

IMPLEMENTASI POLICY BASED ROUTING UNTUK LOAD BALANCING DAN FAILOVER KONEKSI INTERNET DI RSA UGM

Rahmat Gunawan Ediyasanto, Tikaridha Hardiani

Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta
Jl. Siliwangi (Ring Road Barat) No. 63 Nogotirto, Gamping, Sleman, Yogyakarta. 55292
rahmatis666@gmail.com

ABSTRAK

Rumah Sakit Akademik Universitas Gadjah Mada (RSA UGM) menghadapi tantangan manajemen jaringan komputer yang kompleks akibat peningkatan penggunaan sistem informasi kesehatan terintegrasi, seperti BPJS, Satu Sehat, rekam medis elektronik, dan telemedicine. Untuk memenuhi kebutuhan konektivitas internet yang tinggi dan kontinyu, penelitian ini mengimplementasikan Policy Based Routing (PBR) menggunakan router Mikrotik dengan pendekatan Network Development Life Cycle (NDLC) dilakukan dengan menjalani tahap analisis sebagai langkah awal kemudian desain jaringan, konfigurasi, pengujian, dan penerapan. Implementasi dilakukan dengan memanfaatkan dua ISP berbeda, yaitu Metro Telkom (1Gbps) dan Astinet (50Mbps), untuk mengoptimalkan penggunaan multiple koneksi internet, membagi beban traffic secara efisien, dan menyediakan mekanisme failover otomatis saat terjadi gangguan pada jalur utama. Berdasarkan hasil pengujian yang tertera, dapat diamati bahwa waktu respons yang dibutuhkan untuk mengakses website rsa.ugm.ac.id dan google.com sebelum penerapan policy-based routing adalah 1,2 ms, sedangkan setelah penerapan policy-based routing, waktu respons meningkat menjadi 11 ms. Peningkatan waktu respons ini disebabkan oleh perbedaan bandwidth antara jalur Metro DTI-RSA UGM dan jalur Astinet. Meskipun demikian, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa implementasi policy-based routing efektif dalam memisahkan jalur akses internet pengguna dari jalur utama ke jalur cadangan atau koneksi backup saat terjadi kegagalan pada jalur utama. Proses failover yang dilakukan terbukti mampu mengurangi gangguan pada jalur akses internet, sehingga ketersediaan layanan tetap terjaga. Namun, untuk meningkatkan efektivitas lebih lanjut, disarankan agar bandwidth pada koneksi backup ditingkatkan hingga setara dengan jalur utama (1:1). Hal ini bertujuan untuk meminimalkan penurunan kecepatan yang dapat dirasakan oleh pengguna saat beralih ke jalur cadangan, sehingga pengalaman pengguna tetap optimal dan konsisten. Dengan demikian, implementasi PBR diharapkan dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan di RSA UGM melalui ketersediaan sistem informasi dan layanan berbasis internet yang stabil dan berkelanjutan.

Kata kunci : Mikrotik, Policy Base Routing, Routing, Metode NDLC

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi yang begitu pesat saat ini berjalan seiring dengan meningkatnya tuntutan masyarakat akan layanan yang cepat, efektif, dan efisien. Hal ini juga tercermin dalam evolusi teknologi komunikasi data, yang bermula dari koneksi sederhana antara satu komputer dengan beberapa komputer lain dalam bentuk jaringan komputer (networking). Pada era modern ini, jaringan komputer telah menjadi fasilitas penting yang sangat dibutuhkan. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan komputer menawarkan keunggulan dan manfaat yang lebih besar dibandingkan dengan perangkat komputer yang beroperasi secara mandiri.[1]

Rumah Sakit Akademik Universitas Gadjah Mada (RSA UGM) sebagai salah satu institusi pelayanan kesehatan modern memiliki kebutuhan yang tinggi akan ketersediaan dan kestabilan jaringan internet. Kebutuhan ini semakin meningkat seiring dengan implementasi berbagai sistem informasi kesehatan terintegrasi (BPJS dan Satu Sehat), termasuk rekam medis elektronik, sistem administrasi rumah sakit, telemedicine, dan berbagai aplikasi pendukung pelayanan kesehatan lainnya. Dalam operasional sehari-hari, RSA UGM menghadapi

berbagai tantangan terkait manajemen jaringan komputer, seperti peningkatan beban jaringan akibat bertambahnya jumlah pengguna internet di rumah sakit baik itu karyawan atau pun pengunjung dan pasien, serta meningkatnya kebutuhan bandwidth untuk aplikasi-aplikasi yang digunakan. Layanan kesehatan yang berjalan 24/7 membutuhkan koneksi internet yang stabil dan sistem informasi kesehatan yang harus selalu dapat diakses. Hal ini menciptakan kebutuhan akan backup koneksi untuk mengantisipasi kegagalan jaringan.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengimplementasikan fungsi load balancing dengan menambahkan sumber Internet Service Provider (ISP) yang berbeda. Dengan cara ini, jika salah satu ISP mengalami gangguan layanan atau terjadi kepadatan lalu lintas data, masih ada cadangan dari sumber internet lain yang dapat digunakan. Load balancing pada Mikrotik adalah metode untuk membagi beban lalu lintas jaringan melalui dua atau lebih jalur koneksi secara merata. Tujuannya adalah agar lalu lintas jaringan dapat berjalan dengan optimal, meningkatkan kecepatan transfer, mengurangi waktu respons, dan menghindari beban berlebihan pada satu jalur koneksi.[2]

Untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut, implementasi load balancing dengan metode *Policy Based Routing* (PBR) menjadi solusi yang dipilih. PBR memungkinkan pengaturan routing berdasarkan kebijakan, termasuk pembagian traffic berdasarkan jenis aplikasi, prioritasasi bandwidth untuk layanan-layanan kritis, dan pengaturan routing yang lebih fleksibel dibanding metode tradisional. Metode ini juga mendukung optimalisasi penggunaan multiple links dengan memanfaatkan beberapa koneksi internet secara optimal, pembagian beban traffic secara efisien, dan failover saat terjadi gangguan pada salah satu link.

Melalui Implementasi PBR dan failover menggunakan router Mikrotik diharapkan dapat memberikan meningkatkan reliability jaringan dengan membagi beban traffic secara optimal antara kedua koneksi internet, menjamin ketersediaan layanan melalui mekanisme failover, serta memberikan fleksibilitas dalam manajemen bandwidth sesuai dengan kebutuhan tiap layanan. Hal ini pada akhirnya akan mendukung peningkatan kualitas pelayanan kesehatan di RSA UGM dengan menjamin ketersediaan sistem informasi dan layanan berbasis internet secara berkelanjutan, pada akhirnya, peningkatan kualitas infrastruktur jaringan ini akan berdampak pada peningkatan kualitas pelayanan kesehatan secara keseluruhan di RSA UGM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan Komputer

Jaringan komputer didefinisikan sebagai suatu sistem yang menghubungkan dua atau lebih komputer untuk memungkinkan pertukaran informasi. Jaringan ini tidak hanya menghubungkan komputer, tetapi juga perangkat lain seperti printer, switch, router, dan perangkat jaringan lainnya melalui media penghubung. Media penghubung tersebut dapat berupa kabel (wired) atau nirkabel (wireless). Melalui jaringan ini, data dapat ditransfer dari satu komputer ke komputer lain atau ke perangkat lain, sehingga setiap perangkat yang terhubung dapat saling bertukar data atau berbagi sumber daya, seperti penyimpanan disk, aplikasi, dan layanan lainnya. Jaringan dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang terintegrasi, terdiri dari sejumlah perangkat jaringan yang terhubung dan dikelola secara terkoordinasi untuk mendistribusikan sumber daya ke berbagai komputer dengan tujuan mencapai suatu tujuan bersama.[3]

2.2. Mikrotik

MikroTik merupakan sebuah perangkat lunak sekaligus sistem operasi berbasis Linux yang memungkinkan komputer berfungsi sebagai pengendali atau pengatur jaringan. Dengan kemampuannya tersebut, MikroTik sering dijadikan sebagai fondasi utama dalam membangun dan mengelola router jaringan.[4]

2.3. Load Balancing & Policy-Based Routing

Secara literal, istilah load balance mengacu pada pembagian beban secara seimbang. Dalam konteks teknologi informasi, load balancing atau penyeimbangan beban merupakan suatu proses distribusi beban layanan yang dihadapi oleh sekelompok server atau perangkat jaringan berdasarkan permintaan yang diajukan oleh pengguna. Proses ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan memastikan kinerja sistem yang efisien.[5]

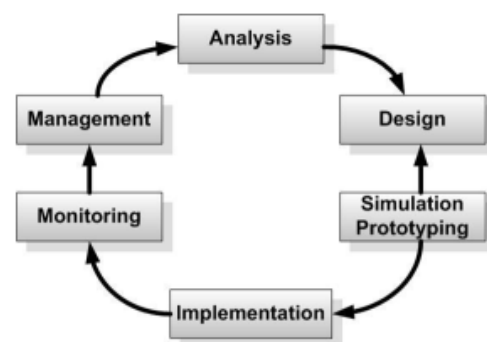
Dalam penerapannya, konfigurasi load balancing tidak bertujuan untuk meningkatkan kapasitas bandwidth yang tersedia, melainkan berfungsi untuk mendistribusikan lalu lintas jaringan secara merata antara dua jalur koneksi yang ada. Dengan demikian, pemanfaatan bandwidth dari kedua jalur tersebut dapat dioptimalkan secara maksimal.[6][7][8]

