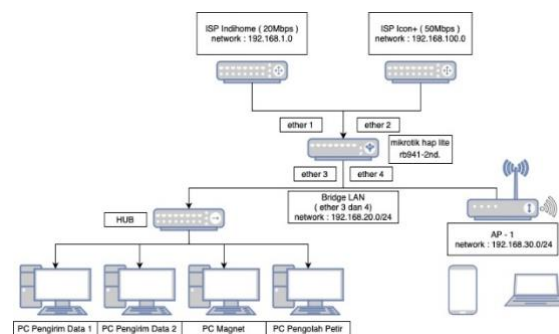
3.2. Rancangan Topologi Jaringan Usulan

Untuk mengatasi kendala pada jaringan eksisting, dirancang topologi jaringan baru yang mengintegrasikan kedua ISP ke dalam satu router gateway utama menggunakan Routerboard MikroTik hAP lite RB941-2nD. Dua antarmuka fisik router difungsikan sebagai jalur masukan (inbound interfaces), yaitu ether1 terhubung ke modem ISP1 (Indihome) dan ether2 terhubung ke modem ISP2 (Icon+).

Seluruh antarmuka keluaran (outbound interfaces) digabungkan ke dalam satu segmen bridge lokal (bridge-LAN) yang didistribusikan menuju hub utama. Dari hub, koneksi dibagikan secara merata ke seluruh PC operasional dan access point di gedung. Dengan skema ini, seluruh pengguna dari ruang operasional maupun ruang rapat berada dalam satu subnet lokal yang sama dan dapat memanfaatkan akumulasi kapasitas total dari kedua ISP.



Gambar 3. Skema Rancangan Jaringan Usulan



Gambar 4. Desain Topologi Jaringan Usulan

3.3. Konfigurasi dan Implementasi Load Balancing PCC

Penerapan load balancing menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC) dengan penyesuaian rasio kapasitas bandwidth riil (20 Mbps : 50 Mbps) atau setara dengan rasio 1:2. Pembagian alur lalu lintas data dihitung ke dalam tiga aliran logika (stream distribution):

2 bagian alur (3/0 dan 3/1) diarahkan menuju ISP2 (Icon+ 50 Mbps).

1 bagian alur (3/2) diarahkan menuju ISP1 (Indihome 20 Mbps).

Proses konfigurasi pada RouterOS MikroTik dilakukan melalui fitur Mangle Rule dengan kriteria pemilah both-addresses-and-ports. Pilihan kriteria ini diambil agar pembagian beban tidak hanya memperhitungkan IP sumber dan tujuan, melainkan juga port aplikasi yang digunakan, sehingga distribusi koneksi menjadi jauh lebih dinamis dan presisi.

Tahapan pembuatan Mangle Rule terdiri atas lima aturan utama:

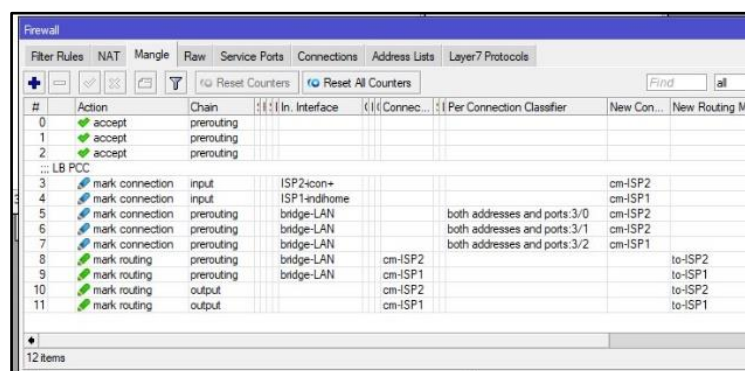
1. Bypass Local Traffic: Mencegah paket data antar-IP lokal dari proses marking.
2. Mark Connection Input: Menandai koneksi yang masuk dari masing-masing ISP (con-ISP1 dan con-ISP2).
3. PCC Matcher Marking: Membagi trafik dari jaringan lokal ke dalam 3 kelompok logika PCC.

4. Mark Routing Prerouting: Mengubah penandaan koneksi menjadi penandaan rute (to-ISP1 dan to-ISP2) untuk paket yang berasal dari LAN.
5. Mark Routing Output: Menandai rute untuk paket data yang dihasilkan oleh router itu sendiri.

