

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Adam Wiki Yanuarta (2012) bertujuan untuk menganalisa kinerja VoIP dan VoMPLS dengan Traffic Engineering. Hasil dari penelitian ini disimpulkan bahwa MPLS menyediakan solusi terbaik dalam mengimplementasikan aplikasi VoIP dibandingkan dengan jaringan IP karena Router di MPLS membutuhkan waktu yang lebih sedikit dalam mengolah forwarding paket-paket data.

Penelitian yang dilakukan oleh Hadi Kristianta dan Benny Setiawan (2014) bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan backbone pada jaringan metro ethernet Alcatel Lucent area Palembang milik PT. Telkom. Hasil dari penelitian ini disimpulkan bahwa MPLS-TE dengan menggunakan LSP bisa digunakan untuk mengoptimalkan jaringan eksisting sebelum dilakukan pengembangan dengan penambahan *link* sehingga langkah pengembangan yang diambil lebih efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh Medi Taruk, Masna Wati, dan Eny Maria (2018) bertujuan untuk optimasi jaringan wireless mesh dengan routing protocol OSPF menggunakan MPLS Traffic Engineering. Hasil dari penelitian ini adalah terjadi keseimbangan beban trafik data dalam pemilihan dan penggunaan jalur dengan distribusi paket merata (*load balancing*) setelah diterapkan metode *traffic engineering* model MPLS, sehingga meminimalisir terjadinya penumpukan data pada satu jalur yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas *bandwidth*.

Penelitian yang dilakukan oleh Rukhi Ali Effendi (2021) bertujuan untuk menganalisa optimalisasi dari jaringan MPLS dengan menggunakan metode *Segment Routing – Traffic Engineering*, serta menganalisa penerapan jaringan yang lebih privat dan aman dengan menggunakan *service layer 2 Virtual Private Network* dalam jaringan MPLS SR-TE. Hasil analisa dari penelitian ini didapati rata-rata pengiriman paket ICMP sekitar 11.173 ms, rata-rata *service rate SDP tunnel* sekitar 5.847 ms. Kemudian rata-rata *throughput Tx/Rx* pada skenario 1 sekitar 55.23% dari *bandwidth*, sedangkan pada skenario 2 rata-rata sekitar 30.91% dari *bandwidth*. Rata-rata *delay* pada skenario 1 sekitar 5.57 ms, sedangkan pada skenario 2 sekitar 8.07 ms. Berdasarkan standar TIPHON berada pada kategori sangat baik dengan indeks 4.

Penelitian yang dilakukan oleh Mahardika Nila Kandi (2018) bertujuan untuk meningkatkan performa serta utilitas pada jaringan yang ada secara bertahap saat jalur utama mati. Hasil analisa dari penelitian ini fokus pada *availability* dan *QoS*, dengan hasil *availability* 2.375ms dan *QoS* untuk *throughput* adalah 43.98kbps, *delay* 0.03s, dan *packet loss* 38.79%.