Policy-based routing (PBR) merupakan suatu metode pengaturan rute jaringan yang memungkinkan pengguna untuk menentukan aturan routing berdasarkan parameter tertentu, seperti alamat IP. Dengan memanfaatkan PBR, pengelolaan jalur akses pengguna dapat diatur dan dibagi secara efisien. Selain itu, teknik failover yang terintegrasi memungkinkan perpindahan jalur secara otomatis ketika salah satu jalur publik atau Internet Service Provider (ISP) mengalami gangguan. Kombinasi ini menjadikan PBR sebagai solusi optimal dalam manajemen jaringan, memastikan ketersediaan dan keandalan koneksi yang tinggi.[9]

Policy-based Routing (PBR) adalah sebuah metode yang memungkinkan pengguna untuk menetapkan aturan routing (Routing Mark) dengan menggunakan parameter seperti alamat IP. Melalui penerapan PBR, pengelolaan dan pembagian jalur akses bagi pengguna Internet Service Provider (ISP) dapat diatur secara lebih terstruktur dan efisien, sehingga memungkinkan distribusi lalu lintas jaringan yang lebih optimal.[10]

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang diterapkan dalam studi ini dapat diamati secara detail pada Gambar 1.

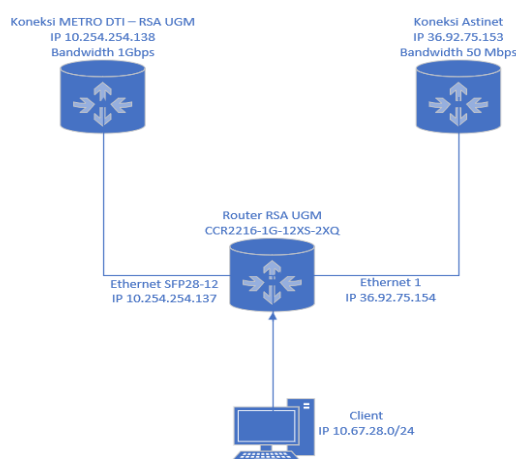


Gambar 1. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan metodologis Network Development Life Cycle (NDLC) sebagai kerangka utama. Network Development Life Cycle (NDLC) adalah sebuah metodologi yang digunakan dalam perancangan dan pengembangan sistem jaringan komputer yang memungkinkan evaluasi kinerja sistem selama proses pengembangan. Metodologi ini tidak berdiri sendiri, melainkan terintegrasi dengan berbagai proses pengembangan yang mendahuluinya, termasuk perencanaan strategi bisnis, siklus pengembangan aplikasi, serta analisis distribusi data[11]. NDLC memiliki serangkaian tahapan yang harus dilalui dalam implementasinya.

Fase awal penelitian difokuskan pada analisis kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras. Dalam hal perangkat lunak, digunakan sistem operasi Windows 11 Home, Mikrotik Router OS 7.11.3 (versi stabil), serta aplikasi Winbox yang berperan penting dalam mengonfigurasi router Mikrotik. Sementara itu, perangkat keras yang digunakan terdiri dari Laptop Lenovo LOQ 15IRX9 dengan prosesor Intel Core i5 dan RAM 20 GB, serta perangkat Mikrotik CCR2216-1G-12XS-2XQ yang dilengkapi prosesor AL73400 dan RAM 16 GB. Koneksi internet dalam penelitian ini memanfaatkan dua penyedia layanan internet (ISP), yaitu Metro Telkom melalui Fiber Optic dari RSA UGM ke DTI UGM dengan bandwidth 1 Gbps, dan Astinet dengan bandwidth 50 Mbps.

Tahap kedua melibatkan perancangan jaringan, yang mencakup pembuatan topologi jaringan yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Desain ini dirancang untuk memastikan kinerja jaringan yang optimal, seperti yang ditunjukkan pada



Gambar 2. Rancangan Topologi Jaringan dengan Dua Jalur ISP dan Satu Jaringan Lokal.

Tahap ketiga dalam penelitian ini adalah proses konfigurasi. Konfigurasi dilakukan pada router Mikrotik menggunakan aplikasi Winbox, yang mencakup beberapa langkah penting, yaitu konfigurasi dasar, penerapan policy-based routing, dan penyiapan mekanisme failover.

Tahap keempat mencakup proses pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa teknik policy-based routing dan failover beroperasi secara optimal sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Berikutnya, tahap kelima merupakan fase implementasi. Pada tahap ini, teknik policy-based routing dan failover diterapkan dalam kondisi nyata, kemudian dilakukan analisis untuk menilai apakah hasil yang dicapai selaras dengan rencana yang telah dirumuskan sebelumnya.