Ringkasan aturan konfigurasi Mangle PCC disajikan pada Tabel 3, dan urutan eksekusinya pada antarmuka Winbox ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 3. Ringkasan Aturan Mangle PCC

Chain	Action	Interface	Routing Mark
Prerouting	Accept	Dst. IP 192.168.1.0/24 & 192.168.100.0/24	-
Input	Mark Connection	In. Interface: ISP2- Icon+	Con-ISP2
Input	Mark Connection	In. Interface: ISP1- Indihome	Con-ISP1
Prerouting	Mark Connection	Bridge-LAN, PCC both addr & port 3/0	Con-ISP2
Prerouting	Mark Connection	Bridge-LAN, PCC both addr & port 3/1	Con-ISP2
Prerouting	Mark Connection	Bridge-LAN, PCC both addr & port 3/2	Con-ISP1
Prerouting	Mark Routing	Bridge-LAN, Conn. Mark con-ISP2	To-ISP2
Prerouting	Mark Routing	Bridge-LAN, Conn. Mark con-ISP1	To-ISP1
Output	Mark Routing	Conn. Mark con-ISP2	To-ISP2
Output	Mark Routing	Conn. Mark con-ISP1	To-ISP1



Gambar 5.. Hasil Urutan Konfigurasi Mangle PCC pada Winbox

3.4. Konfigurasi Failover Recursive Gateway

Untuk menjamin ketersediaan koneksi tanpa henti (high availability), konfigurasi PCC dikombinasikan dengan mekanisme failover recursive gateway. Berbeda dari check-gateway standar yang hanya memeriksa status fisik modem lokal, recursive gateway memanfaatkan IP DNS publik di internet (8.8.8.8 untuk ISP1 dan 1.1.1.1 untuk ISP2) sebagai target pengujian keterjangkauan jalur (ping test).

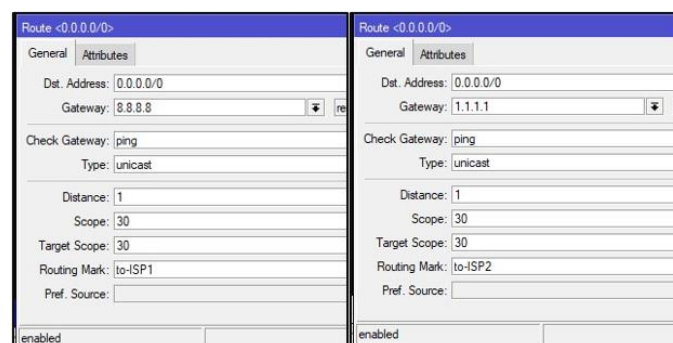
Penetapan tingkat prioritas jalur diatur menggunakan parameter distance pada tabel rute:

1. **Rute Utama (Primary Route):** Diberi nilai distance=1 untuk rute penandaan to-ISP1 via 8.8.8.8 dan to-ISP2 via 1.1.1.1.
2. **Rute Cadangan (Backup Route):** Diberi nilai distance=2 sebagai rute silang (ISP2 sebagai backup ISP1, dan sebaliknya).

Jika salah satu IP publik gagal merespons ping dari router, sistem otomatis mematikan rute utama dan mengalihkan trafik ke jalur cadangan. Rincian konfigurasi tabel rute ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 4. Ringkasan Rute Failover Recursive Gateway

Gateway	Scope / Check	Routing Mark	Distance	Route Status
8.8.8.8 via 192.168.1.1	Ping	to-ISP1	1	Active
1.1.1.1 via 192.168.100.1	Ping	to-ISP2	1	Active
192.168.100.1	Target Direct	to-ISP1	2	Backup
192.168.1.1	Target Direct	to-ISP2	2	Backup



Gambar 6. Tampilan Konfigurasi Route List pada Winbox

3.5. Pengujian Kinerja Sistem

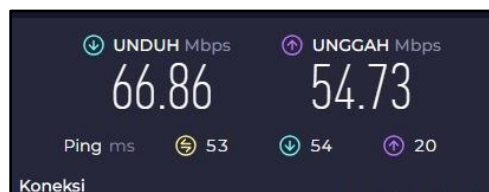
Pengujian sistem dilakukan secara kuantitatif melalui tiga skenario pengujian untuk membuktikan efektivitas load balancing dan keandalan failover.