Penelitian yang ditulis pada skripsi ini dilakukan oleh Dwi Nur Syabani (2023) dengan topik pembahasan berupa implementasi *traffic engineering* pada jaringan MPLS yang bertujuan untuk mengatur alur lalu lintas trafik data untuk mencegah terjadinya *bottleneck* pada segmen jalur jaringan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Penulis	Topik Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Perbandingan Penelitian
1	Adam Wiki Yanuarta	Komparasi performa jaringan VoIP dan VoMPLS	2020	MPLS menyediakan solusi terbaik dalam mengimplementasikan aplikasi VoIP dibandingkan dengan jaringan IP karena Router di MPLS membutuhkan waktu yang lebih sedikit dalam mengolah forwarding paket-paket data.	Perbedaan pada data yang dianalisa, yaitu perbandingan performa VoIP dan VoMPLS sedangkan pada penelitian ini menganalisa performa jaringan MPLS dengan Traffic Engineering.
2	Hadi Kristianta dan Benny Setiawan	Analisa traffic engineering menggunakan menggunakan LSP (label-switched path) pada jaringan metro ethernet	2014	MPLS-TE dengan menggunakan LSP bisa digunakan untuk mengoptimalkan jaringan eksisting sebelum dilakukan pengembangan dengan penambahan <i>link</i> sehingga langkah pengembangan yang diambil lebih efisien.	Perbedaan pada perangkat yang digunakan yaitu Alcatel Lucent, serta penelitian langsung pada jaringan milik PT. Telkom sedangkan penelitian ini menggunakan perangkat Mikrotik dan penelitian dilakukan secara simulasi.
3	Medi Taruk, Masna Wati, dan Eny Maria	Optimasi routing OSPF pada jaringan wireless mesh dengan mengimplementasikan traffic engineering	2018	Terjadi keseimbangan beban trafik data dalam pemilihan dan penggunaan jalur dengan distribusi paket merata (<i>load balancing</i>) setelah diterapkan metode <i>traffic engineering</i> model MPLS, sehingga meminimalisir terjadinya penumpukan data pada satu jalur yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas <i>bandwidth</i> .	Perbedaan pada konsep jaringan yang dianalisa yaitu menganalisa jaringan wireless mesh, sedangkan penelitian ini menganalisa konsep jaringan MPLS <i>intercity</i> .
4	Rukhi Ali Effendi	Optimasi service tunnel VPN pada MPLS dengan metode segment routing dan traffic engineering	2021	Didapati rata-rata pengiriman paket ICMP sekitar 11.173 ms, rata-rata <i>service rate SDP tunnel</i> sekitar 5.847 ms. Kemudian rata-rata <i>throughput</i> Tx/Rx pada skenario 1 sekitar 55.23% dari <i>bandwidth</i> , sedangkan pada skenario 2 rata-rata sekitar 30.91% dari <i>bandwidth</i> . Rata-rata <i>delay</i> pada skenario 1 sekitar 5.57 ms, sedangkan pada skenario 2 sekitar 8.07 ms. Berdasarkan standar TIPHON berada pada kategori sangat baik dengan indeks 4.	Perbedaan pada metode analisa yang digunakan yaitu dengan metode Segment Routing – Traffic Engineering pada service Layer 2 VPN, sedangkan penelitian ini menggunakan metode MPLS – Traffic Engineering pada jaringan MPLS <i>intercity</i> .

5	Mahardika Nila Kandi	Analisa dan desain network menggunakan teknologi hybrid MPLS-IP and MPLS-TE	2018	Hasil analisa dari penelitian ini fokus pada <i>availability</i> dan <i>QoS</i> , dengan hasil <i>availability</i> 2.375ms dan <i>QoS</i> untuk <i>throughput</i> adalah 43.98kbps, <i>delay</i> 0.03s, dan <i>packet loss</i> 38.79%.	Perbedaan pada desain jaringan yang dianalisa yaitu desain hybrid antara MPLS-IP dan MPLS-TE sedangkan pada penelitian ini desain jaringan MPLS <i>intercity</i> .
6	Dwi Nur Syabani	Analisa dan implementasi traffic engineering untuk optimalisasi jaringan MPLS	2023	Setelah dilakukan implementasi TE pada segmen SG – YK B, pada segmen pengujian SG – YK B dan JKT C – YK C didapati <i>packet loss</i> 0% dari sebelumnya 44% sebelum implementasi TE. Kemudian utilisasi bandwidth yang dikirim dan diterima pada kedua segmen tersebut sesuai masing-masing 600Mbps yang sebelumnya terjadi ketidaksesuaian pada utilisasi bandwidth yang dikirim dan diterima.	Penelitian bertujuan untuk mengatur lalu lintas trafik data pada jaringan MPLS untuk mencegah terjadinya bottleneck pada segmen jalur. Penelitian dilakukan dengan metode simulasi konsep jaringan MPLS <i>intercity</i> menggunakan perangkat router Mikrotik.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 MPLS

a. Pengertian

MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) merupakan konsep sistem komunikasi pada jaringan internet yang mampu meningkatkan kecepatan transmisi data antar node jaringan dengan menggunakan tag atau label pada setiap node sebagai ganti dari IP Address.