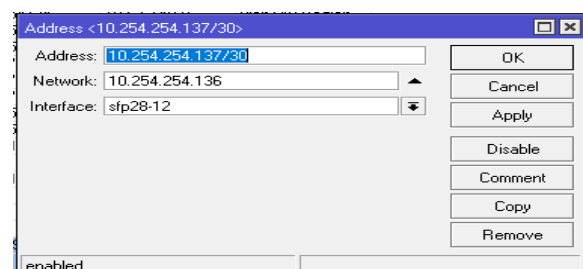
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas implementasi teknik policy-based routing dan failover, yang meliputi empat komponen utama, yaitu perancangan jaringan, konfigurasi sistem, pengujian, dan analisis hasil. Tahap perancangan jaringan menjadi fondasi kritis dalam merumuskan dan merancang topologi yang selaras dengan kebutuhan sistem. Untuk memastikan teknik policy-based routing dan failover beroperasi secara efisien, setidaknya dibutuhkan dua alamat IP publik sebagai prasyarat utama.

Dalam implementasi ini, dirancang tiga segmen jaringan yang mencakup dua jalur publik (internet) dan satu jalur lokal yang digunakan untuk keperluan pengujian oleh pengguna, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Untuk melakukan konfigurasi dasar pada perangkat Mikrotik, digunakan aplikasi Winbox yang menyediakan antarmuka berbasis grafis untuk mempermudah proses konfigurasi. Konfigurasi dasar yang dilakukan mencakup pengaturan alamat IP, Domain Name System (DNS), Network Address Translation (NAT), serta Address List pada Firewall.

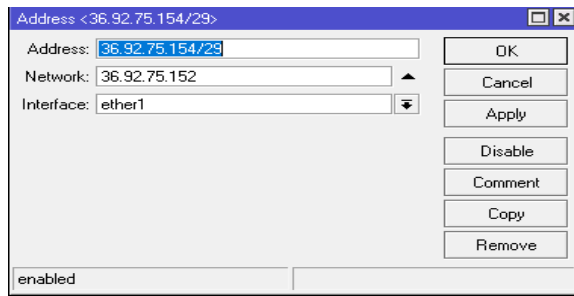
4.1. Konfigurasi

Implementasi Policy Based Routing (PBR) merupakan proses kompleks yang dimulai dengan konfigurasi dasar interface untuk kedua ISP yang digunakan. Pada link utama, yaitu Metro Telkom DTI-RSA UGM dengan kapasitas 1 Gbps, dilakukan pengaturan interface ethernet pertama dengan pemberian IP. Konfigurasi IP address link utama ditunjukkan pada



Gambar 3. Ip address Link Metro Telkom DTI-RSA UGM 1 Gbps

Sedangkan untuk link backup Astinet dengan kapasitas 50 Mbps, dikonfigurasi pada interface ethernet kedua dengan IP yang berbeda.

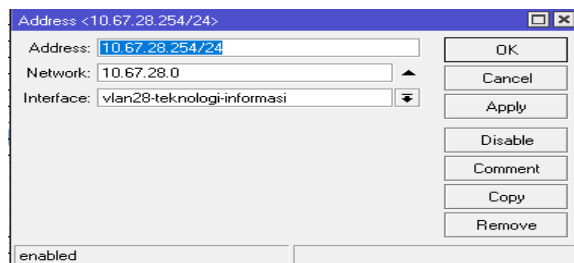


Gambar 4. Ip address Link Astinet 50 Mbps

...	LINK METRO RSA-DTI	10.254.254.137/30	10.254.254.136	sfp28-12	
...	ASTINET BACKUP	36.92.75.154/29	36.92.75.152	sfp28-8	
...	ASTINET	36.92.75.154/29	36.92.75.152	ether1	

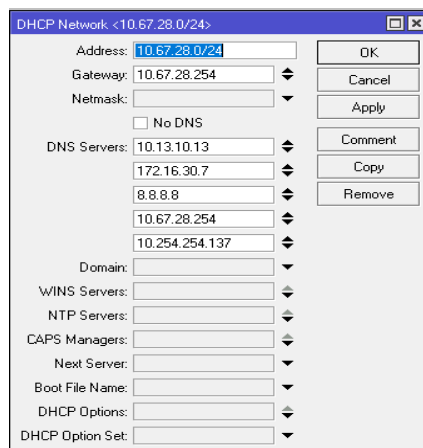
Gambar 5. Ip Address Kedua Link ISP

Untuk mengakomodasi kebutuhan segmentasi jaringan, dibuat konfigurasi VLAN khusus untuk Instalasi SIRS & TI. VLAN ini diberikan ID 28 dan dikonfigurasi dengan subnet 10.67.28.0/24, di mana router bertindak sebagai gateway dengan IP 10.67.28.1. Untuk memudahkan manajemen IP pada jaringan SIRS & TI, dikonfigurasi layanan DHCP server yang akan memberikan IP secara otomatis kepada client dengan rentang IP dari 10.67.28.2 hingga 10.67.28.254. Server DHCP juga dikonfigurasi untuk memberikan informasi DNS server kepada client menggunakan DNS 10.13.10.13, 8.8.8.8



