

ANALISIS PERBANDINGAN ROUTING OSPF PADA JARINGAN MPLS DAN TANPA MPLS MENGUNAKAN GNS3

I Gede Juliantara Putra¹, Pande Ketut Sudiarta², I Made Arsa Suyadnya³

¹²³Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: igdjuliantaraputra@gmail.com¹ sudiarta@unud.ac.id²
arsa.suyadnya@unud.ac.id³

Abstrak

Proses routing adalah proses pemilihan jalur paket data dari komputer sumber ke komputer tujuan. Suatu pengiriman paket data (routing) bekerja pada layer 3 OSI, akan tetapi terdapat suatu teknologi baru dalam pengiriman paket data pada layer 2,5 OSI yaitu MPLS. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui perbedaan routing paket data melalui jaringan MPLS dan tanpa MPLS. Metode yang digunakan dengan membangun simulasi jaringan menggunakan 12 router, 4 switch dan 4 vpcs pada emulator GNS3 dengan tiga perlakuan berbeda, yaitu: skema pengujian bitrate sejenis, bitrate tidak sejenis dan salah satu link pada interface terputus (disable) pada jaringan MPLS dan tanpa MPLS. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan rute paket data, hal ini dikarenakan penggunaan jaringan MPLS pada layer 2,5 OSI dalam proses pemilihan rute paket data akan mengikuti mekanisme routing OSPF pada layer 3 OSI.

Kata Kunci: Routing, OSPF, MPLS, GNS3

Abstract

The routing process is the process of selecting the packet data path from the source computer to the destination computer. A data packet routing works on layer 3 OSI, but there is a new technology in sending data packets on the 2.5 OSI layer that is MPLS. Therefore, a study was conducted to determine the difference of routing data packets through the MPLS and without the MPLS networks. The method used was by building a network simulation using 12 routers, 4 switches and 4 vpcs on GNS3 emulator with three different treatments, namely: bitrate testing schemes, non-similar bitrate, and one of the links on the interface was disabled on the MPLS and without MPLS network. The test results indicate that there was no difference of packet data route, this was because the use of MPLS network on layer 2.5 OSI in the route packet selection process will follow OSPF routing mechanism on layer 3 OSI.

Keywords: Routing, OSPF, MPLS, GNS3

1. PENDAHULUAN

Internet merupakan jaringan komputer yang terbentuk dari terhubungnya satu komputer dengan komputer lain. Pada pengiriman paket data dari satu komputer ke komputer lain dibutuhkan sebuah jalur/rute. Proses pemilihan jalur/rute paket data dari komputer sumber menuju komputer tujuan disebut *routing* [1].

Routing dalam pengiriman paket data dapat menggunakan jaringan berbasis IP dan jaringan MPLS. Pada jaringan berbasis MPLS memiliki kelebihan yaitu bersifat *connection-oriented* dan bekerja pada layer 2,5 OSI sedangkan pada jaringan berbasis IP

bersifat *connectionless* dan bekerja pada layer 3 OSI [2].

Salah satu aspek terpenting dalam proses *routing* adalah *protocol routing*. OSPF merupakan salah satu *protocol routing* dan umum digunakan karena OSPF merupakan *protocol* berstandar terbuka, yaitu *routing protocol* ini bukan ciptaan dari vendor manapun, berarti siapapun dapat menggunakannya dan dimanapun *routing protocol* ini dapat diimplementasikan [3].

Pada penelitian ini akan diujikan bagaimana pengaruh penerapan jaringan MPLS sebagai *forwarding* paket data dalam memilih jalur/rute paket data dengan penera-

pan jaringan tanpa MPLS menggunakan *routing OSPF*, sehingga nantinya diketahui bahwa pengiriman paket data pada jaringan MPLS dengan tanpa MPLS berpengaruh atau tidak dengan digunakannya *routing OSPF*. Penelitian ini akan mengujikan jaringan MPLS dan tanpa MPLS menggunakan *emulator Graphical Network Simulator (GNS3)* dengan menggunakan tiga perlakuan berbeda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Open System Interconnection

Model referensi standar sering disebut dengan *Open System Interconnection (OSI)* *seven-layer* model atau model OSI tujuh layer. Model OSI sering digunakan untuk menjelaskan cara kerja jaringan komputer secara logika. Model OSI bukanlah sebuah *protocol*. Model OSI terdiri atas *layer-layer* atau lapisan-lapisan berjumlah tujuh buah. Ketujuh *layer* tersebut yaitu: *Physical layer*, *Data link layer*, *Network Layer*, *Transport Layer*, *Session Layer*, *Presentation Layer*, *Aplikasi layer* [4].

