



ARTICLE

Implementasi Traffic Engineering Untuk Optimalisasi Jaringan MPLS Intercity

Implementation of Traffic Engineering for Optimization of the Intercity MPLS Network

Dwi Nur Syabani,¹ L.N. Harnaningrum,^{*,1} dan Rikie Kartadie²

¹Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Teknologi Digital Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Teknologi Digital Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ningrum@utdi.ac.id

(Disubmit 24-04-17; Diterima 24-06-03; Dipublikasikan online pada 24-09-05)

Abstrak

Dengan berkembangnya teknologi informasi yang pesat mengharuskan kebutuhan akses internet yang lebih cepat dan memadai baik secara kualitas jalur maupun besarnya ketersediaan bandwidth internet. Dalam upaya meningkatkan kualitas akses internet tersebut, seringkali terdapat masalah yaitu salah satunya terjadi bottleneck pada satu atau lebih jaringan backbone milik provider internet. Contohnya kasus pada jaringan metro intercity dimana salah satu jalur mengalami bottleneck sedangkan jalur lainnya masih memiliki utilisasi bandwidth yang rendah. Hal tersebut disebabkan karena protokol routing akan memilih jalur terpendek yang dapat dilalui oleh trafik data. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan implementasi TE (traffic engineering) pada jaringan MPLS backbone pada segmen metro intercity dengan tujuan untuk menentukan jalur yang ingin digunakan oleh suatu trafik data sehingga utilisasi bandwidth pada setiap segmen jalur metro intercity dapat terbagi secara merata. Pada penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan perangkat Router Mikrotik dan berdasarkan studi kasus dari tempat bekerja. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa performa jaringan setelah dilakukan implementasi TE (traffic engineering) menjadi lebih optimal dengan indeks sangat bagus berdasarkan analisa dan parameter latency dibandingkan performa sebelum implementasi TE yang memiliki indeks buruk.

Kata kunci: MPLS; traffic engineering; metro intercity; bottleneck

Abstract

With the rapid development of information technology, there is a need for faster and adequate internet access, both in terms of the quality of the connection and the availability of internet bandwidth. In the effort to improve the quality of internet access, there is often a problem, one of which is the occurrence of a bottleneck in one or more backbone networks owned by internet service providers. For example, in the case of a metro intercity network, one path experiences a bottleneck while other paths still have low bandwidth utilization. This is because routing protocols will choose the shortest path that can be taken by data traffic. To address this issue, traffic engineering (TE) is implemented in the MPLS backbone network in the metro intercity segment. The goal is to determine the path that traffic data wants to use so that the bandwidth utilization in each segment of the metro intercity network can be evenly distributed. This research is conducted through simulation using the Mikrotik Router and is based on a case study from the author's workplace. The results of this research show that the network performance after Traffic Engineering (TE) implementation becomes more optimal with a very good index based on analysis and latency parameters compared to the performance before TE implementation, which had a poor index.

This is an Open Access article - copyright on authors, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY SA) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

How to Cite: D. N. Syabani *et al.*, "Prediksi Stroke Menggunakan Extreme Gradient Boosting", *JIKO (JURNAL INFORMATIKA DAN KOMPUTER)*, Volume: 8, No.2, Pages 427–436, September 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i2.1306.

KeyWords: MPLS; traffic engineering; metro intercity; bottleneck

1. Pendahuluan

Berkembangnya jaringan internet dengan pesat yang disertai dengan bertambahnya utilitas lalu lintas data internet saat ini, maka kebutuhan jalur data tersebut semakin banyak dengan kapasitas yang semakin besar untuk menghadapi perkembangan tersebut. Adanya interkoneksi site to site yang aman juga membuat jalur komunikasi antar *host* menjadi salah satu pilihan[1]. Biasanya *provider* internet memiliki lebih dari satu jalur yang digunakan untuk menghubungkan jaringan antar kota, antar provinsi, bahkan antar negara. Akan tetapi, lalu lintas data tersebut tidak bisa terbagi rata secara otomatis pada setiap jalur sehingga akan terjadi kemungkinan *bottleneck* pada salah satu atau lebih jalur, sedangkan jalur yang lain masih rendah utilisasi datanya[2]. Hal ini dikarenakan protokol routing yang digunakan umumnya akan menggunakan jalur berdasarkan total *cost* terkecil dari *site* sumber data menuju *site* tujuan data[3]. Protokol routing tersebut tidak mempertimbangkan parameter lain seperti latency maupun utilisasi data pada suatu jalur. Misalnya jalur A sudah digunakan sebanyak 90% dari total kapasitas, sedangkan jalur B digunakan hanya 10% dari total kapasitas. Lalu lintas data tersebut akan memilih menggunakan jalur A jika memang total *cost* pada jalur A tersebut lebih kecil daripada jalur B, tergantung bagaimana implementasi konfigurasi pada setiap segmen jalur.

