



**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMANSI HOT STANDBY ROUTER
PROTOCOL (HSRP) DENGAN GATEWAY LOAD BALANCING
PROTOCOL (GLBP) PADA ROUTER SPOKE DMVPN**

TUGAS AKHIR

MICHELLE CLAUDIA
41516120006

UNIVERSITAS
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021



**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMANSI HOT STANDBY ROUTER
PROTOCOL (HSRP) DENGAN GATEWAY LOAD BALANCING
PROTOCOL (GLBP) PADA ROUTER SPOKE DMVPN**

Tugas Akhir

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:
Michelle Claudia
41516120006

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NIM : 41516120006

Nama : Michelle Claudia

Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya adalah hasil karya sendiri dan bukan plagiat. Apabila ternyata ditemukan didalam laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap untuk mendapatkan sanksi akademik yang terkait dengan hal tersebut.

Jakarta, 18 Maret 2021



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Michelle Claudia
NIM : 41516120006
Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul diatas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan di lingkungan Universitas Mercu Buana, saya memberikan izin kepada Peneliti di Lab Riset Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana untuk menggunakan dan mengembangkan hasil riset yang ada dalam tugas akhir untuk kepentingan riset dan publikasi selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 18 Maret 2021



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Michelle Claudia
 NIM : 41516120006
 Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Menyatakan bahwa :

1. Luaran Tugas Akhir saya adalah sebagai berikut :

No	Luaran	Jenis			Status	
1	Publikasi Ilmiah	Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi			Diajukan	
		Jurnal Nasional Terakreditasi		v		
		Jurnal International Tidak Bereputasi			Diterima	v
		Jurnal International Bereputasi				
	Disubmit/dipublikasikan di :	Nama Jurnal	: Jurnal Media Informatika Budidarma			
		ISSN	: 2548-8368 (media online) 2614-5278 (media cetak)			
		Link Jurnal	: http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib			
Link File Jurnal Jika Sudah di Publish		:				

2. Bersedia untuk menyelesaikan seluruh proses publikasi artikel mulai dari submit, revisi artikel sampai dengan dinyatakan dapat diterbitkan pada jurnal yang dituju.
3. Diminta untuk melampirkan scan KTP dan Surat Pernyataan (Lihat Lampiran Dokumen HKI), untuk kepentingan pendaftaran HKI apabila diperlukan

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Mengetahui
 Dosen Pembimbing TA

Muhammad Rifqi, S.Kom, M.Kom

Jakarta, 18 Maret 2021


 Michelle Claudia

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

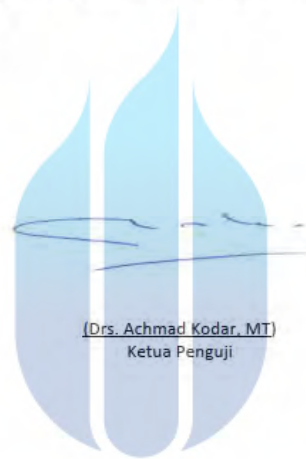


LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41516120006
Nama : Michelle Claudia
Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 18 Maret 2021



(Drs. Achmad Kodar, MT)
Ketua Penguji

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI



LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41516120006
Nama : Michelle Claudia
Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 18 Maret 2021



(Desi Ramayanti, S.Kom., MT)
Anggota Penguji 1

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

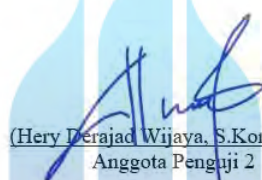


LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41516120006
Nama : Michelle Claudia
Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 18 Maret 2021



(Hery Derajad Wijaya, S.Kom., MM)
Anggota Penguji 2

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PENGESAHAN



LEMBAR PENGESAHAN

NIM : 41516120006
Nama : Michelle Claudia
Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 18 Maret 2021

Menyetujui,

(Muhammad Rifqi, S.Kom, M.Kom)
Dosen Pembimbing

Mengetahui,

UNIVERSITAS

(Diky Firdaus, S.Kom, MM)

Koord. Tugas Akhir Teknik Informatika

(Desi Ramayanti, S.Kom, MT)

Ka. Prodi Teknik Informatika

ABSTRAK

Nama : Michelle Claudia
NIM : 41516120006
Pembimbing TA : Muhammad Rifqi, S.Kom, M.Kom
Judul : Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Pemanfaatan koneksi internet untuk membangun jalur Virtual Private Network (VPN) pada perusahaan sudah banyak digunakan. Seperti penggunaan teknologi Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) dari Cisco, yang dapat menghubungkan Spoke atau kantor cabang, dengan HUB atau data center. Selain membutuhkan jaringan yang aman, perusahaan juga memerlukan ketersediaan jaringan yang tinggi. Salah satunya dengan menggunakan metode redundansi agar dapat meminimalisir downtime saat terjadi kerusakan perangkat. Pada penelitian ini router spoke akan menggunakan 2 metode redundansi milik Cisco, yaitu yaitu Hot Standby Router Protocol (HSRP) dan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP). Penelitian bertujuan untuk membandingkan performansi QoS dan downtime diantara kedua protokol tersebut sehingga menemukan metode yang sesuai untuk jaringan DMVPN pada kantor cabang. Skenario pengujian dilakukan pada simulator GNS-3 dengan menggunakan layanan File Transfer Protocol (FTP). Hasil pengujian yang didapatkan nilai throughput HSRP lebih kecil dengan selisih 0,20% dari GLBP, kenaikan delay rata-rata pada HSRP lebih kecil dengan selisih 1,07% dari GLBP, waktu transfer data pada HSRP lebih cepat dengan selisih 1,49% dibanding GLBP, dan downtime yang terjadi pada HSRP lebih cepat 4,13% dari GLBP. Sehingga kesimpulan yang didapatkan metode HSRP merupakan solusi redundansi yang sesuai pada router spoke.