2.2 Routing Protocol

Routing Protocol merupakan salah satu komponen terpenting pada *network TCP/IP* dan *routing protocol* bekerja pada *layer* ketiga OSI *Layer* yaitu *Network Layer*. *Routing Protocol* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Interior Routing Protocol (Interior Gateway Protocol)* dan *Exterior Routing Protocol (Exterior Gateway Protocol)* [3]. Terdapat dua jenis *routing protocol* yaitu *Static route* dan *Dynamic route* [5].

2.3 Open Shortest Path First

OSPF (Open Shortest Path First) merupakan *routing protocol Link State (LS)* bersifat *open-standard (non proprietary)*. *OSPF* dikembangkan menggunakan algoritma *Dijkstra's Shortest Path First (SPF)*. *OSPF* dapat melakukan konvergensi secara cepat dan menentukan *path* terbaik berdasarkan *cost* terendah. *Protocol* jenis *LS* dapat mempelajari lebih banyak informasi tentang struktur *network* dibandingkan jenis *protocol* lain. Sehingga lebih banyak informasi dapat dipertukarkan antar sesama *neighbor* [3].

2.4 Multi Protocol Label Switching

Multi Protocol Label Switch (MPLS) merupakan suatu teknologi penyampaian

paket pada jaringan *backbone* atau jaringan utama dan bekerja pada *layer 2,5 OSI*. *MPLS* didefinisikan oleh *IETF* sebagai arsitektur *network* untuk memadukan kelebihan *circuit-switched* dan *packet-switched* dan untuk memadukan mekanisme *label swapping* di *layer 2 OSI* dengan *routing* di *layer 3 OSI* untuk mempercepat pengiriman *packet*. Jaringan *MPLS* terdiri atas sirkuit yaitu *Label-Switched Path (LSP)*, dengan menghubungkan titik-titik disebut *Label-Switched Router (LSR)*. *LSP* dibentuk dengan suatu *protocol* persinyalan. *Protocol* ini menentukan *forwarding* berdasarkan *label* pada *paket*. *Label* pendek dan berukuran tetap mempercepat proses *forwarding* dan mempertinggi fleksibilitas pemilihan *path*. Hasilnya adalah *network datagram* bersifat lebih *connection-oriented* [2].

2.5 Graphical Network Simulator 3

Graphical Network Simulator 3 (GNS3) adalah sebuah program *graphical network simulator* atau simulasi jaringan grafis untuk mensimulasikan *topologi* jaringan dengan lebih kompleks dibandingkan dengan simulator lainnya. Program ini dapat dijalankan pada *operating system*, seperti *Windows* maupun *Linux* [6].

3. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer bersumber dari hasil penelitian menggunakan 12 *router*, 4 *switch* dan 4 *vpcs* serta 2 *Interface (Fast Ethernet & Ethernet)*. Hasil pada penelitian adalah rute paket data pada tiga skema pengujian berbeda. Data sekunder diambil dari beberapa buku-buku referensi, jurnal, skripsi dan artikel-artikel terkait dari *internet*. Berikut adalah tahapan penelitian:

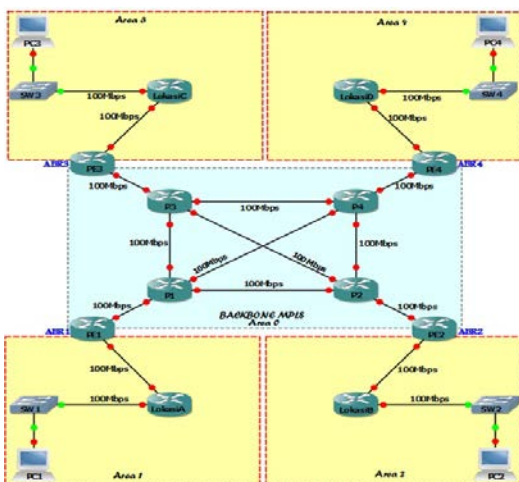
1. Mengkaji literatur-literatur untuk digunakan dalam melakukan konfigurasi.
2. Penerapan Skenario I, yaitu: penerapan *routing OSPF* pada jaringan tanpa *MPLS* menggunakan *GNS3*.
3. Penerapan Skenario II, yaitu: penerapan *routing OSPF* pada jaringan *MPLS* dengan menggunakan *GNS3*.
4. Melakukan analisis dari membandingkan rute paket data pada *bitrate* sejenis, *bitrate* tidak sejenis dan apabila salah satu *link* pada *interface* terputus (*disable*) pada *routing OSPF* pada jaringan *MPLS* dan tanpa *MPLS* menggunakan *GNS3*.