Saat terjadi *bottleneck* pada suatu jalur, maka terjadi penurunan kualitas jalur sehingga akan muncul *packet loss* atau *intermittent* yang mempengaruhi kecepatan transmisi data pada jalur tersebut. *User* yang mengakses internet melalui jalur data tersebut akan merasakan koneksi lambat atau putus-putus. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi masalah tersebut supaya lalu lintas data dapat terbagi secara merata di setiap jalur sehingga kualitas layanan dapat selalu optimal.

Konsep *Multiprotocol Label Switching – Traffic Engineering* (MPLS-TE) dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut [4]. Konsep tersebut menggunakan fungsi TE di dalam jaringan MPLS dengan tujuan untuk menentukan rute jalur per segmen yang ingin digunakan sebagai jalur lalu lintas data dari sumber dan tujuan tertentu. Dengan TE maka lalu lintas data dapat dikontrol melalui rute jalur yang diinginkan sehingga bisa membuat utilitas data pada seluruh jalur menjadi merata dan optimal. Selain itu MPLS-TE juga menyediakan proteksi jaringan pada suatu lalu lintas data yang apabila di salah satu segmen mengalami *link down* pada jalur utama, maka TE dapat mengalihkan lalu lintas data tersebut ke jalur lain sesuai *cost* dari protokol routing yang ada. Dalam penelitian Faisal [5] telah dibuktikan bahwa MPLS-TE dapat diimplementasikan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas pada jaringan.

Masalah yang mungkin muncul ada dua hal, yaitu kemungkinan terjadi *bottleneck* pada salah satu atau lebih jalur metro *intercity* dan keterbatasan kapasitas *bandwidth* pada beberapa jalur tertentu yang bergantung pada kapasitas langganan ke penyedia layanan jalur metro *intercity*. Penyelesaian masalah tersebut dilakukan dengan optimalisasi performa jaringan MPLS *intercity* dengan implementasi *traffic engineering*. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas layanan internet bagi pengguna. Penelitian ini menganalisa bagaimana performa jaringan *intercity* sebelum dan setelah implementasi *traffic engineering*. Area yang dibahas meliputi implementasi TE pada jaringan metro *intercity*, analisa *utilisasi traffic* per segmen jalur metro *intercity* sebelum dan setelah implementasi TE, analisa kualitas jalur saat terjadi *bottleneck* dan setelah implementasi TE.

Penelitian Yanuarta [6], 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 Kristianta [7] 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.

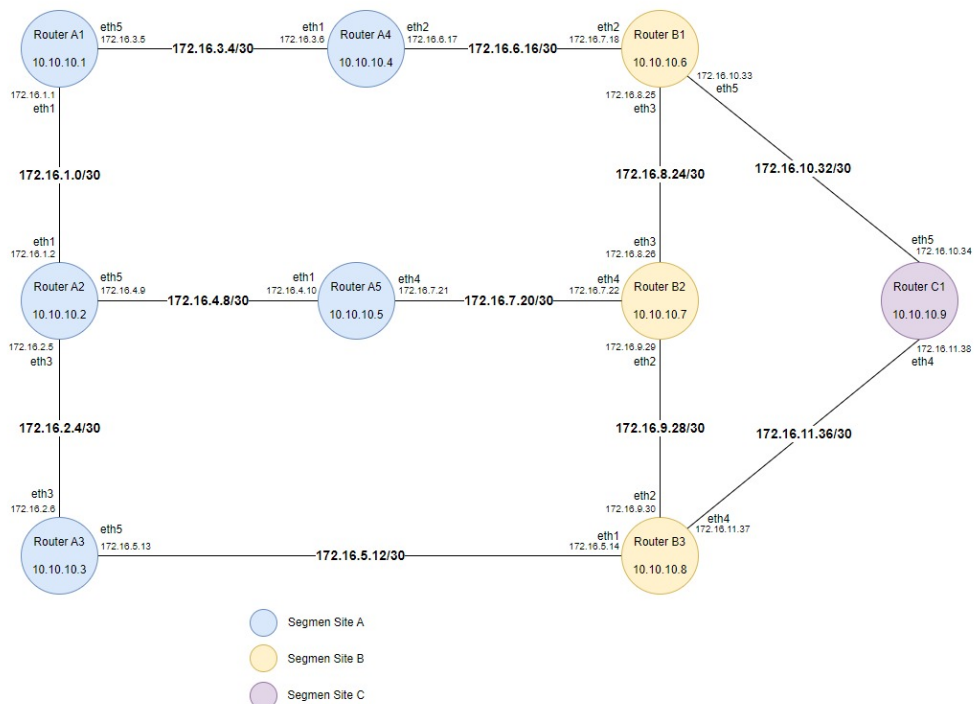
Penelitian Taruk [8], bertujuan untuk optimasi jaringan *wireless mesh* dengan *routing protocol OSPF* menggunakan *MPLS Traffic Engineering*. Hasil dari penelitian ini adalah terjadi keseimbangan beban trafik data