Kata kunci:
Performansi, HSRP, GLBP, Redundansi, Simulasi

ABSTRACT

Name : Michelle Claudia
Student Number : 41516120006
Counsellor : Muhammad Rifqi, S.Kom, M.Kom
Title : Performance Comparison of Hot Standby Router Protocol (HSRP) with Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) in DMVPN Spoke Router

The use of internet connections to develop Virtual Private Network (VPN) lines in companies has been massively applied. An example is the use of Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) technology from Cisco, which can connect Spoke or branch offices through HUB or data centers. Besides requiring a secure network, companies also need high network availability. One of them is by using the redundancy method in order to minimize downtime when device damage occurs. In this research, the spoke router will apply two redundancy methods by Cisco, which are Hot Standby Router Protocol (HSRP) and Gateway Load Balancing (GLBP). This research aims to compare the QoS performances and downtime between the two protocols in order to discover the suitable method for DMVPN networks at branch offices. The test scenario is conducted on the GNS-3 simulator using the File Transfer Protocol (FTP) service. The obtained test result shows that the HSRP throughput value is smaller from the GLBP with a difference of 0.20%, the increase in the average delay of the HSRP is smaller from the GLBP with a difference of 1.07%. The HSRP data transfer time is faster than GLBP with a difference of 1.49%, and HSRP downtime is 4.13% faster than GLBP. The conclusion is that a suitable redundancy solution for spoke router using the HSRP method.

Key words:

performance, HSRP, GLBP, redundancy, simulation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) Dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN”.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, penulisan laporan tugas akhir tidak dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mujiono, ST, MT selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Desi Ramayanti, S.Kom, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Diky Firdaus, S.Kom, MM selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Informatika.
4. Bapak Muhammad Rifqi, S.Kom, M.Kom selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Universitas Mercu Buana Jakarta, khususnya Jurusan Teknik Informatika.
6. Bapak Vicky Agus beserta IT Network Squad yang telah membantu dan memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
7. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa.
8. Yeremia Evan dan Nadia Clarissa yang selalu mendukung dan menghibur selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman dari Teknik Informatika dan semua pihak yang membantu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Mahasiswa Universitas Mercu Buana khususnya dan pembaca pada umumnya.

Jakarta, 18-Maret-2021
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR ...	iii
SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
NASKAH JURNAL	1
KERTAS KERJA	11
BAB 1. LITERATUR REVIEW.....	12
BAB 2. ANALISIS DAN PERANCANGAN	14
BAB 3. KONFIGURASI.....	17
BAB 4. TAHAPAN EKSPERIMEN.....	32
BAB 5. HASIL SEMUA EKSPERIMEN	34
LAMPIRAN DOKUMEN HAKI	37
LAMPIRAN KORESPONDENSI.....	39

NASKAH JURNAL

Analisa Perbandingan Performansi Hot Standby Router Protocol (HSRP) dengan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Pada Router Spoke DMVPN

Michelle Claudia¹, Muhammad Rifqi^{1*}

¹ Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia

Email: ¹41516120006@student.mercubuana.ac.id, ^{2,*}m.rifqi@mercubuana.com

Email Penulis Korespondensi: m.rifqi@mercubuana.com

Abstrak— Pemanfaatan koneksi internet untuk membangun jalur Virtual Private Network (VPN) pada perusahaan sudah banyak digunakan. Seperti penggunaan teknologi Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) dari Cisco, yang dapat menghubungkan Spoke atau kantor cabang, dengan HUB atau data center. Selain membutuhkan jaringan yang aman, perusahaan juga memerlukan ketersediaan jaringan yang tinggi. Salah satunya dengan menggunakan metode redundansi agar dapat meminimalisir downtime saat terjadi kerusakan perangkat. Pada penelitian ini router spoke akan menggunakan 2 metode redundansi milik Cisco, yaitu yaitu Hot Standby Router Protocol (HSRP) dan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP). Penelitian bertujuan untuk membandingkan performansi QoS dan downtime diantara kedua protokol tersebut sehingga menemukan metode yang sesuai untuk jaringan DMVPN pada kantor cabang. Skenario pengujian dilakukan pada simulator GNS-3 dengan menggunakan layanan File Transfer Protocol (FTP). Hasil pengujian yang didapatkan nilai throughput HSRP lebih kecil dengan selisih 0,20% dari GLBP, kenaikan delay rata-rata pada HSRP lebih kecil dengan selisih 1,07% dari GLBP, waktu transfer data pada HSRP lebih cepat dengan selisih 1,49% dibanding GLBP, dan downtime yang terjadi pada HSRP lebih cepat 4,13% dari GLBP. Sehingga kesimpulan yang didapatkan metode HSRP merupakan solusi redundansi yang sesuai pada router spoke.

Kata Kunci: Performansi, HSRP, GLBP, Redundansi, Simulasi

Abstract— The use of internet connections to develop Virtual Private Network (VPN) lines in companies has been massively applied. An example is the use of Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) technology from Cisco, which can connect Spoke or branch offices through HUB or data centers. Besides requiring a secure network, companies also need high network availability. One of them is by using the redundancy method in order to minimize downtime when device damage occurs. In this research, the spoke router will apply two redundancy methods by Cisco, which are Hot Standby Router Protocol (HSRP) and Gateway Load Balancing (GLBP). This research aims to compare the QoS performances and downtime between the two protocols in order to discover the suitable method for DMVPN networks at branch offices. The test scenario is conducted on the GNS-3 simulator using the File Transfer Protocol (FTP) service. The obtained test result shows that the HSRP throughput value is smaller from the GLBP with a difference of 0.20%, the increase in the average delay of the HSRP is smaller from the GLBP with a difference of 1.07%. The HSRP data transfer time is faster than GLBP with a difference of 1.49%, and HSRP downtime is 4.13% faster than GLBP. The conclusion is that a suitable redundancy solution for spoke router using the HSRP method.

Keywords: Performance, HSRP, GLBP, Redundancy, Simulation

1. PENDAHULUAN

Saat ini banyak perusahaan yang memanfaatkan teknologi informasi dalam menjalankan proses bisnisnya, terutama dengan menggunakan internet untuk membuat jaringan komputer agar perangkat dapat saling berkomunikasi dan berbagi data. Jaringan komputer yang dibutuhkan adalah jaringan yang bersifat aman dan memiliki ketersediaan yang tinggi. Untuk membangun jaringan yang aman, perusahaan yang memiliki banyak cabang sering menggunakan VPN (Virtual Private Network). Namun, penggunaan VPN tradisional ini mempunyai harga operasional dan pemeliharaan yang tinggi. Sebagai solusi, Cisco mempunyai teknologi DMVPN (*Dynamic Multipoint VPN*).