“Proposed by the Internet Engineering Task Force (IETF), MPLS is a protocol that uses labels to guide forwarding of data packets at a high speed over the IP backbone network. MPLS is a more efficient alternative to traditional IP routing and works by mapping an IP address to a short and fixed-length label of local significance, replacing IP table lookups with label swapping. In addition, MPLS labels can be used to establish a logical tunnel on the IP network. MPLS is compatible with different network-layer and link-layer protocols” (Guo Fenghai, 2021).

b. Konsep MPLS

1. FEC (*Forwarding Equivalence Class*)

Dalam MPLS paket data yang akan dikirim terlebih dahulu diklasifikasikan menjadi satu kelas FEC yang sama dengan beberapa kombinasi seperti *source address, destination address, source port, destination port, protocol type*, dan *service type*. Misalnya, seluruh paket dengan *destination address* yang sama akan diklasifikasikan ke dalam FEC yang sama.

2. MPLS Label

Label dalam MPLS akan mengidentifikasi FEC dari setiap paket data, dimana satu FEC memungkinkan untuk dipetakan ke dalam beberapa label MPLS. Namun, satu label hanya dapat mewakili satu FEC dalam satu perangkat. Sebuah label MPLS terdiri dari 4 bytes dengan struktur enkapsulasi sebagai berikut.



Gambar 2.1 Struktur enkapsulasi dari MPLS Label

Sebuah label dalam MPLS memiliki 4 *field* sebagai berikut:

- **Label** adalah 20-bit *field* yang mengidentifikasi nilai label.
- **Exp** adalah 3-bit *field* yang digunakan sebagai ekstensi untuk *class of service* (CoS).
- **BoS** (*Bottom of Stack*) adalah 1-bit *field* yang mengidentifikasi bagian paling bawah dari label *stack*.
- **TTL** (*Time to Live*) adalah 8-bit *field* yang mengindikasikan nilai TTL, sama seperti TTL *field* pada IP *packet*.

Label dalam MPLS dienapsulasi di antara *link* layer dan *network* layer pada struktur OSI. Gambar berikut menunjukkan dimana sebuah label MPLS dienapsulasi di dalam sebuah paket data.

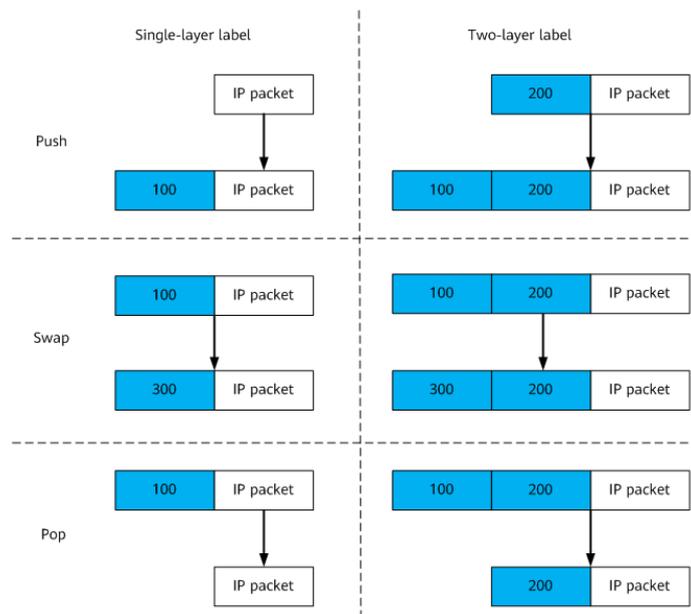


Gambar 2.2 Posisi enkapsulasi dari sebuah label MPLS

3. Label Operations

Operasi dasar pada MPLS label terdiri dari operasi *push*, *swap*, dan *pop*.

Ketiganya merupakan operasi dari forwarding label dan bagian dari *label forwarding information base (LFIB)*.



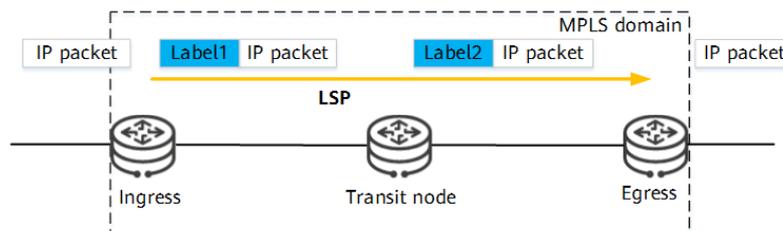
Gambar 2.3 Operasi dasar MPLS label

- **Push** adalah operasi saat paket IP masuk ke dalam MPLS domain, ingress node akan memberikan label di antara layer 2 header dan IP header dari paket tersebut.