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 Rukhi [9], 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 Kandi [10], 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%. Masalah *traffic engineering* masih menjadi masalah yang timbul dari waktu ke waktu. Penelitian untuk mencegah terjadinya masalah *traffic engineering* perlu dikembangkan dari waktu ke waktu.

2. Metode

Penelitian ini diawali dengan membuat analisis kebutuhan. Kebutuhan topologi jaringan, yaitu sistem membutuhkan desain topologi jaringan metro *intercity* dengan konsep MPLS. Konsep jaringan ini memiliki dua segmen metro *intercity*, yaitu Router A – Router B, Router B – Router C yang terhubung dalam satu jaringan MPLS. Perangkat yang digunakan pada topologi jaringan ini adalah router mikrotik. Demikian juga mengenai utilisasi trafik data pada jaringan MPLS menjadi bahan utama dalam penelitian yang akan dianalisa. Trafik data akan dibebankan dari segmen router Router C – Router A, dan Router B – Router A yang kemudian akan dianalisa perbandingan *latency*, *packet loss*, dan *utilisasi trafik* data sebelum dan setelah implementasi TE. Dan juga mengenai *traffic engineering* (TE) akan diimplementasikan setelah jaringan MPLS diberikan beban trafik data dengan segmen yang sudah ditentukan dengan tujuan utilisasi trafik data dapat terbagi secara lebih merata daripada sebelum implementasi TE. Skema yang digunakan sebagai topologi jaringan ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan topologi jaringan

Setiap *node* pada topologi tersebut menggunakan perangkat Router Mikrotik dan saling terhubung menggunakan kabel UTP pada *port ethernet* masing-masing yang sudah ditentukan. Setiap *node Router* diberikan *IP Address* sesuai dengan kebutuhan. Penelitian ini juga membutuhkan *Routing OSPF*. Protokol *routing dynamic OSPF* digunakan dalam konfigurasi topologi jaringan pada Gambar 1 dengan parameter *cost default*. Antar segmen menggunakan *IP point-to-point* dengan prefix /30 dan *IP loopback* dengan prefix /32 pada setiap *node Router*. Keseluruhan *node Router* tergabung dalam satu area OSPF dengan area ID 0.0.0.0. Penelitian ini juga memerlukan MPLS-TE. Setiap *node Router* juga di konfigurasi dengan konsep MPLS beserta fitur TE (*traffic engineering*). MPLS dan TE *interface* di konfigurasi hanya pada *interface* yang digunakan sebagai *point-to-point* antar segmen *node*.

3. Implementasi

Sebelum melakukan konfigurasi, terlebih dahulu dipersiapkan topologi jaringan yang sudah ditentukan sebelumnya menggunakan perangkat Router Mikrotik. Langkah pertama, buat *interface bridge loopback* untuk difungsikan sebagai *Router ID* dalam protokol *routing OSPF*. Kemudian pada setiap *interface* yang mengarah ke *router* lain diberikan *note* sesuai nama *router next-hop* nya. Langkah kedua, tambahkan *IP Address* pada *interface* yang mengarah ke *router* lain dengan *IP* yang sudah ditentukan, misalnya 172.16.x.x/30. Kemudian tambahkan juga *IP Address* 10.10.10.x/32 pada *interface loopback* yang akan digunakan sebagai *Router ID*. Langkah ketiga, konfigurasi protokol *Routing OSPF* dengan mengubah *Router ID* dengan *IP Address* sesuai dengan *IP* yang telah ditambahkan pada *interface loopback*. Selanjutnya tambahkan *OSPF Networks* dengan *network IP* yang digunakan di dalam *Router* tersebut, misalnya 172.16.x.x/30 dan juga *network* 10.10.10.0/24 karena semua *IP loopback* dijadikan satu area *network* agar saling terhubung. Langkah keempat, konfigurasi MPLS dengan mengubah konfigurasi, kemudian mengubah *LSR ID* dan *Transport Address* dengan *IP loopback* dari *Router* itu sendiri. Selanjutnya menambahkan *interface* yang mengarah ke *router* lain. Kemudian mengubah nilai *MPLS MTU* dari *default* 1508 menjadi 1526. Langkah kelima, tambahkan *interface* yang mengarah ke *router* lain agar *interface* tersebut dapat digunakan sebagai rute atau jalur *Traffic Engineering*.