5. Membuat hasil analisis dari hasil rute paket data pada *bitrate* sejenis, *bitrate* tidak sejenis dan apabila salah satu *link* pada *interface* terputus (*disable*) pada *routing OSPF* pada jaringan *MPLS* dan tanpa *MPLS* menggunakan *GNS3*.
6. Penulisan kesimpulan diperoleh berdasarkan data dari penelitian.

3.1 Pengujian Skenario

Penelitian ini menggunakan dua buah pengujian skenario menggunakan emulator *GNS3*. Pengujian skenario I yaitu membangun simulasi *routing OSPF* pada jaringan tanpa *MPLS* dan pengujian skenario II yaitu membangun simulasi *routing OSPF* pada jaringan *MPLS*. Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat simulasi, diantaranya: 12 *router*, 4 *switch*, 4 *vpcs* (*virtual personal computer simulator*).

Pengujian dengan tiga skema berbeda pada skenario I dan skenario II, yaitu *bitrate* sejenis dilakukan dengan menerapkan *interface fast-ethernet* untuk menghubungkan seluruh perangkat jaringan, selanjutnya pada *bitrate* tidak sejenis dilakukan dengan menerapkan beberapa *interface ethernet* pada *router area 0 (backbone area)* seperti pada penghubung antara *router P1* dengan *router P2*, *router P2* dengan *router P3* dengan *router P4* dan *interface* lainnya menggunakan *fast-ethernet* dan pada skema pengujian pada salah satu *inteface* terputus yaitu penerapan *interface* dilakukan sama seperti dengan skema *bitrate* tidak sejenis namun untuk membedakan adalah dengan memutus (*disable*) *router* penghubung antara *router P1* dengan *router P4*.



Gambar 1 Topologi Jaringan Pada Skenario I dan Skenario II

Topologi pada skenario I dan skenario II diterapkan sama yaitu terlihat pada Gambar 1. Pada jaringan tanpa *MPLS*, seluruh *router* pada topologi skenario I dan skenario II dikonfigurasi dengan *routing OSPF*. Pada jaringan dengan *MPLS*, seluruh *router* pada *area0 (backbone area)* seperti area kotak biru pada Gambar 1 dikonfigurasi dengan *MPLS* dan diterapkan pada skenario II, sedangkan pada skenario I tidak dilakukan konfigurasi *MPLS* pada *area0 (backbone area)* kotak biru pada Gambar 1

3.1.1 Pengujian Skenario I

Pada pengujian skenario I untuk menguji rute paket data dari komputer sumber ke komputer tujuan dilakukan tiga skema pengujian berbeda. Tahapan pengujian dimulai dengan mengkonfigurasi perangkat jaringan yaitu *router* dan *vpcs* dengan konfigurasi *IP Address*, selanjutnya pada masing-masing *router* dikonfigurasi dengan *routing OSPF*. Tahapan terakhir adalah menguji serta menganalisis jaringan tersebut dengan *Ping* dan *Tracert* pada *command prompt vpcs* sumber ke *vpcs* tujuan.