DMVPN merupakan sebuah protokol yang menawarkan komunikasi VPN yang aman untuk komunikasi antar cabang perusahaan. Arsitektur DMVPN terdiri dari implementasi jaringan Hub dan Spoke. Hub merupakan perwakilan node pusat jaringan, sedangkan Spoke adalah node yang berada pada remote location atau biasanya kantor cabang. DMVPN membangun sebuah *site-to-site tunnel* dengan memanfaatkan koneksi internet publik[1]. Teknologi ini dapat digunakan pada

perusahaan yang sering mengalami penambahan atau pengurangan jumlah cabang. Hal ini karena perangkat yang sudah dikonfigurasi tidak perlu dilakukan konfigurasi kembali[2]. Sehingga mengurangi kompleksitas pada sisi konfigurasi perangkat, meningkatkan fleksibilitas dan menjaga harga operasional serta pemeliharaan tetap rendah.

Dalam melakukan perancangan jaringan selain faktor keamanan, perusahaan juga menuntut terjaminnya jaringan yang terus-menerus tersedia. Hal ini bertujuan untuk menjaga proses bisnis yang sedang berjalan. Penggunaan metode redundansi pada perangkat merupakan salah satu cara untuk membuat sistem dengan ketersediaan yang tinggi. Redundansi jaringan komputer merupakan proses instalasi perangkat alternatif atau tambahan untuk mempertahankan fungsi jaringan, ketika terjadi kerusakan pada perangkat utama. Adapun protokol yang dapat melakukan redundansi pada jaringan komputer yaitu FHRP (*Fast Hop Redundancy Protocol*). FHRP terdiri dari berbagai macam jenis, 3 jenis yang utama sering digunakan adalah HSRP (*Hot Standby Router Protocol*), GLBP (*Gateway Load Balancing Protocol*), dan VRRP (*Virtual Router Redundancy Protocol*). HSRP dan GLBP merupakan milik Cisco atau Cisco *proprietary* sedangkan VRRP adalah standar IETF (RFC 3768)[3]. HSRP menyediakan redundansi dengan membuat satu router aktif dan lainnya sebagai *standby*, sedangkan GLBP dapat membuat semua router dalam keadaan aktif dan memiliki fitur *load balancing*.

PT XYZ merupakan sebuah perusahaan pembiayaan yang sudah memiliki lebih dari 100 kantor cabang di Indonesia. Perusahaan ini sudah menggunakan jaringan berbasis DMVPN sebagai penghubung antara kantor cabang dengan kantor pusat. Jaringan pada cabang digunakan untuk mendukung proses bisnis seperti akses layanan email, web hingga aplikasi internal. Kondisi yang terjadi pada PT XYZ hanya memiliki satu router spoke yang aktif di setiap cabang. Satu router spoke lainnya berada dalam kondisi mati. Hal ini memungkinkan terjadinya perbedaan konfigurasi antara router spoke cadangan yang mati dengan spoke utama, terlebih jika sudah banyak perubahan yang terjadi. Karena kondisi tersebut, jaringan cabang memiliki resiko terjadinya *downtime* yang lebih lama apabila router mengalami kerusakan atau mati.

Cisco memiliki metode yang dapat digunakan sebagai solusi redundansi dan mengurangi *downtime*, yaitu HSRP dan GLBP. Pemilihan kedua metode tersebut dikarenakan perangkat yang digunakan saat ini merupakan router Cisco, sehingga akan lebih maksimal jika menggunakan protokol milik Cisco sendiri. Jaringan cabang PT XYZ akan dirancang menggunakan kedua metode redundansi ini dengan kondisi dua router spoke yang aktif. Perancangan dilakukan berdasarkan keadaan jaringan pada cabang PT XYZ saat ini.

Terdapat beberapa penelitian yang membandingkan metode redundansi tersebut antara lain adalah [4]. Penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil metode GLBP merupakan rekomendasi metode terbaik untuk mengatasi kegagalan jaringan, berdasarkan hasil pengujian performansi jaringan TCP/IP. Penelitian [5] dilakukan pada jaringan yang menggunakan routing protocol EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*) mendapatkan kinerja HSRP lebih baik dari GLBP pada layanan video streaming. Penelitian [6] memberikan hasil kinerja VRRP pada topologi Star dengan routing EIGRP lebih baik dibanding HSRP dan GLBP karena hasil *delay* tidak mengalami kenaikan saat kondisi jaringan terputus. Hasil tersebut dikarenakan protokol VRRP mengirimkan pesan hello setiap 1 detik, sedangkan protokol GLBP dan HSRP setiap 3 detik. Maka pada penelitian ini konfigurasi hello pada HSRP dan GLBP akan diubah menjadi 1 detik agar mendapatkan hasil yang maksimal seperti protokol VRRP pada penelitian [6].

Berdasarkan penelitian [4],[5],[6] setiap metode redundansi memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri. Maka penelitian ini akan membandingkan kinerja dari kedua metode redundansi milik Cisco pada jaringan DMVPN. Pengukuran kinerja yang akan dilakukan menggunakan parameter QoS (*Quality of Services*) yaitu *throughput* dan *delay*. Selain parameter QoS, penelitian ini juga akan menguji nilai *transfer time* dan lamanya *downtime* pada setiap metode. Sehingga hasil penelitian ini dapat memberikan solusi metode redundansi yang sesuai untuk router spoke.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 HSRP

Hot Standby Router Protocol (HSRP) merupakan protokol standar *gateway* dari Cisco yang berfungsi untuk menyediakan redundansi pada jaringan. HSRP akan membuat sebuah virtual router yang bertugas sebagai *gateway*. Seluruh transmisi data akan melewati *active gateway*. *Active*

Gateway dipilih berdasarkan prioritas tertinggi atau router dengan IP Address tertinggi. Pada HSRP konfigurasi default untuk prioritas adalah 100, interval waktu pengiriman paket “Hello” adalah 3 detik, dan interval waktu menunggu paket “Hello” adalah 10 detik. Jika active router tidak membawa paket “Hello” selama 10 detik, maka *standby router* dengan prioritas tertinggi selanjutnya akan mengambil alih dan menjadi *active router*. [7]

2.2 GLBP

Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) merupakan protokol standar milik Cisco yang mendukung fungsi *load balancing*. Dalam GLBP terdapat dua peran dari gateway, yaitu *Active Virtual Gateway (AVG)* dan *Active Virtual Forwarder (AVF)*. Gateway yang memiliki prioritas tertinggi akan menjadi AVG, yang bertugas melakukan *reply* terhadap paket *Address Resolution Protocol (ARP)*. Router yang lainnya akan bertindak sebagai backup untuk AVG. Konfigurasi default untuk interval pengiriman paket “Hello” dan waktu tunggu pada GLBP sama seperti konfigurasi *default* pada HSRP. [7]

2.3 QoS (Quality of Services)

Parameter QoS yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

- a. Throughput [8]

Throughput merupakan ukuran untuk mengetahui seberapa cepat sebenarnya data dapat terkirim pada jaringan. Rumus perhitungan *throughput* :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

- b. Delay [8]

Delay merupakan rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan transmit data dari pengirim ke penerima.