Hasil konfigurasi dari semua *Router* dalam topologi jaringan *MPLS intercity* sebagai berikut. Router Router A1, Gambar 1, memiliki interkoneksi ke Router Router A2 pada ether1, Remote pada ether3, Router Router A4 pada ether5, serta *interface loopback* sebagai *Router ID*. Pada *router Router A1* ditambahkan *IP Address point-to-point* 172.16.1.1/30 pada *interface ether1* dan 172.16.3.5/30 pada *interface ether5*, serta *IP* 10.10.10.1 pada *interface loopback*, ditambahkan juga konfigurasi dengan menambahkan *network OSPF* dengan *IP Address* 10.10.10.0/24, 172.16.1.0/30, dan 172.16.3.4/30 dengan area backbone. Konfigurasi MPLS dilakukan dengan mengaktifkan LDP dan menambahkan *LSR ID* dan *Transport Address* dengan *IP* 10.10.10.1 sesuai dengan *Router ID*. Kemudian menambahkan *interface ether1* dan *interface ether5* yang mengarah ke Router Router A2 dan Router Router A4 pada *LDP Interface*, juga menambahkan *interface ether1* dan *interface ether5* yang mengarah ke Router Router A2 dan Router Router A4 pada menu *Traffic Eng*. Pada *router Router A2*, Router A3, Router A4 dan Router A5 dilakukan dengan cara yang sama dengan koneksi ke *router* dan perangkat lainnya yang sesuai. Demikian juga *router Router B1*, *Router B2*, *Router B3* dan *Router C*.

3.1 Input Sistem dan Analisa

Pada tahap ini, akan dilakukan pemberian beban trafik data pada jaringan MPLS yang sudah dikonfigurasi dengan skenario berikut dan akan dianalisa secara bertahap.

1. Pemberian beban trafik data dari *router Router B1* – *Router A1* dengan utilisasi trafik sebesar 300Mbps.
2. Pemberian beban trafik data dari *router Router B3* – *Router A3* dengan utilisasi trafik sebesar 600Mbps.
3. Pemberian beban trafik data dari *router Router C* – *Router A2* dengan utilisasi trafik sebesar 600Mbps.

Pertama, disiapkan konfigurasi *tunnel VPLS* sebagai *virtual private LAN* yang akan digunakan untuk *bandwidth test* antar *router* dengan skenario yang sudah ditentukan, kemudian tambahkan *IP Address point-to-point* pada *interface VPLS* yang sudah dibuat, selengkapnya pada Tabel 1.

Tabel 1. IP Address point-to-point VPLS

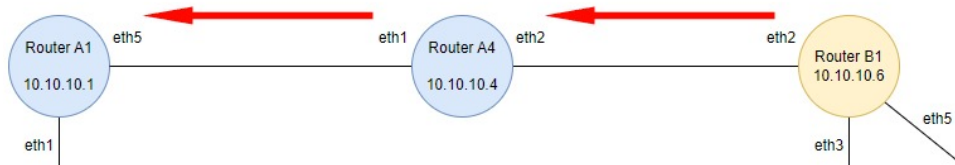
No	VPLS	Router	IP Address
1	Router A1 – Router B1	Router A1 – Router B1	192.168.100.1/30 – 192.168.100.2/30
2	Router A3 – Router B3	Router A3 – Router B3	192.168.101.1/30 – 192.168.101.2/30
3	Router A2 – Router C	Router A2 – Router C	192.168.102.1/30 – 192.168.102.2/30

Kemudian dilakukan konfigurasi VPLS dari router Router A1 ke Router B1, konfigurasi dengan menambahkan *interface* VPLS pada Router Router A1 dengan mengisikan *Remote Peer* 10.10.10.6 dengan tujuan Router Router B1, dan VPLS ID 10.10.10.1:1, kemudian ditambahkan IP Address *point-to-point* 192.168.100.1/30 yang akan digunakan untuk *bandwidth test*. Demikian juga dilakukan sebaliknya, dari Router B1 ke Router A1. Konfigurasi yang sama dilakukan untuk router Router A3 dan Router B3, route Router A2 dan Router C.

3.2 Bandwidth Test dan Analisa

Selanjutnya dilakukan *bandwidth test* dengan skenario yang sudah ditentukan sebelumnya, konfigurasinya sebagai berikut.