- **Swap** adalah operasi saat paket diteruskan ke dalam MPLS domain, kemudian transit node akan mengganti label yang ada dari paket tersebut dan diteruskan ke hop berikutnya.
- **Pop** adalah saat paket meninggalkan MPLS domain, egress node akan menghapus label dari paket.

4. LSP

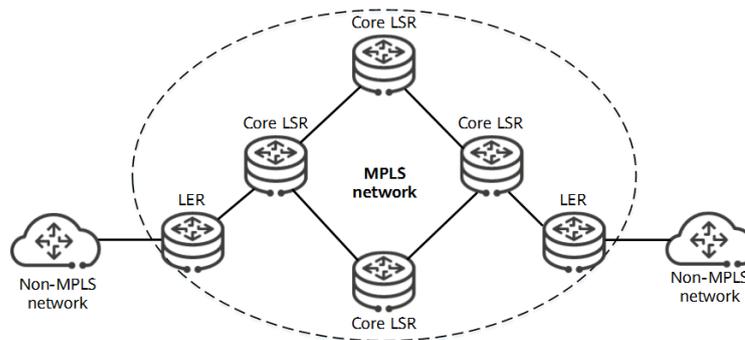
LSP (*label switched path*) adalah sebuah jalur yang dilewati oleh sebuah paket data di dalam MPLS domain. Jalur tersebut terdiri dari beberapa MPLS node seperti ingress node, transit node, dan egress node.



Gambar 2.4 Label Switched Path (LSP)

c. Struktur MPLS

Berikut ini contoh struktur atau topologi jaringan MPLS yang umumnya diterapkan.



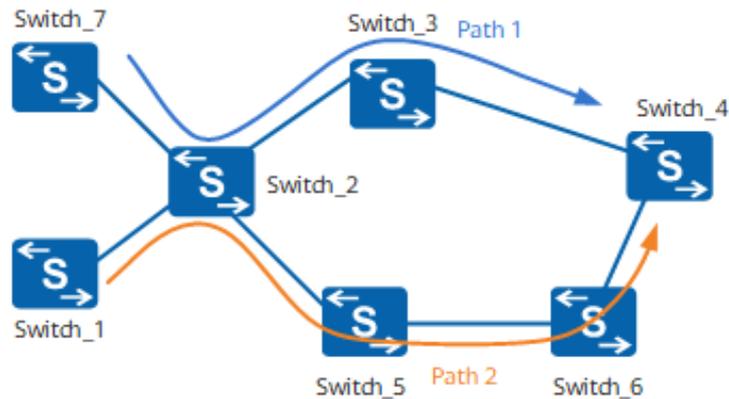
Gambar 2.5 Struktur jaringan MPLS

Jaringan MPLS tersebut terdiri dari beberapa elemen berikut:

- *Label switching router (LSR)* adalah sebuah perangkat yang mendukung teknologi MPLS dengan fungsi untuk meneruskan paket-paket dalam MPLS domain.
- *Label edge router (LER)* adalah sebuah node yang berada di ujung dari sebuah MPLS domain dan berfungsi untuk terhubung dengan perangkat-perangkat di luar MPLS domain.

2.2.2 MPLS-TE

Multiprotocol Label Switching – Traffic Engineering (MPLS-TE) merupakan sebuah metode manipulasi trafik data di dalam jaringan MPLS dengan menentukan path atau rute jalur yang ingin digunakan oleh sebuah LSP secara spesifik.



Gambar 2.6 MPLS-TE

Pada skema tersebut, sebuah trafik data dari *Switch_7* dan *Switch_1* menuju *Switch_4* dapat diatur secara spesifik untuk menggunakan dua jalur yang berbeda sehingga dapat mencegah *bottleneck* di salah satu jalur. Jalur pertama melewati hop *Switch_2* -> *Switch_3* -> *Switch_4* dan jalur kedua melewati hop *Switch_2* -> *Switch_5* -> *Switch_6* -> *Switch_4*.