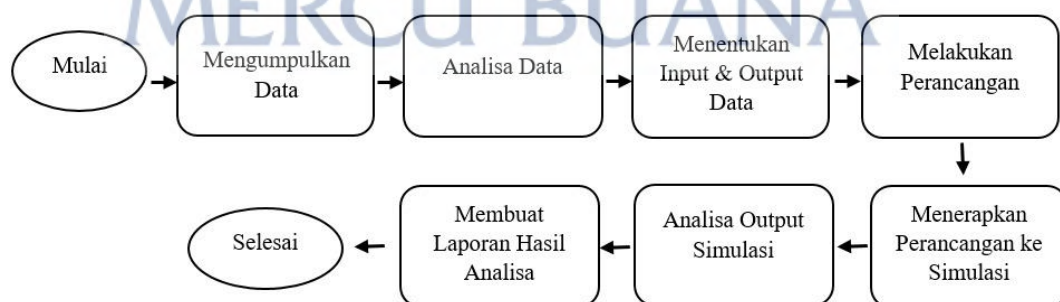
Rumus perhitungan *end-to-end delay* :

$$\text{Delay} = \frac{\text{waktu pengiriman paket}}{\text{total paket diterima}} \quad (2)$$

2.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dan studi pustaka. Peneliti melakukan pengamatan pada jaringan di PT XYZ yang akan dijadikan penelitian agar dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan untuk dilakukan analisa dan simulasi. Peneliti juga melakukan pengumpulan data dari berbagai referensi seperti jurnal, *e-book*, buku atau laporan yang berkaitan dengan penelitian.

2.5 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

Berikut tahapan-tahapan pada penelitian ini :

- a. Mengumpulkan Data

Melakukan observasi terhadap keadaan jaringan yang sedang berjalan dan mengumpulkan data yang dibutuhkan seperti topologi jaringan, jenis perangkat yang digunakan dan beban jaringan yang dilewati router spoke.

- b. Analisa Data terkait Penelitian

Melakukan analisa terhadap data pendukung agar dapat menentukan parameter penelitian dan perencanaan jaringan. Hasil yang didapatkan adalah setiap cabang mempunyai 2 (dua) router cisco, tetapi hanya terdapat 1 (satu) router spoke yang aktif. *Bandwidth* pada kantor cabang dipakai untuk mengakses layanan email, web dan aplikasi internal perusahaan. Aktifitas yang paling sering dilakukan adalah download file dari web internal perusahaan, dengan format file .pdf.

c. Menentukan input dan output data

Parameter input ditetapkan berdasarkan hasil analisa data pada tahap sebelumnya. Berikut peralatan yang akan digunakan dalam penelitian untuk membuat simulasi jaringan :

Tabel 1. Kebutuhan Peralatan Simulasi

Kategori	Spesifikasi	Fungsi
Hardware	Laptop HP	
	Intel Core i7	
	Windows 10	
Software	GNS3	Aplikasi simulasi jaringan
	Wireshark	Aplikasi analisis protokol jaringan
	VirtualBox	Aplikasi Virtual Machine

Parameter output yang digunakan adalah parameter QoS (*throughput* dan *delay*), waktu *transfer file* dan *downtime*.

d. Melakukan Perancangan

Membuat rancangan jaringan menggunakan metode redundansi dan rancangan skenario yang nanti akan digunakan untuk uji coba.

e. Menerapkan Perancangan ke Simulasi

Mensimulasikan rancangan jaringan menggunakan aplikasi GNS3 dan melakukan skenario uji coba terhadap metode HSRP dan GLBP yang digunakan pada router spoke.

f. Analisa Output Simulasi

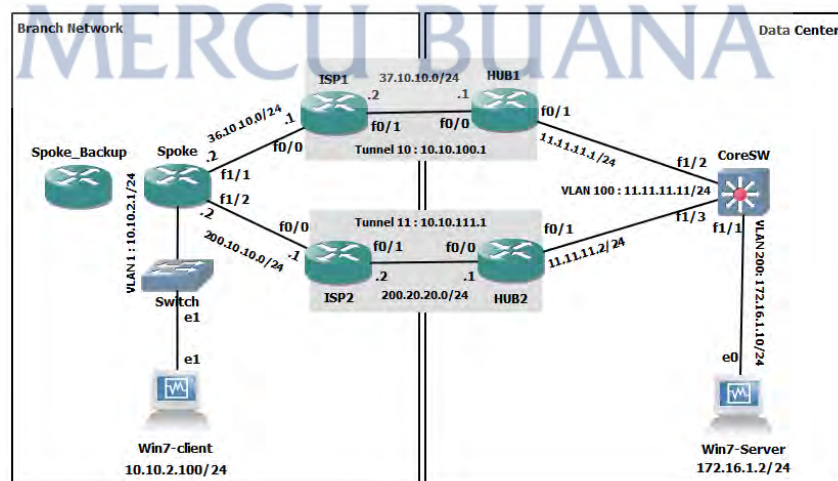
Setelah skenario uji coba sudah selesai dilakukan peneliti menganalisa parameter output.

g. Membuat Laporan Hasil Analisa

Tahap terakhir adalah memberikan hasil analisa performansi dari uji coba kedua metode redundansi pada router spoke DMVPN.

2.6 Perancangan Jaringan

Gambar 2 merupakan topologi yang akan digunakan dalam simulasi berdasarkan keadaan jaringan yang sedang berjalan.