3.1.2 Pengujian Skenario II

Pada pengujian skenario II untuk menguji rute paket data dari komputer sumber ke komputer tujuan dilakukan tiga skema pengujian berbeda. Tahapan pengujian dimulai dengan mengkonfigurasi perangkat jaringan yaitu *router* dan *vpcs* dengan konfigurasi *IP Address*, selanjutnya pada masing-masing *router* dikonfigurasi dengan *routing OSPF* dan khusus *router* pada *area0 (backbone area)* dikonfigurasi dengan *MPLS*. Tahapan terakhir adalah menguji dan menganalisis jaringan tersebut dengan *Ping* dan *Tracert* pada *command prompt vpcs* sumber ke *vpcs* tujuan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penggunaan Perangkat

Pada penggunaan perangkat dapat dibedakan menjadi dua yaitu, perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Pada perangkat lunak digunakan Sistem Operasi *Windows 10*, 32 Bit dan *Software GNS3 (Graphical Network Simulator)* versi 1.3.13. Pada perangkat keras digunakan *Notebook: Asus seri K45VD, Pro-*

cessor: Intel Core i3 2,4GHz, RAM: 2048 MB dan VGA: NVIDIA Geforce 610M 2GB.

4.2 Konfigurasi IP

Konfigurasi IP dibagi menjadi 2 tahapan yaitu, konfigurasi IP Loopback dan konfigurasi IP Address. Pemberian IP Loopback pada masing-masing router bertujuan untuk mengidentifikasi sebuah router dengan router lainnya dan berfungsi sebagai RID. Pada konfigurasi IP Address, pemberian IP pada skenario I dan skenario II dilakukan sama, akan tetapi perbedaannya terletak pada masing-masing skema pengujian karena menerapkan interface berbeda untuk setiap routemaya.

4.3 Konfigurasi Routing OSPF dan MPLS

Pada tahapan konfigurasi routing OSPF, seluruh router pada penelitian ini akan dikonfigurasi dengan routing OSPF baik pada pengujian skenario I maupun pengujian skenario II.

Setelah semua router dikonfigurasi dengan routing OSPF sesuai areanya masing-masing, selanjutnya pada pengujian skenario II, router pada area 0 (backbone area) dikonfigurasi dengan MPLS, sedangkan pada pengujian skenario I, router pada area 0 (backbone area) tidak dikonfigurasi MPLS.

4.4 Pengujian Rute Paket Data Pada Skenario I

Rute paket data dapat diketahui dari PC sumber yaitu PC1 menuju PC tujuan yaitu PC2, PC3 dan PC4 dengan dilakukan menggunakan perintah "trace_ip-tujuan" pada command prompt di PC sumber melalui menu console pada GNS3. Pengujian untuk mengetahui rute paket data pada skenario I dilakukan tiga kali. Hasil pada pengujian rute paket data dengan skema pengujian bitrate sejenis dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Hasil Trace Pada Penerapan Routing OSPF Pada Jaringan Tanpa MPLS (Skenario I) Dari PC1 Ke PC2, PC3, PC4 Skema Pengujian Bitrate Sejenis

Hops	HOST PENERIMA		
	PC2 (Interface)	PC3 (Interface)	PC4 (Interface)
1	192.168.31.1	192.168.31.1	192.168.31.1
2	192.168.21.1	192.168.21.1	192.168.21.1

3	192.168.11.1	192.168.11.1	192.168.11.1
4	192.168.1.2	192.168.4.2	192.168.5.2
5	192.168.12.2	192.168.13.2	192.168.14.2
6	192.168.22.2	192.168.23.2	192.168.24.2
7	192.168.32.2	192.168.33.2	192.168.34.2

Pada skema pengujian bitrate tidak sejenis hasil pengujian rute paket data dapat dilihat pada Tabel 2 dan hasil pengujian pada skema pengujian salah satu interface terputus (disable) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Hasil Trace Pada Penerapan Routing OSPF Pada Jaringan Tanpa MPLS (Skenario I) Dari PC1 Ke PC2, PC3, PC4 Skema Pengujian Bitrate Tidak Sejenis

Hops	HOST PENERIMA		
	PC2 (Interface)	PC3 (Interface)	PC4 (Interface)
1	192.168.31.1	192.168.31.1	192.168.31.1
2	192.168.21.1	192.168.21.1	192.168.21.1
3	192.168.11.1	192.168.11.1	192.168.11.1
4	192.168.5.2	192.168.4.2	192.168.5.2
5	192.168.2.1	192.168.13.2	192.168.14.2
6	192.168.12.2	192.168.23.2	192.168.24.2
7	192.168.22.2	192.168.33.2	192.168.34.2
8	192.168.32.2	-	-

Tabel 3 Hasil Trace Pada Penerapan Routing OSPF Pada Jaringan Tanpa MPLS (Skenario I) Dari PC1 Ke PC2, PC3, PC4 Skema Pengujian Salah Satu Interface Terputus (Disable)