3.5.1. Pengujian Akumulasi Bandwidth (Speedtest)

Pengujian kecepatan unduh dan unggah dilakukan menggunakan platform Speedtest.net dari perangkat klien lokal. Hasil pengujian mencatatkan kecepatan unduh sebesar **66,86 Mbps**, kecepatan unggah **54,73 Mbps**, dan nilai ping sebesar **53 ms**.

Untuk mengevaluasi tingkat efisiensi penggabungan bandwidth, dilakukan penghitungan perbandingan antara total throughput hasil pengujian terhadap total kapasitas gabungan kedua ISP ($20 \text{ Mbps} + 50 \text{ Mbps} = 70 \text{ Mbps}$) menggunakan rumus berikut:

Tingkat efisiensi yang mencapai **95,51%** menunjukkan bahwa hampir seluruh akumulasi kapasitas dari kedua jalur ISP berhasil dimanfaatkan secara optimal oleh jaringan lokal. Hasil pengujian Speedtest ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian Akumulasi Kecepatan (Speedtest)

3.5.2. Pengujian Pemisahan Jalur Trafik (Traceroute)

Pengujian traceroute dilakukan dari PC klien untuk memverifikasi apakah algoritma PCC berhasil membagi rute secara dinamis berdasarkan koneksi yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan mengakses dua layanan internet yang berbeda secara simultan:

1. Akses Google Drive: Rute perjalanan data menunjukkan lompatan pertama (first hop) melewati gateway 192.168.1.1 (ISP1 Indihome).
2. Akses YouTube: Rute perjalanan data menunjukkan lompatan pertama (first hop) melewati gateway 192.168.100.1 (ISP2 Icon+).

```

Microsoft Windows [Version 10.0.19045.3324]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Stageof Balikpapan>tracert drive.google.com

Tracing route to drive.google.com [64.233.170.102]
over a maximum of 30 hops:

  0  * * * Request timed out.
  1  <1 ms <1 ms <1 ms 1.1.168.192.in-addr.arpa [192.168.1.1]
  2  20 ms 28 ms 20 ms 1.144.18.10.in-addr.arpa [10.18.144.1]
  3  1 ms 2 ms 2 ms 180.252.0.133
  4  57 ms 37 ms 35 ms ^C

C:\Users\Stageof Balikpapan>tracert youtube.com

Tracing route to youtube.com [74.125.24.136]
over a maximum of 30 hops:

  0  * * * Request timed out.
  1  <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.100.1
  2  6 ms 6 ms 6 ms 10.108.0.1
  3  6 ms 6 ms 6 ms 10.99.40.10
  4  7 ms 6 ms 7 ms ^C

```

Gambar 8. Hasil Pengujian Traceroute Dua Tujuan Berbeda

No	Interface	Direction	Outgoing	Incoming	Outgoing	Incoming	Outgoing	Incoming
1	ether1	outgoing	118.1 Gb	190.003	192			
2	ether2	incoming	252.7 Mb	2.973.088	192			
3	LB PCC							
4	mark connection	input	ISP2icon+	on-ISP2	12.6 Mb	123.357		
5	mark connection	input	ISP1ndihome	on-ISP1	12.3 Mb	134.439		
6	mark connection	pre-routing	bridge-LAN	on-ISP2	47.8 Gb	54.023.513		
7	mark connection	pre-routing	bridge-LAN	both addresses and ports 3/1	47.3 Gb	81.909.672		
8	mark connection	pre-routing	bridge-LAN	both addresses and ports 3/2	38.7 Gb	50.144.641		
9	mark routing	pre-routing	bridge-LAN	on-ISP2	95.1 Gb	136.600		
10	mark routing	pre-routing	bridge-LAN	on-ISP1	38.7 Gb	80.126.146		

Gambar 9. Pemantauan Trafik dan Counter Paket pada Mangle PCC

Hasil ini membuktikan bahwa Mangle Rule PCC bekerja secara presisi dalam mendistribusikan session koneksi ke jalur ISP yang berbeda sesuai dengan rasio 1:2 yang telah dikonfigurasi. Pemantauan counter byte pada menu Mangle Winbox (Gambar 9) juga mengonfirmasi adanya pergerakan trafik yang simultan pada kedua interface.