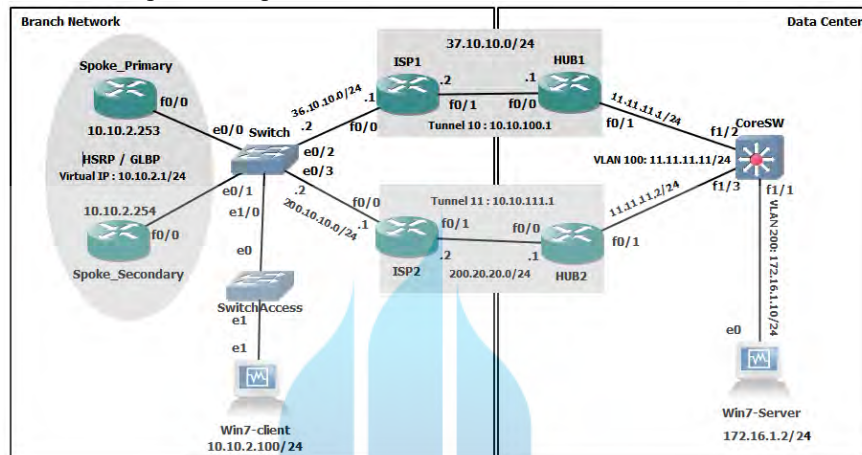


Gambar 2. Topologi Jaringan Existing

Adapun peralatan yang diperlukan untuk menjalankan simulasi jaringan pada GNS-3, sebagai berikut :

- a. 6 unit router yang akan digunakan sebagai :
 1. Spoke sebanyak 2 unit
 2. Modem sebanyak 2 unit
 3. HUB sebanyak 2 unit
- b. 1 unit switch layer 2
- c. 1 unit switch layer 3
- d. 3 unit PC yang akan digunakan sebagai Client dan Server

Pada penelitian ini kedua router spoke akan diaktifkan menggunakan protokol redundansi HSRP atau GLBP. Router spoke akan saling terhubung melalui perangkat switch tambahan. Port pada switch yang mengarah ke router spoke akan menggunakan *mode trunk*, dan port yang mengarah ke switch access dan modem ISP akan menggunakan *mode vlan access*. Topologi perancangan dengan metode redundansi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Jaringan Dengan Metode Redundansi

Dalam keadaan normal PC client akan mengakses ke server melalui *spoke primary*, tetapi jika *spoke primary* bermasalah *spoke secondary* akan mengambil alih. Dengan metode redundansi ini diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan jaringan.

2.7 Skenario Pengujian

Terdapat 5 skenario yang akan dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil perbandingan performansi. Skenario pertama dilakukan pengujian pada jaringan *existing*. Skenario kedua dan ketiga dilakukan pengujian pada jaringan dengan metode HSRP. Skenario keempat dan kelima dilakukan pengujian pada jaringan dengan metode GLBP. Pada skenario ketiga dan kelima akan dilakukan simulasi *hardware failure*, bertujuan untuk memberikan hasil nilai *downtime* dari masing-masing metode. Semua skenario akan diuji menggunakan layanan FTP, dimana *client* akan melakukan download file dengan format file .pdf sebesar 5MB dari server. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk setiap skenario.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konfigurasi HSRP

Spoke primary dikonfigurasi dengan priority 110, agar menjadi active router. Sedangkan spoke secondary menggunakan default priority, agar menjadi standby router. Konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

```
interface FastEthernet0/0.10
description ** LAN **
encapsulation dot1Q 10
ip address 10.10.2.253 255.255.255.0
standby 10 ip 10.10.2.1
standby 10 timers 1 3
standby 10 priority 110
standby 10 preempt
standby 10 track 1 decrement 20
```

Gambar 4 Konfigurasi HSRP Spoke Primary

```

interface FastEthernet0/0.10
description ** LAN **
encapsulation dot1Q 10
ip address 10.10.2.254 255.255.255.0
standby 10 ip 10.10.2.1
standby 10 timers 1 3
standby 10 preempt
standby 10 track 1 decrement 20

```

Gambar 5 Konfigurasi HSRP Spoke Secondary

Konfigurasi hello diubah menjadi setiap 1 detik dan hold setiap 3 detik pada semua router. Setiap router juga dikonfigurasi dengan IP SLA untuk melakukan tracking, tracking dilakukan untuk mengaktifkan fitur Embedded Event Manager (EEM) pada router. EEM bertugas untuk menjalankan otomatisasi konfigurasi pada port disetiap router. Konfigurasi EEM ditunjukkan pada Gambar 6.

```

event manager applet Keepalive-Failed
event track 1 state down
action 1.0 syslog msg "Keepalive failed! Shut DOWN int"
action 1.1 cli command "enable"
action 1.2 cli command "conf t"
action 1.3 cli command "interface fa0/0.11"
action 1.4 cli command "shut"
action 1.5 cli command "interface fa0/0.12"
action 1.6 cli command "shut"
event manager applet Keepalive-Alive
event track 1 state up
action 2.0 syslog msg "Keepalive formed! Bring UP"
action 2.1 cli command "enable"
action 2.2 cli command "conf t"
action 2.3 cli command "interface fa0/0.11"
action 2.4 cli command "no shut"
action 2.5 cli command "interface fa0/0.12"
action 2.6 cli command "no shut"
action 2.7 cli command "end"

```

Gambar 6 Konfigurasi EEM

3.2 Konfigurasi GLBP

Spoke primary dikonfigurasi dengan priority 110, agar menjadi *Active Virtual Gateway* (AVG). Sedangkan spoke secondary menggunakan *default priority*, agar menjadi *Active Virtual Forwarder* (AVF). Konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

```

interface FastEthernet0/0.10
description ** LAN **
encapsulation dot1Q 10
ip address 10.10.2.253 255.255.255.0
glbp 10 ip 10.10.2.1
glbp 10 timers 1 3
glbp 10 priority 110
glbp 10 preempt
glbp 10 weighting track 1 decrement 20
end

```

Gambar 7 Konfigurasi GLBP Spoke Primary

```

interface FastEthernet0/0.10
description ** LAN **
encapsulation dot1Q 10
ip address 10.10.2.254 255.255.255.0
glbp 10 ip 10.10.2.1
glbp 10 timers 1 3
glbp 10 preempt
end