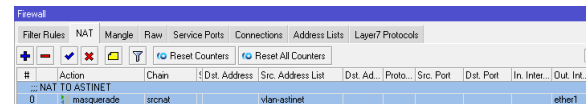
Gambar 6. Ip Address Vlan Instalasi SIRS & TI

Konfigurasi DHCP Network & DNS dalam penelitian ini ditunjukkan pada



Gambar 7. DHCP Network Vlan Instalasi SIRS & TI

Implementasi NAT (Network Address Translation) menjadi komponen krusial dalam setup ini, terutama untuk koneksi melalui Astinet. Konfigurasi NAT memungkinkan jaringan internal mengakses internet menggunakan IP public yang disediakan oleh ISP. Untuk memisahkan traffic antara kedua ISP, dibuat address list khusus yang mendefinisikan network mana yang akan menggunakan koneksi Astinet. Konfigurasi NAT pada jalur menuju Astinet dalam penelitian ini ditunjukkan pada



Gambar 8. Konfigurasi NAT

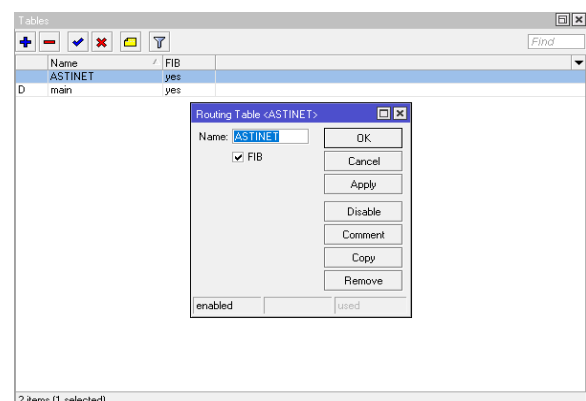
Pada konfigurasi NAT ini akan kita tambahkan source address list via firewall address list agar kita dapat memisahkan mana saja network yang akan menggunakan koneksi utama dan mana yang menggunakan koneksi Astinet, dalam penelitian ini ditunjukkan pada

The screenshot shows the Wireshark interface with the packet list pane. The filter is 'arp'. The list shows several ARP request and reply packets. The selected packet is an ARP request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254, packet number 10.

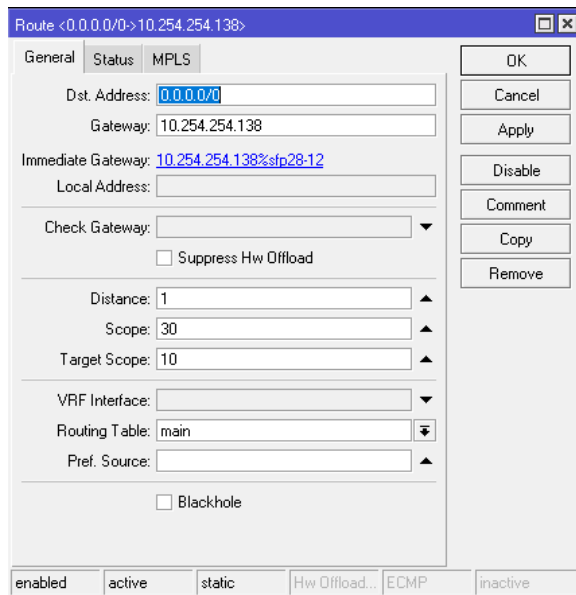
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
2	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
3	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
4	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
5	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
6	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
7	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
8	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
9	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
10	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
11	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
12	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
13	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
14	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
15	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
16	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
17	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
18	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
19	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
20	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
21	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
22	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
23	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
24	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
25	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
26	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
27	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
28	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
29	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
30	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
31	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
32	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.254
33	0.000000	192.168.1.10	192.168.1.254	ARP	60	Request from 192.168.1.10 to 192.168.1.2

Gambar 9. Firewall Address-list

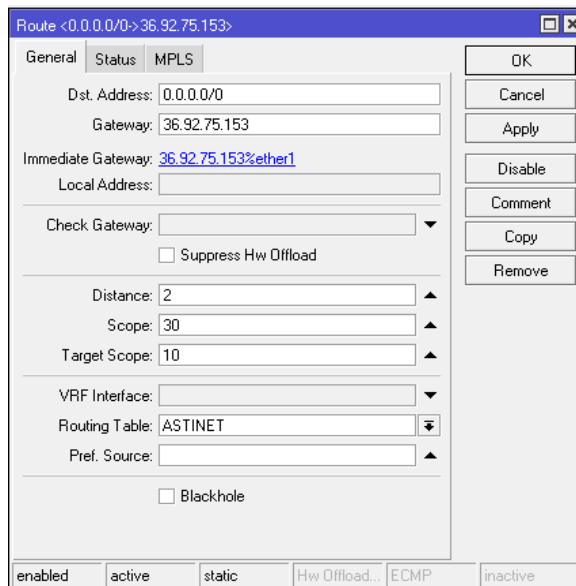
Routing table dikonfigurasi untuk menangani pembagian traffic dan failover antara kedua ISP. Route default dikonfigurasi menuju Metro Telkom DTI-RSA UGM dengan distance 1, menjadikannya sebagai jalur utama. Sementara itu, route menuju Astinet dikonfigurasi dengan distance 2, memosisikannya sebagai backup. Kedua route ini dilengkapi dengan mekanisme check-gateway menggunakan ping untuk memastikan status koneksi selalu terpantau. Konfigurasi routing table untuk ISP Astinet dan konfigurasi routing statis dan failover menuju kedua link ISP, dalam penelitian ini ditunjukkan pada