3.5.3. Pengujian Ketersediaan Koneksi (Failover)

Pengujian failover disimulasikan dengan cara memutus koneksi fisik secara paksa pada port ether1 (jalur ISP1 Indihome) pada perangkat Mikrotik saat sesi transfer data dari klien sedang berlangsung aktif. Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi sensitivitas mekanisme recursive gateway dalam mendeteksi putusnya jalur internet.

Dest. Address	Gateway	Check Gateway	Distance	Scope	Target Scope	Routing Mark
192.168.100.0/24	ISP2icon+ reachable		0	10	10	
192.168.20.0/24	bridge-LAN reachable		0	10	10	
192.168.1.0/24	ISP1ndihome reachable		0	10	10	
8.8.8.8	192.168.1.1 reachable ISP1ndihome		1	30	10	
1.1.1.1	192.168.100.1 reachable ISP2icon+		1	30	10	
0.0.0.0	8.8.8.8 recursive via 192.168.1.1 ISP1ndihome	ping	1	30	30 to-ISP1	
0.0.0.0	1.1.1.1 recursive via 192.168.100.1 ISP2icon+	ping	1	30	30 to-ISP2	
0.0.0.0	192.168.100.1 reachable ISP2icon+		2	30	10 to-ISP1	
0.0.0.0	192.168.1.1 reachable ISP1ndihome		2	30	10 to-ISP2	

Gambar 10. Status Tabel Route dan Trafik Saat Pengujian Failover

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, konfigurasi, dan pengujian pada infrastruktur jaringan Gedung Operasional Stasiun Geofisika BMKG Balikpapan, dapat disimpulkan bahwa implementasi load balancing menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC)

dengan parameter both-addresses-and-ports terbukti sangat efektif dalam mengatasi ketimpangan beban trafik pada dua jalur Internet Service Provider (ISP) berkapasitas tidak simetris. Konfigurasi pembagian aliran data dengan rasio 1:2 berhasil mendistribusikan lalu lintas secara dinamis dan presisi sesuai proporsi kapasitas riil, yaitu Indihome 20 Mbps dan Icon+ 50 Mbps. Sistem yang diusulkan ini mampu menghasilkan tingkat pemanfaatan yang sangat optimal dengan efisiensi mencapai 95,51%, dibuktikan melalui pengujian akumulasi kecepatan unduh sebesar 66,86 Mbps dan kecepatan unggah 54,73 Mbps dari total kapasitas gabungan 70 Mbps. Selain itu, penerapan mekanisme failover berbasis recursive gateway secara empiris terbukti mampu menjamin tingkat ketersediaan koneksi yang tinggi (high availability). Sistem ini secara cerdas mampu mendeteksi kegagalan jalur hingga ke tingkat upstream (publik internet) dan seketika mengalihkan seluruh trafik ke rute cadangan tanpa memicu downtime yang merusak sesi konektivitas pengguna. Sebagai bentuk pengembangan untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian kinerja jaringan (stress-test) secara intensif pada saat fluktuasi beban puncak (peak-hour traffic) menggunakan instrumen network analyzer. Pengukuran metrik Quality of Service (QoS) seperti packet loss, jitter, serta perhitungan presisi waktu jeda pengalihan (failover convergence time) dalam skala milidetik sangat direkomendasikan guna menghasilkan parameter evaluasi keandalan jaringan yang lebih komprehensif. [Click or tap here to enter text.](#)