```

Gambar 8 Konfigurasi GLBP Spoke Secondary

3.3 Pengujian Sistem

Sebelum dilakukan pengujian sistem dengan metode redundansi yang sudah dikonfigurasi pada router, perlu dipastikan bahwa jaringan sudah saling terhubung dengan melakukan *ping* dan *trace route* dari *client* ke *server*. Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan hasil ping berhasil dan *trace route* dari client ke server melewati *spoke primary* pada jaringan dengan metode HSRP

```
C:\Users\BranchUser>ping 172.16.1.2 -t

Pinging 172.16.1.2 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=90ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=72ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=57ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=54ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=91ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=57ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=57ms TTL=124
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=57ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=55ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=61ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=67ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=63ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=70ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=68ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=77ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=70ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=70ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=70ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=82ms TTL=125

Ping statistics for 172.16.1.2:
    Packets: Sent = 19, Received = 19, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 54ms, Maximum = 91ms, Average = 67ms
```

Gambar 9 Test Ping PC Client ke Server

```
C:\Users\BranchUser>tracert 172.16.1.2

Tracing route to 172.16.1.2 over a maximum of 30 hops
  0  9 ms  11 ms  9 ms  10.10.2.253
  1  29 ms  25 ms  32 ms  10.10.100.1
  2  50 ms  51 ms  50 ms  11.11.11.11
  3  49 ms  61 ms  58 ms  172.16.1.2
Trace complete.
```

Gambar 10 Traceroute PC Client ke Server

Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan hasil *ping* berhasil dan *trace route* dari client ke server melewati spoke primary pada jaringan dengan metode GLBP.

```
C:\Users\BranchUser>ping 172.16.1.2 -t

Pinging 172.16.1.2 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=52ms TTL=124
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=73ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=60ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=47ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=59ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=49ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=65ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=62ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=52ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=44ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=46ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=63ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=62ms TTL=124
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=56ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=58ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=57ms TTL=125
Reply from 172.16.1.2: bytes=32 time=57ms TTL=125

Ping statistics for 172.16.1.2:
    Packets: Sent = 17, Received = 17, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 44ms, Maximum = 73ms, Average = 56ms
Control-C
```

Gambar 11 Test Ping PC Client ke Server

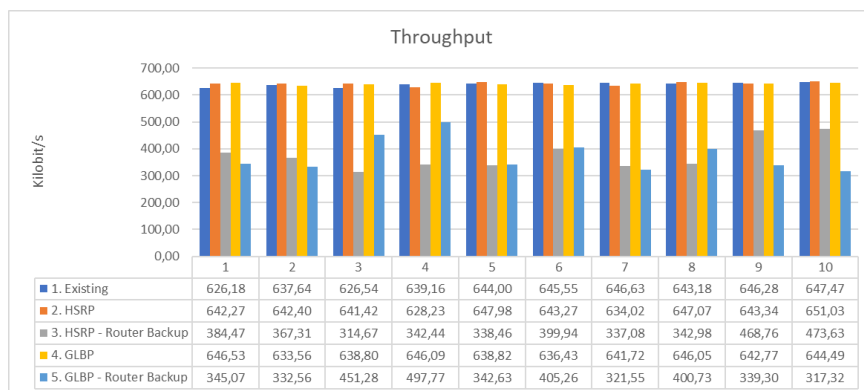
```
C:\Users\BranchUser>tracert -d 172.16.1.2

Tracing route to 172.16.1.2 over a maximum of 30 hops
  0   8 ms   5 ms  10 ms  10.10.2.253
  1  25 ms  35 ms  53 ms  10.10.100.1
  2 221 ms 110 ms  52 ms  11.11.11.11
  3  80 ms  67 ms  78 ms  172.16.1.2
Trace complete.
```

Gambar 12 Traceroute PC Client ke Server

3.4 Pengujian dan Hasil Parameter Throughput

Hasil pengujian *throughput* pada setiap skenario ditampilkan pada Gambar 13.

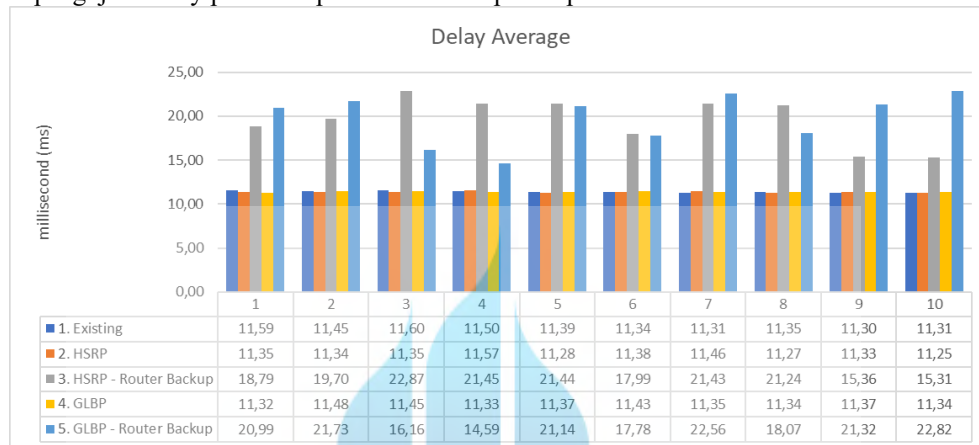


Gambar 13 Grafik Hasil Pengujian Parameter Throughput

Terjadi penurunan *throughput* pada skenario 3 dan 5 ketika jalur kearah router *spoke primary* dimatikan. Penurunan *throughput* yang terjadi pada HSRP antara skenario 2 dan 3 rata-rata sebesar 41,29%. Sedangkan pada GLBP antara skenario 4 dan 5 terjadi penurunan rata-rata sebesar 41,49%. Maka penurunan *throughput* pada HSRP lebih kecil dibanding pada GLBP dengan selisih 1,05Kbit/s atau 0,20%. Berdasarkan grafik hasil pengujian HSRP lebih stabil dibanding GLBP. Dan metode HSRP menghasilkan rata-rata *throughput* yang lebih tinggi saat keadaan normal maupun keadaan menggunakan *backup router*, dibandingkan jaringan *existing* maupun jaringan dengan metode GLBP. Sehingga, HSRP memiliki nilai parameter *throughput* yang lebih baik dari GLBP.

3.5 Pengujian dan Hasil Parameter Delay

Hasil pengujian delay pada setiap skenario ditampilkan pada Gambar 14.