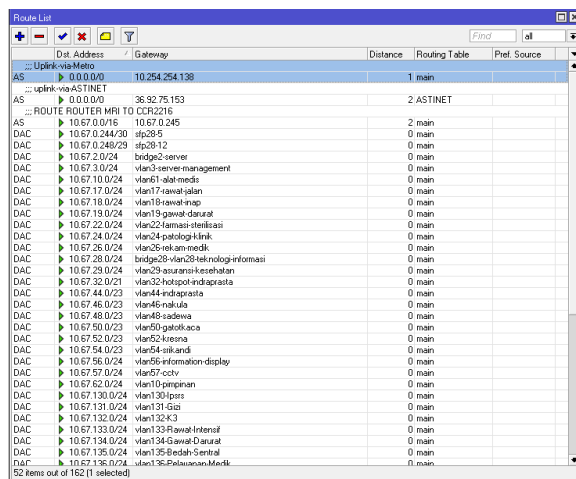
Gambar 10. Routing Table Astinet



Gambar 11. Routing Statis Metro Telkom DTI-RSA UGM



Gambar 12. Routing Statis Astinet



Gambar 13. Route List

Setelah menambahkan IP, NAT, Routing table, routing statis, kemudian langkah selanjutnya adalah menentukan jalur yang akan dilewati oleh client, dalam penelitian ini ditunjukkan pada

#	Dst. Address	Dst. Address	Routing Mark	Interface	Action	Table	Min Prefix
0	10.67.0.0/16	10.0.0.0/8		looup	man		
1	10.67.0.0/16	175.111.88.0/22		looup	man		
2	10.67.0.0/16	202.43.92.0/22		looup	man		
3	10.67.0.0/16	172.16.0.0/16		looup	man		
4	10.67.0.0/16	35.219.78.0/22		looup	ASTINET		
5	10.67.0.0/16	35.219.78.0/22		looup	ASTINET		
6	10.67.0.0/24			looup	ASTINET		

Gambar 14. Route List

4.2. Pengujian

Pengujian policy-based routing dapat dilaksanakan dengan menggunakan perintah Tracert melalui command prompt pada Windows. Fungsi Tracert adalah untuk melacak jalur yang dilalui oleh paket ICMP menuju tujuan dengan memanfaatkan variasi nilai TTL (Time To Live). Setiap router yang dilalui akan mengurangi nilai TTL sebesar 1 sebelum meneruskan paket tersebut. Apabila nilai TTL mencapai nol, router akan mengirimkan pesan ICMP "Request time out" kembali ke komputer pengirim.

Dalam pengujian ini, dilakukan dua tahap tracert. Pertama, tracert ke website RSA UGM yaitu rsa.ugm.ac.id seperti ditunjukkan pada Gambar 14. Kedua, tracert ke jaringan internet internasional, khususnya google.com seperti ditunjukkan pada Gambar 15, untuk memeriksa konektivitas dan rute jaringan.

```
C:\Users\LENOVO>tracert rsa.ugm.ac.id
Tracing route to wpmu-upu.plo-nginx.ugm.ac.id [175.111.88.116]
over a maximum of 30 hops:
 0  <1 ms  <1 ms  <1 ms  10.67.28.254
 1  1 ms  1 ms  1 ms  10.254.254.138
 2  1 ms  1 ms  1 ms  172.16.30.1
 3  1 ms  1 ms  1 ms  host-202-43-92-9.ugm.ac.id [202.43.92.9]
 4  1 ms  2 ms  1 ms  host-202-43-92-46.ugm.ac.id [202.43.92.46]
 5  1 ms  2 ms  2 ms  wpmu-upu.plo-nginx.ugm.ac.id [175.111.88.116]
Trace complete.
```