Hops	HOST PENERIMA		
	PC2 (Interface)	PC3 (Interface)	PC4 (Interface)
1	192.168.31.1	192.168.31.1	192.168.31.1
2	192.168.21.1	192.168.21.1	192.168.21.1
3	192.168.11.1	192.168.11.1	192.168.11.1
4	192.168.1.2	192.168.4.2	192.168.4.2
5	192.168.12.2	192.168.13.2	192.168.3.2
6	192.168.22.2	192.168.23.2	192.168.14.2
7	192.168.32.2	192.168.33.2	192.168.24.2
8	-	-	192.168.34.2

4.5 Pengujian Rute Paket Data Pada Skenario II

Rute paket data pada skenario II dapat diketahui dengan menerapkan jaringan MPLS menggunakan routing OSPF seperti pada skenario I yaitu diujikan dari PC sumber yaitu PC1 menuju PC tujuan yaitu PC2, PC3 dan PC4 dengan dilakukan menggunakan perintah "trace_ip-tujuan" pada command prompt di PC sumber melalui menu console pada GNS3. Pengujian untuk mengetahui rute paket data pada skenario II dilakukan tiga kali. Hasil pada skema pengujian bitrate sejenis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Trace Pada Penerapan Routing OSPF Pada Jaringan Tanpa MPLS (Skenario II)

Dari PC1 Ke PC2, PC3, PC4 Skema Pengujian Bitrate Sejenis

Hops	HOST PENERIMA		
	PC2 (Interface)	PC3 (Interface)	PC4 (Interface)
1	192.168.31.1	192.168.31.1	192.168.31.1
2	192.168.21.1	192.168.21.1	192.168.21.1
3	192.168.11.1	192.168.11.1	192.168.11.1
4	192.168.1.2	192.168.4.2	192.168.5.2
5	192.168.12.2	192.168.13.2	192.168.14.2
6	192.168.22.2	192.168.23.2	192.168.24.2
7	192.168.32.2	192.168.33.2	192.168.34.2

Pada skema pengujian *bitrate* tidak sejenis hasil pengujian rute paket data dapat dilihat pada Tabel 5 dan hasil pengujian rute paket data pada skema pengujian salah satu *interface* terputus (*disable*) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5 Hasil Trace Pada Penerapan Routing OSPF Pada Jaringan Tanpa MPLS (Skenario II) Dari PC1 Ke PC2, PC3, PC4 Skema Pengujian Bitrate Tidak Sejenis

Hops	HOST PENERIMA		
	PC2 (Interface)	PC3 (Interface)	PC4 (Interface)
1	192.168.31.1	192.168.31.1	192.168.31.1
2	192.168.21.1	192.168.21.1	192.168.21.1
3	192.168.11.1	192.168.11.1	192.168.11.1
4	192.168.5.2	192.168.4.2	192.168.5.2
5	192.168.2.1	192.168.13.2	192.168.14.2
6	192.168.12.2	192.168.23.2	192.168.24.2
7	192.168.22.2	192.168.33.2	192.168.34.2
8	192.168.32.2	-	-

Tabel 6 Hasil Trace Pada Penerapan Routing OSPF Pada Jaringan Tanpa MPLS (Skenario II) Dari PC1 Ke PC2, PC3, PC4 Skema Pengujian Salah Satu Interface Terputus (*Disable*)

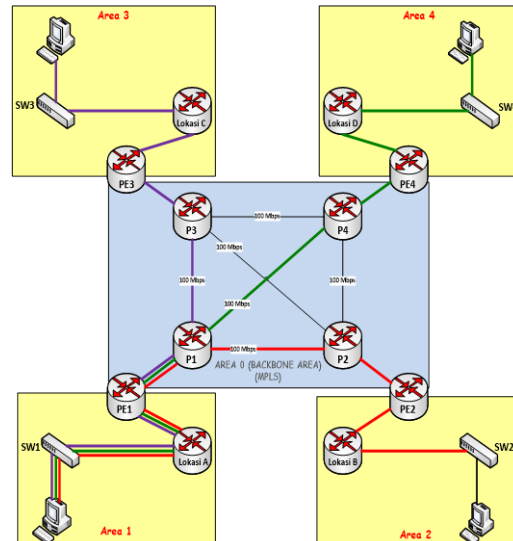
Hops	HOST PENERIMA		
	PC2 (Interface)	PC3 (Interface)	PC4 (Interface)
1	192.168.31.1	192.168.31.1	192.168.31.1
2	192.168.21.1	192.168.21.1	192.168.21.1
3	192.168.11.1	192.168.11.1	192.168.11.1
4	192.168.1.2	192.168.4.2	192.168.4.2
5	192.168.12.2	192.168.13.2	192.168.3.2
6	192.168.22.2	192.168.23.2	192.168.14.2
7	192.168.32.2	192.168.33.2	192.168.24.2
8	-	-	192.168.34.2