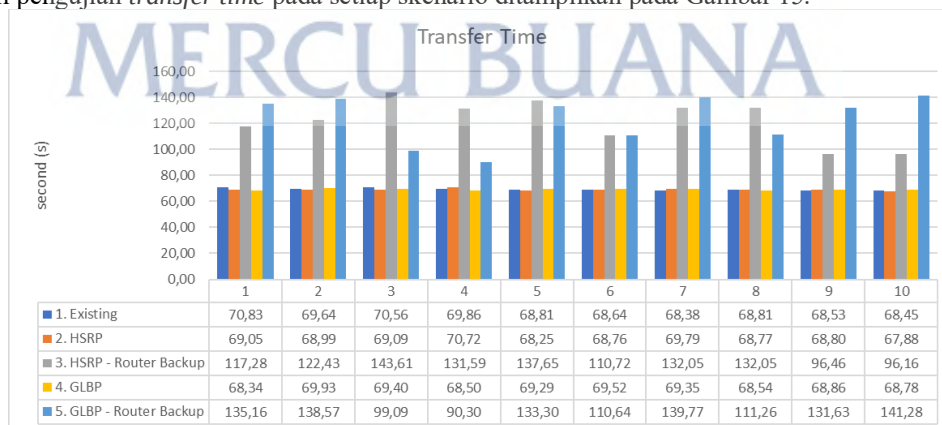


Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian Parameter Delay

Terjadi kenaikan *delay* pada skenario 3 dan 5 ketika jalur kearah router *spoke primary* dimatikan. Kenaikan *delay* rata-rata pada HSRP antara skenario 2 dan 3 adalah 8,2 ms atau sebesar 72,2%. Sedangkan kenaikan *delay* pada GLBP antara skenario 4 dan 5 adalah 8,3 ms atau sebesar 73,27%. Maka kenaikan *delay* rata-rata pada HSRP lebih kecil dibanding pada GLBP dengan selisih 0,13 ms atau 1,07%. Dan secara keseluruhan nilai *delay* pada jaringan metode HSRP lebih kecil dibandingkan jaringan *existing* maupun jaringan dengan metode GLBP. Sehingga, HSRP memiliki nilai parameter *delay* yang lebih baik dari GLBP.

3.6 Pengujian dan Hasil Parameter Transfer Time

Hasil pengujian *transfer time* pada setiap skenario ditampilkan pada Gambar 15.



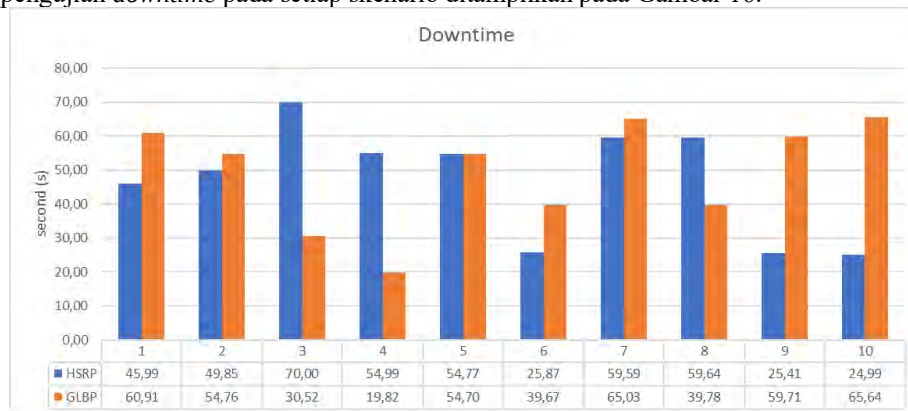
Gambar 15 Grafik Hasil Pengujian Parameter Transfer Time

Terjadi kenaikan waktu *transfer data* dari server ke client pada skenario 3 dan 5, ketika jalur kearah router *spoke primary* dimatikan. Rata-rata waktu transfer pada skenario 3 dengan jaringan HSRP mengalami kenaikan sebesar 53 detik atau sebesar 76,79% dibanding hasil skenario 2. Sedangkan rata-rata waktu transfer pada skenario 5 dengan jaringan GLBP mengalami kenaikan sebesar 54 detik atau sebesar 78,28% dibanding hasil skenario 4. Maka kenaikan waktu *transfer data* pada HSRP masih lebih kecil dibanding pada GLBP dengan selisih 1,06 detik atau 1,49%. Secara keseluruhan nilai waktu transfer pada jaringan metode HSRP juga lebih kecil dibandingkan jaringan *existing*.

maupun jaringan dengan metode GLBP. Sehingga, HSRP memiliki nilai parameter *transfer time* yang lebih baik dari GLBP.

3.7 Pengujian dan Hasil Parameter Downtime

Hasil pengujian *downtime* pada setiap skenario ditampilkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Grafik Hasil Pengujian Parameter *Downtime*

Downtime adalah pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk mengubah jalur jaringan dari jalur aktif ke jalur cadangan[9]. Hasil parameter *downtime* didapatkan dengan melakukan test ping dari *client* ke *server* dan pada waktu tertentu jalur ke arah router spoke primary dimatikan. Beberapa saat hasil ping akan menunjukkan request *time out* dan terjadi *downtime* pada jaringan namun jaringan akan kembali pulih karena sudah ada metode redundansi pada router spoke. Parameter ini dibandingkan untuk melihat metode mana yang memiliki *downtime* seminimal mungkin. Rata-rata *downtime* yang terjadi pada jaringan dengan metode HSRP adalah 47,11 detik. Sedangkan rata-rata *downtime* yang terjadi pada jaringan dengan metode GLBP adalah 49,06 detik. Metode HSRP memiliki *downtime* lebih cepat 1,95 detik atau 4,13% dari metode GLBP. Namun berdasarkan 10 kali pengujian yang sudah dilakukan, *downtime* dari metode GLBP pernah menyentuh angka tercepat yaitu 19,82 detik. Sehingga, HSRP memiliki nilai parameter *downtime* rata-rata yang lebih baik dari GLBP.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi metode HSRP atau GLBP pada router spoke, dapat diambil kesimpulan bahwa kedua metode tersebut dapat menjadi solusi redundansi spoke untuk meningkatkan ketersediaan jaringan. Hasil yang didapat dari pengujian download file sebesar 5MB dari client menggunakan layanan FTP sebanyak 10 kali adalah terdapat penurunan *throughput* serta kenaikan *delay* dan *transfer time* pada saat jalur ke arah router spoke primary dimatikan. Penurunan *throughput* yang terjadi pada HSRP masih lebih kecil dibanding pada GLBP, dengan rata-rata selisih 1,05Kbit/s atau 0,20%. Kenaikan *delay* rata-rata pada HSRP lebih kecil dibanding pada GLBP dengan selisih 0,13 ms atau 1,07%. Kenaikan waktu *transfer* data pada HSRP masih lebih kecil dibanding pada GLBP dengan selisih 1,06 detik atau 1,49%. Metode HSRP memiliki *downtime* lebih cepat 1,95 detik atau 4,13% dari metode GLBP. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, Router spoke dengan metode HSRP mendapatkan nilai parameter yang lebih baik dibanding dengan metode GLBP. Sehingga didapatkan kesimpulan bahwa solusi redundansi yang sesuai pada router Spoke adalah metode HSRP.