Referensi

- [1] Hoesiin and Boy Yuliandi, "Optimizing Network Uptime Through Dual ISP Failover Implementation Using Netwatch," *Journal Informatic, Education and Management (JIEM)*, vol. 7, no. 2, pp. 336–349, Aug. 2025, doi: 10.61992/jiem.v7i2.150.
- [2] M. B. Pratama and A. H. Mirza, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per-Connection Classifier) Dengan Failover Berbasis Mikrotik Router (Studi Kasus Di Rsud Siti Fatimah)," *JACIS: Journal Automation Computer Information System*, 2021, doi: 10.47134/jacis.
- [3] M. Dartono and D. Irawan, "Penerapan Metode Per Connection Classifier (PCC) Pada Perancangan Load Balancing Dengan Router PENERAPAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) PADA PERANCANGAN LOAD BALANCING DENGAN ROUTER MIKROTIK."
- [4] T. Al Mudzakir, A. Rizky Pratama, A. Ratna Juwita Vol, and A. Ratna Juwita Universitas Buana Perjuangan Karawang, "IMPLEMENTASI TEKNIK FAILOVER RECURSIVE GATEWAY."
- [5] Zhahir Hilmy and Maulana Ardiansyah, "Implementasi Manajemen Bandwidth Load Balancing dan Failover," *INFORMATIKA*, Dec. 2022.
- [6] E. Safrianti, L. Oktaviana Sari, and A. Satiarini, "Peer Connection Classifier Method for Load Balancing Technique," 2021. [Online]. Available: <http://www.ijeepse.ejournal.unri.ac.id>
- [7] D. Novianto *et al.*, "Implementasi Failover dengan Metode Recursive Gateway Berbasis Router Mikrotik Pada STMIK Atma Luhur Pangkalpinang Program studi Teknik Informatika STMIK Atma Luhur 2) Program studi Sistem Informasi STMIK".
- [8] S. Aminah, "Manajemen Bandwidth dalam Mengoptimalkan Penggunaan Router Mikrotik terhadap Pelayanan Koneksi Jaringan," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, pp. 102–106, Sep. 2022, doi: 10.37034/infeb.v4i3.144.
- [9] D. Novianto *et al.*, "Implementasi Failover dengan Metode Recursive Gateway Berbasis

- Router Mikrotik Pada STMIK Atma Luhur Pangkalpinang Program studi Teknik Informatika STMIK Atma Luhur 2) Program studi Sistem Informasi STMIK”.
- [10] D. Yusak and W. Sulisty, “IMPLEMENTATION OF IP SLA AND POLICY-BASED ROUTING FOR FAILOVER IN A MULTI-HOMED NETWORK IMPLEMENTASI IP SLA DAN POLICY-BASED ROUTING UNTUK FAILOVER PADA JARINGAN MULTI-HOMED,” vol. 10, no. 3, 2025.
- [11] O. Setiawan, M. Syahroni, and P. Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, “IMPLEMENTASI FAILOVER DENGAN METODE RECURSIVE GATEWAY PADA JARINGAN LOCAL AREA NETWORK (LAN) BERBASIS ROUTER MIKROTIK RB951UI,” *JURNAL TEKTRONIKA*, vol. 05, no. 02, 2021.
- [12] T. Alfian, A. Sandi, S. Heristian, and I. N. Leksono, “OPTIMALISASI FAILOVER DENGAN NETWATCH PADA MIKROTIK,” *CONTEN : Computer and Network Technology*, vol. 1, no. 1, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/conten>
- [13] Anggi Satria Putra Hari Agung and Ganjar Febriyani Pratiwi, “Analisis Kinerja Load Balancing dan Failover Menggunakan Mikrotik RouterOS untuk Layanan Internet Multi-ISP,” *Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 582–602, Apr. 2026, doi: 10.55606/jutiti.v6i1.7665.
- [14] B. Yuliadi and Rasto, “Implementasi dan Evaluasi Sistem Failover Otomatis Berbasis Netwatch pada Router Mikrotik Dual-ISP untuk Meningkatkan Ketersediaan Jaringan Apotek Farmaku,” *Arcitech: Journal of Computer Science and Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 2, pp. 168–187, Dec. 2025, doi: 10.29240/arcitech.v5i2.14551.
- [15] M. F. Darmawan and S. Risnanto, “IMPLEMENTASI FAILOVER GATEWAY RECURSIVE DAN LOAD BALANCING MENGGUNAKAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER,” *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 8, no. 2, p. 56, Dec. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.2.1887.
- [16] I. Rukmana and H. Suhendi, “Implementasi Load Balancing PCC dan Failover Netwatch Menggunakan Mikrotik di PT. Infomedia Nusantara,” vol. 4, no. 1, 2023.

Conflict of Interest Statement: The author(s) declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright: © Journal of Applied Information Technology Solution. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Journal of Applied Information Technology Solution (JAITS) is an open access and peer-reviewed journal published by Information Technology Department, Universitas Mulia, Indonesia.