2.2.3 OSPF

OSPF (*Open Shortest Path First*) merupakan *link state* routing protocol dimana pemilihan jalur routingsnya menggunakan kondisi link. OSPF akan memberikan harga (*cost*) untuk setiap link yang ada. *Cost* yang memiliki jumlah nilai paling kecil akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan jalur routing.

OSPF menggunakan algoritma *Dijkstra* untuk menentukan jalur serta menghasilkan peta topologi jaringan sehingga OSPF akan mengetahui seluruh jalur yang ada pada jaringan tersebut. Pada OSPF terdapat konsep area yang bertujuan untuk mengurangi penyebaran paket LSA (*Link State Advertisement*)

yang nantinya akan digunakan untuk bertukar informasi routing update. Terdapat sebuah area yang harus ada dalam setiap konfigurasi OSPF, yakni area 0 atau disebut area *backbone*.

Selain area backbone, kita dapat membuat area kita sendiri, misalnya area 1, area 15, area 30, namun area-area tersebut harus terhubung ke area backbone. Untuk menghubungkan area-area yang kita buat sendiri dengan area backbone perlu terdapat sebuah router yang berperan sebagai ABR (*Area Border Router*). Router ini menjadi penghubung antara area backbone dengan area lain.

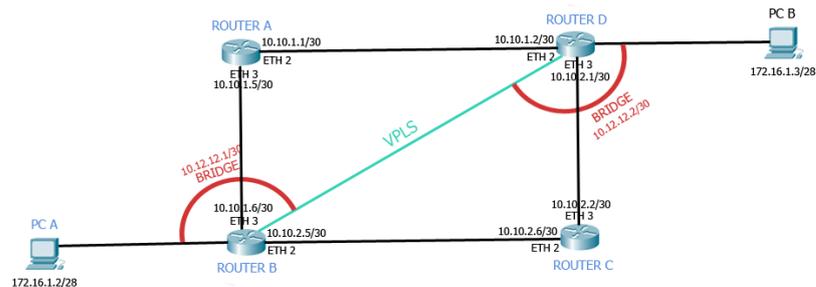
Selain ABR, terdapat beberapa fungsi dan peran yang dimiliki router pada jaringan OSPF:

- ***Internal Router*** adalah router yang keseluruhan interface atau linknya terletak dalam satu area.
- ***Backbone Router*** adalah router yang salah satu link atau seluruhnya terletak di area *backbone*.
- ***Autonomous System Boundary Router*** adalah router yang salah satu interface atau linknya mengarah ke jaringan yang menggunakan routing protocol selain OSPF.

2.2.4 VPLS

VPLS (*Virtual Private LAN Service*) adalah cara untuk menyediakan komunikasi *multipoint-to-multipoint* berbasis ethernet melalui jaringan IP atau MPLS. VPLS dapat menghubungkan beberapa jaringan LAN yang terpisah dengan mengemulasikan bridging domain. Pelanggan yang memiliki service

VPLS yang sama akan memiliki segmen jaringan LAN yang sama, walaupun secara lokasi berjauhan. Ada dua standar IETF yang menjelaskan teknologi VPLS, yaitu RFC4761 dan RFC4762.



Gambar 2.7 Contoh konsep VPLS

2.2.5 Delay atau Latency

Delay atau *latency* merupakan waktu yang diperlukan dalam pengiriman suatu paket data untuk mencapai host tujuan. *Delay* atau *latency* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jarak, kualitas jalur, dan media transmisi. Berikut ini kategori indeks nilai *delay* berdasarkan TIPHON.

Tabel 2.2 Nilai Delay atau Latency

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Bagus	< 150ms	4
Bagus	150 – 300 ms	3
Sedang	300 – 450 ms	2
Buruk	> 450 ms	1

(Sumber: ETSI 1999 – 2006)

2.2.6 Packet Loss

Packet Loss merupakan kondisi dimana terdapat paket data yang hilang pada saat proses pengiriman paket data karena terjadi *collision* atau *congestion* pada jalur yang dilewati oleh paket data tersebut. Berikut kategori indeks nilai *packet loss* berdasarkan TIPHON.

Tabel 2.3 Nilai Packet Loss

Kategori	Packet Loss	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Buruk	25 %	1

(Sumber: ETSI 1999 – 2006)