REFERENCES

- [1] N. Angelescu, D. C. Puchianu, G. Predusca, L. D. Circumarescu, and G. Movila, "DMVPN simulation in GNS3 network simulation software," 2017, doi: 10.1109/ECAI.2017.8166444.
- [2] S. U. Masruroh, K. H. P. Widya, A. Fiade, and I. R. Julia, "Performance Evaluation DMVPN Using Routing Protocol RIP, OSPF, and EIGRP," 2019, doi: 10.1109/CITSM.2018.8674051.
- [3] F. Shahriar, S. Newaz, S. Z. Rashid, M. A. Rahman, and M. F. Rahman, "Designing a reliable and redundant network for multiple VLANs with Spanning Tree Protocol (STP) and Fast Hop Redundancy Protocol (FHRP)," 2018.
- [4] I. G. M. S. B. Pracasitaram, N. P. Sastra, and N. D. Wirastuti, "Performansi Jaringan TCP/IP Menggunakan Metode VRRP, HSRP, dan GLBP," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i01.p11.
- [5] A. Akmaludin, A. Mt, S. U. Masruroh, and M. Sc, "Evaluasi Kinerja Hot Standby Router Protocol (HSRP) dan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) untuk Layanan Video Streaming," *CyberSecurity dan Forensik Digit.*,

- 2019.
- [6] P. PRAMAWAHYUDI, R. SYAHPUTRA, and A. RIDWAN, "Evaluasi Kinerja First Hop Redundancy Protocols untuk Topologi Star di Routing EIGRP," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i3.627.
 - [7] U. Anwar, J. Teng, H. A. Umair, and A. Sikander, "Performance analysis and functionality comparison of FHRP protocols," in *2019 IEEE 11th International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2019*, Jun. 2019, pp. 111–115, doi: 10.1109/ICCSN.2019.8905333.
 - [8] I. Nurhaida, D. W. P. Pratama, R. A. M. Zen, and H. Wei, "INTERIOR GATEWAY PROTOCOL ROUTING PERFORMANCE COMPARISON OF THE VIRTUAL PRIVATE NETWORK BASED ON MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING AND DIRECT-LINK BACKUPSED ON MPLS AND DIRECT-LINK BACKUP," *SINERGI*, vol. 24, no. 1, p. 1, Dec. 2019, doi: 10.22441/sinergi.2020.1.001.
 - [9] I. Ristanti Julia, H. Bayu Suseno, L. Kesuma Wardhani, D. Khairani, K. Hulliyah, and A. Taufik Muharram, "Performance Evaluation of First Hop Redundancy Protocol (FHRP) on VRRP, HSRP, GLBP with Routing Protocol BGP and EIGRP," Oct. 2020, doi: 10.1109/CITSM50537.2020.9268799.
 - [10] M. I. DJOMI, R. MUNADI, and R. M. NEGARA, "Analisis Performansi Layanan FTP dan Video Streaming berbasis Network Function Virtualization menggunakan Docker Containers," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i2.180.
 - [11] T. Alam *et al.*, "Design and Implementation of a Secured Enterprise Network using Dynamic Multipoint VPN with HSRP Protocol," 2018, doi: 10.1109/ICISSET.2018.8745601.
 - [12] Cisco, "Cisco Dynamic Multipoint VPN: Simple and Secure Branch-to-Branch Communications," *Cisco.com*, p. 8, 2014, [Online]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/security/dynamic-multipoint-vpn-dmvpn/data_sheet_c78-468520.html.
 - [13] Cisco, "First Hop Redundancy Protocols Configuration Guide, Cisco IOS XE Release 3S - HSRP MD5 Authentication [Cisco IOS XE 3S]," *Cisco*, no. 6387, 2018, [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipapp_fhrp/configuration/15-mt/fhp-15-mt-book/fhp-hsrp-md5.html%0Ahttps://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipapp_fhrp/configuration/xs-3s/fhp-xe-3s-book/fhp-hsrp-md5.html.
 - [14] Z. U. Rahman *et al.*, "Performance Evaluation of First HOP Redundancy Protocols (HSRP , VRRP & GLBP)," *J. Appl. Env. . Biol. . Sci.*, 2017.
 - [15] W. Purwanto and S. Risnanto, "IMPLEMENTASI METODE HSRP PADA BANK JAWA BARAT DAN BANTEN KANTOR WILAYAH I DAN KCP SIMPANG DAGO," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, 2018, doi: 10.32897/infotronik.2018.3.1.88.
 - [16] C. V. Ravikumar, Y. M. Srikanth, P. Sairam, M. Sundeep, K. P. Bagadi, and V. Annepu, "Performance analysis of HSRP in provisioning layer-3 gateway redundancy for corporate networks," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 20, pp. 2–6, 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i20/89851.
 - [17] H. D. Haryoyudhanto, I. Fitri, and A. Aningsih, "Implementasi Encapsulation Jaringan Redudansi VLAN Menggunakan Metode Hot Standby Router Protocol (HSRP)," *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.)*, 2020, doi: 10.31328/jointecs.v5i1.1247.
 - [18] S. J. X., J. P. S., and L. J. T., "JomNetwork: GLBP in Medium Size Enterprise," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-3, no. Issue-2, pp. 725–728, 2019, doi: 10.31142/ijtsrd20285.

KERTAS KERJA

Ringkasan

Kertas kerja ini merupakan material kelengkapan artikel jurnal dengan judul di atas. Kertas kerja berisi semua material hasil penelitian Tugas Akhir yang tidak dimuat/atau disertakan di artikel jurnal. Di dalam kertas kerja ini disajikan: literature review, hasil analisa dan perancangan, konfigurasi, tahapan eksperimen dan hasil eksperimen secara keseluruhan.