4.6 Hasil Perbandingan Rute Paket Data Pada Skenario I dan Skenario II

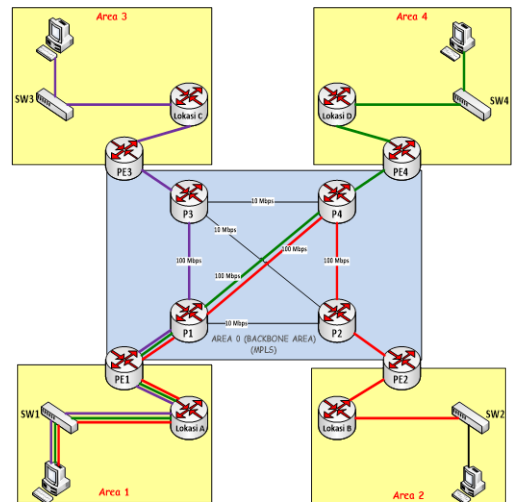
Pada pengujian rute paket data pada skenario I dan skenario II didapatkan hasil rute paket data dengan tiga skema pengujian berbeda tersebut adalah sama. Hasil perbandingan rute untuk jalur paket data dari PC pengirim yaitu PC1 pada *area1* menuju PC penerima pada area lainnya seperti PC1 menuju PC2 ditunjukkan dengan garis (*line*) berwarna merah, PC1 menuju PC3 ditunjukkan dengan garis (*line*)

berwarna ungu, PC1 menuju PC4 ditunjukkan dengan garis (*line*) berwarna hijau.

Hasil perbandingan rute paket data pada *bitrate* sejenis menunjukkan tidak ada perbedaan rute paket data dari komputer sumber menuju komputer tujuan pada skenario I maupun pada skenario II dengan hasil perbandingan tersebut terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Perbandingan Trace Pada Skenario I dan Skenario II Skema Pengujian Bitrate Sejenis

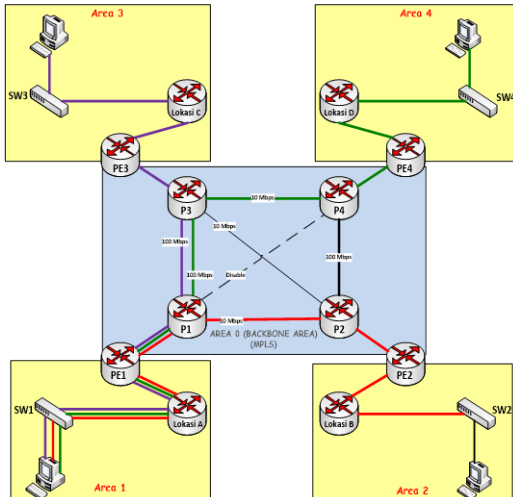


Gambar 3 Perbandingan Trace Pada Skenario I dan Skenario II Skema Pengujian Bitrate Tidak Sejenis

Hasil perbandingan rute paket data pada *bitrate* tidak sejenis menunjukkan tidak ada perbedaan rute paket data dari komputer sumber menuju komputer tujuan

pada skenario I maupun pada skenario II dengan hasil perbandingan tersebut terlihat pada Gambar 3.