Gambar 14. Tracert ke rsa.ugm.ac.id

```
C:\Users\LENOVO>tracert google.com
Tracing route to google.com [142.251.12.139]
over a maximum of 30 hops:
 0  <1 ms  <1 ms  <1 ms  10.67.28.254
 1  1 ms  1 ms  1 ms  10.254.254.138
 2  2 ms  2 ms  1 ms  172.16.30.1
 3  1 ms  2 ms  1 ms  host-202-43-92-9.ugm.ac.id [202.43.92.9]
 4  *  *  *  118.97.5.121
 5  23 ms  23 ms  *  180.240.193.93
 6  22 ms  22 ms  *  180.240.193.93
 7  *  *  *  Request timed out.
 8  21 ms  21 ms  22 ms  72.14.203.182
 9  23 ms  23 ms  23 ms  142.250.56.239
10  24 ms  24 ms  24 ms  142.251.230.59
11  25 ms  26 ms  24 ms  216.239.49.74
12  51 ms  27 ms  70 ms  108.170.230.141
13  23 ms  24 ms  24 ms  142.251.52.191
14  *  *  *  Request timed out.
15  *  *  *  Request timed out.
16  *  *  *  Request timed out.
17  *  *  *  Request timed out.
18  *  *  *  Request timed out.
19  *  *  *  Request timed out.
20  *  *  *  Request timed out.
21  *  *  *  Request timed out.
22  *  *  *  Request timed out.
23  *  *  *  Request timed out.
24  23 ms  24 ms  24 ms  se-in-f139.1e100.net [142.251.12.139]
Trace complete.
```

Gambar 15. Tracert ke google.com

Simulasi failover dilakukan dengan menonaktifkan jalur koneksi Metro DTI – RSA UGM, sehingga Astinet secara otomatis mengambil alih sebagai jalur cadangan. Seluruh akses internet dialihkan ke Astinet, yang berfungsi sebagai jalur internet cadangan, dalam penelitian ini ditunjukkan pada

```

C:\Users\LENOVO>tracert rsa.ugm.ac.id

Tracing route to wpmu-upu.plo-nginx.ugm.ac.id [175.111.88.116]
over a maximum of 30 hops:
  0  <1 ms  <1 ms  <1 ms  10.67.28.254
  1  3 ms   2 ms   5 ms   36.92.75.153
  2  11 ms  11 ms  11 ms  118.97.5.166
  3  11 ms  11 ms  12 ms  host-202-43-92-46.ugm.ac.id [202.43.92.46]
  4  11 ms  11 ms  11 ms  wpmu-upu.plo-nginx.ugm.ac.id [175.111.88.116]

Trace complete.

```

Gambar 16. Tracert ke google.com

```

C:\Users\LENOVO>tracert google.com

Tracing route to google.com [142.251.12.102]
over a maximum of 30 hops:
  0  <1 ms  <1 ms  <1 ms  10.67.28.254
  1  3 ms   2 ms   5 ms   36.92.75.153
  2  *      *      *      Request timed out.
  3  22 ms  *      *      180.240.190.101
  4  23 ms  23 ms  23 ms  74.125.50.212
  5  22 ms  23 ms  23 ms  74.125.50.212
  6  24 ms  23 ms  23 ms  108.170.234.93
  7  25 ms  38 ms  24 ms  142.250.63.142
  8  24 ms  25 ms  24 ms  142.251.229.227
  9  25 ms  25 ms  25 ms  142.251.231.184
 10  23 ms  24 ms  24 ms  142.251.52.67
 11  *      *      *      Request timed out.
 12  *      *      *      Request timed out.
 13  *      *      *      Request timed out.
 14  *      *      *      Request timed out.
 15  *      *      *      Request timed out.
 16  *      *      *      Request timed out.
 17  *      *      *      Request timed out.
 18  *      *      *      Request timed out.
 19  *      *      *      Request timed out.
 20  *      *      *      Request timed out.
 21  24 ms  25 ms  24 ms  se-in-f102.1e100.net [142.251.12.102]

```

Gambar 17. Tracert ke google.com

Tabel 1. Hasil Pengukuran waktu respons

Pengujian ping rsa.ugm.ac.id (ke-)	Waktu respon sebelum implementasi PBR (ms)	Waktu respon sesudah implementasi PBR (ms)
1	1	11
2	1	11
3	1	11
4	1	11
5	2	11
6	1	11
7	1	11
8	2	11
9	1	11
10	1	11
Rata - rata	1,2	11

Berdasarkan hasil pengujian yang tertera pada Tabel 1, dapat diamati bahwa waktu respon yang dibutuhkan untuk mengakses website rsa.ugm.ac.id dan google.com sebelum penerapan policy-based routing adalah 1,2 ms, sedangkan setelah penerapan policy-based routing, waktu respons meningkat menjadi 11 ms. Peningkatan waktu respons ini disebabkan oleh perbedaan bandwidth antara jalur Metro DTI-RSA UGM dan jalur Astinet. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pembagian jalur internet menggunakan policy-based routing berhasil diimplementasikan, dan proses failover yang dilakukan mampu mengurangi gangguan pada jalur akses internet.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengujian implementasi policy-based routing dilakukan dengan memanfaatkan perintah Tracert melalui command prompt pada sistem operasi Windows untuk melacak rute paket ICMP menuju tujuan, seperti website rsa.ugm.ac.id dan google.com.