Hasil perbandingan rute paket data pada salah satu *link* pada *interface* terputus (*disable*) menunjukkan tidak ada perbedaan rute paket data dari komputer sumber menuju komputer tujuan pada skenario I maupun pada skenario II dengan hasil perbandingan tersebut terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan Trace Pada Skenario I dan Skenario II Pada Skema Pengujian Salah Satu Interface Terputus (*Disable*)

Hasil pengujian dengan tiga skema pengujian pada skenario I maupun pada skenario II dapat disimpulkan bahwa, *routing OSPF* memilih jalur terbaiknya dengan menggunakan *metric "Cost"*. Hasil dari rute pengiriman paket data pada *MPLS* dengan tiga skema pengujian berbeda hasilnya akan sama seperti pada rute pengiriman paket data *routing OSPF* tanpa *MPLS* karena menurut *OSI Layer*, pemilihan *path* terjadi pada *layer 3 (network layer)* dimana *routing OSPF* berada pada *layer 3* dan *MPLS* berada pada *layer 2,5 (antara datalink layer & network layer)*. Jadi *MPLS* akan mengikuti *path* dari *routing OSPF*. Begitu juga dengan pada skema salah satu *link* terputus, *routing OSPF* akan tetap memilih *path*. Apabila *path* telah didapatkan selanjutnya *MPLS* akan memilih *router* untuk dijadikan *Ingress* dan *Egress*.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rute pengiriman paket data pada *MPLS* dengan tiga skema pengujian berbeda hasilnya akan sama seperti pada rute pengiriman paket data *routing OSPF* tanpa *MPLS* karena menurut *OSI Layer*, pemilihan *path* terjadi pada *layer 3 (network layer)* dimana *routing OSPF* berada pada *layer 3* dan *MPLS* berada pada *layer 2,5 (antara datalink layer & network layer)*. Jadi, *MPLS* akan mengikuti *path* dari *routing OSPF*. Begitu juga dengan pada skema salah satu *link* terputus (*disable*), *routing OSPF* akan tetap memilih *path*. Apabila *path* sudah didapatkan selanjutnya *MPLS* akan memilih *router* untuk dijadikan *Ingress* dan *Egress*. Hal tersebut karena *MPLS* berada pada *layer 2,5 OSI* tidak akan memberikan pengaruh terhadap proses *routing* paket data.
2. Hasil analisis skenario perbandingan *routing OSPF* pada jaringan tanpa *MPLS* dan pada jaringan dengan *MPLS* dimana menggunakan skema *bitrate* sejenis, pemilihan rute paket data ditentukan dari keputusan *routing* dengan melewati *router* terdekat menuju *host* tujuan karena pada *bitrate* sejenis nilai *cost* didapatkan dari kalkulasi dengan seluruh *bitrate* bernilai sama.
3. Hasil analisis skenario perbandingan *routing OSPF* pada jaringan tanpa *MPLS* dan pada jaringan dengan *MPLS* dimana menggunakan skema *bitrate* tidak sejenis, pemilihan rute paket data ditentukan dari keputusan *routing* dengan memilih *bitrate* terbesar karena bernilai *cost* rendah dengan hasil dari kalkulasi *bitrate* pada *interface* yang dilalui walaupun harus melewati beberapa *router* tetangga.
4. Hasil analisis skenario perbandingan *routing OSPF* pada jaringan tanpa *MPLS* dan pada jaringan dengan *MPLS* dimana menggunakan skema salah satu *link* terputus (*disable*) dengan *bitrate* tidak sejenis, pemilihan rute paket data ditentukan dari keputusan *routing* dengan menunggu *router* tetangga hingga *adjacency* ketika *link* telah terputus (*disable*) dan memilih *bitrate* terbesar karena bernilai *cost* rendah dengan hasil dari kalkulasi *bitrate* pada *interface* yang dilalui walaupun harus melewati beberapa *router* tetangga.

5.2 Saran

Penelitian ini masih dalam tingkatan *virtual* atau simulasi, sehingga nantinya dapat atau perlu dilakukan penelitian menggunakan perangkat jaringan nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Nugroho, *Router Cisco & Mikrotik*. Bandung: Informatika, 2016.
- [2] L. D. Ghein, *MPLS Fundamentals*. Indianapolis: Cisco Press, 2007.
- [3] I. Sofana, *CISCO CCNP dan Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika, 2012.
- [4] I. Sofana, *CISCO CCNA & Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika, 2014.
- [5] M. Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer*. Yogyakarta: Andi, 2008.
- [6] J. Saputro, *Praktikum CCNA di Komputer sendiri menggunakan GNS3*. Jakarta: Mediakita, 2010.