Hasil pengujian mengungkapkan bahwa sebelum penerapan policy-based routing, waktu respons rata-rata untuk mengakses rsa.ugm.ac.id tercatat sebesar 1,2 ms. Namun, setelah penerapan, waktu respons mengalami peningkatan signifikan menjadi 11 ms. Fenomena ini disebabkan oleh disparitas bandwidth antara jalur Metro DTI-RSA UGM dan jalur Astinet. Simulasi failover yang dilakukan dengan menonaktifkan jalur utama (Metro DTI – RSA UGM) menunjukkan bahwa jalur cadangan (Astinet) mampu mengambil alih secara otomatis, sehingga meminimalkan gangguan pada akses internet. Meskipun terdapat peningkatan waktu respons, implementasi policy-based routing terbukti efektif dalam memisahkan jalur akses internet dan memastikan ketersediaan layanan. Untuk optimasi lebih lanjut, disarankan agar bandwidth pada jalur cadangan ditingkatkan hingga setara dengan jalur utama (1:1), guna meminimalkan penurunan kecepatan yang dapat dirasakan oleh pengguna saat terjadi peralihan ke jalur cadangan. Dengan demikian, pengalaman pengguna dapat dipertahankan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Salim, G. Surono, E. B. Pabelan, and A. Raizaldi, "JBPI-Jurnal Bidang Penelitian Informatika Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional Penerapan Load Balancing Metode Per Connection Classifier Berbasis Router Mikrotik di PT.Asuransi Jiwa Nasional," 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.kreatifcemerlang.id/index.php/jbpi>
- [2] N. Nurmiati, L. Surimi, and S. Subardin, "Analisis Kinerja Load Balancing Terhadap Jaringan Internet Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP)," *Digital Transformation Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 52–62, Nov. 2022, doi: 10.47709/digitech.v2i2.1779.
- [3] R. Aldori, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per Connection Classifier) Berbasis Mikrotik pada SMK Tunas Harapan Jakarta," *TECHSI - Jurnal Teknik Informatika*, vol. 13, no. 2, p. 69, Oct. 2021, doi: 10.29103/techsi.v13i2.5380.
- [4] A. Irman, "Implementasi Load Balance Mikrotik Dual ISP Dengan PCC dan Metode Failover Pada PT. Wahana Ciptasinatria," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 10, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.urindo.ac.id/index.php/TI/index>
- [5] Khoiru Sabila, Siti Rahayu, and Titin Sumarni, "Peningkatan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Jaringan Melalui Teknik Load Balancing," *CEMERLANG: Jurnal Manajemen dan Ekonomi Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 31–41, Jun. 2024, doi: 10.55606/cemerlang.v4i3.2989.

- [6] S. D. Riskiono and D. Darwis, "Peran Load Balancing Dalam Meningkatkan Kinerja Web Server Di Lingkungan Cloud," *Krea-TIF*, vol. 8, no. 2, p. 1, Nov. 2020, doi: 10.32832/kreatif.v8i2.3503.
- [7] S. D. Riskiono and D. Pasha, "ANALISIS METODE LOAD BALANCING DALAM MENINGKATKAN KINERJA WEBSITE E-LEARNING," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, p. 22, Jan. 2020, doi: 10.33365/jti.v14i1.466.
- [8] S. D. Riskiono and D. Pasha, "Analisis Perbandingan Server Load Balancing dengan Haproxy & Nginx dalam Mendukung Kinerja Server E- Learning," *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 10, no. 3, p. 135, Dec. 2020, doi: 10.22441/incomtech.v10i3.8751.
- [9] D. E. Cahyono, "IMPLEMENTASI LOAD BALANCE MENGGUNAKAN METODE POLICY BASED ROUTE (PBR) PADA POLITEKNIK SAWUNGGALIH AJI KUTOARJO".
- [10] A. Haris, E. Budiman, and M. Taruk, "Perancangan dan Implementasi Load Balance Menggunakan Metode Policy Based Routing pada Laboratorium Dasar Pemrograman Fakultas Teknik Universitas Mulawarman," *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 17, no. 1, p. 5, Jul. 2023, doi: 10.30872/jim.v17i1.5967.
- [11] U. A. Ahmad, R. E. Saputra, and Y. Pangestu, "PERANCANGAN INFRASTRUKTUR JARINGAN KOMPUTER MENGGUNAKAN FIBER OPTIC DENGAN METODE NETWORK DEVELOPMENT LIFE CYCLE (NDLC) DESIGN OF COMPUTER NETWORK INFRASTRUCTURE USING OPTICAL FIBER WITH NETWORK DEVELOPMENT LIFE CYCLE (NDLC) METHOD."