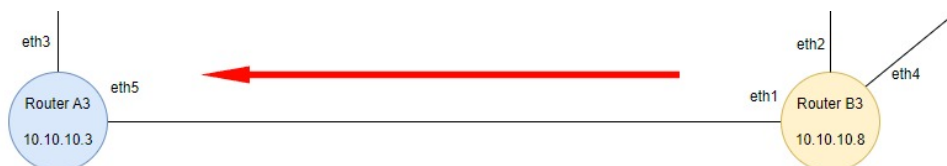
1. *Bandwidth test* router Router B1 – Router A1. Pengamatan dari *interface* router Router B1 diperoleh utilisasi trafik sebesar 300Mbps pada ether2 menuju router Router A4 yang artinya trafik menuju router Router A1 adalah melalui router Router A4 terlebih dahulu. Kemudian pengamatan dari *interface* pada router Router A4, trafik diterima dari router Router B1 dan diteruskan menuju router Router A1. Dari analisa tersebut, dapat diketahui jalur data dari router Router B1 menuju router Router A1 Gambar 2.



Gambar 2. Traffic Flow router Router B1 – Router A1

Kemudian pengamatan *latency* dan *packet loss* dari router Router B1 – Router A1 dengan jumlah pengiriman data sebanyak 1000 paket dan interval 0.1s, hasilnya packet-loss 0%.

2. *Bandwidth test* router Router B3 – Router A3. Pengamatan *interface* router Router B3, terdapat utilisasi trafik data sebesar 600Mbps pada *interface* ether1 menuju router Router A3 yang artinya trafik data dari router Router B3 langsung menuju router Router A3 tanpa melalui router lain. Pengamatan dari *interface* router Router A3, terdapat utilisasi trafik dari router Router B3 secara langsung tanpa melewati router lain. Dari hasil analisa tersebut, diketahui jalur trafik dari router Router B3 menuju router Router A3 ditunjukkan pada Gambar 3.

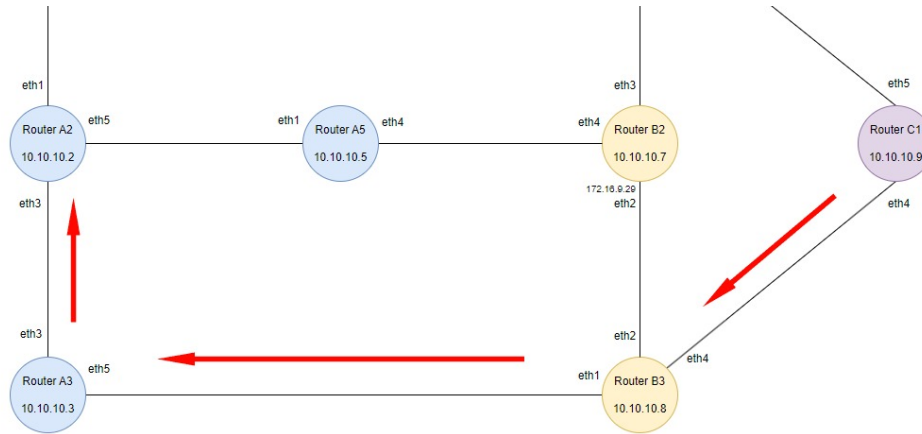


Gambar 3. Traffic Flow router Router B3 – Router A3

Kemudian pengamatan *latency* dan *packet loss* dari router Router B3 menuju router Router A3 dengan pengiriman data sebanyak 1000 paket dan interval 0.1s, hasilnya packet-loss 0%.

3. *Bandwidth test* router Router C – Router A2. Dari pengamatan hasil *bandwidth test*, didapati utilisasi trafik data yang tidak sesuai dengan jumlah *bandwidth* yang dikirimkan. *Bandwidth test* tersebut mengirimkan trafik sebesar 600Mbps, namun *throughput* yang didapat hanya sekitar 350Mbps. Seperti

pada gambar berikut. Pengamatan juga dilakukan pada *interface* dari router Router C, di mana *utilisasi* trafik data terlihat pada ether4 menuju router Router B3 yang artinya jalur dari router Router C menuju router Router A2 adalah melalui router Router B3 terlebih dahulu. Pengamatan utilisasi trafik pada router Router A2, terlihat router menerima trafik sekitar 350Mbps dari arah router Router A3 dimana trafik tersebut seharusnya sebesar 600Mbps sesuai yang dikirimkan oleh router Router C. Dari analisa tersebut, dapat diketahui jalur dari router Router C menuju router Router A2 ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Traffic Flow router Router C – Router A2

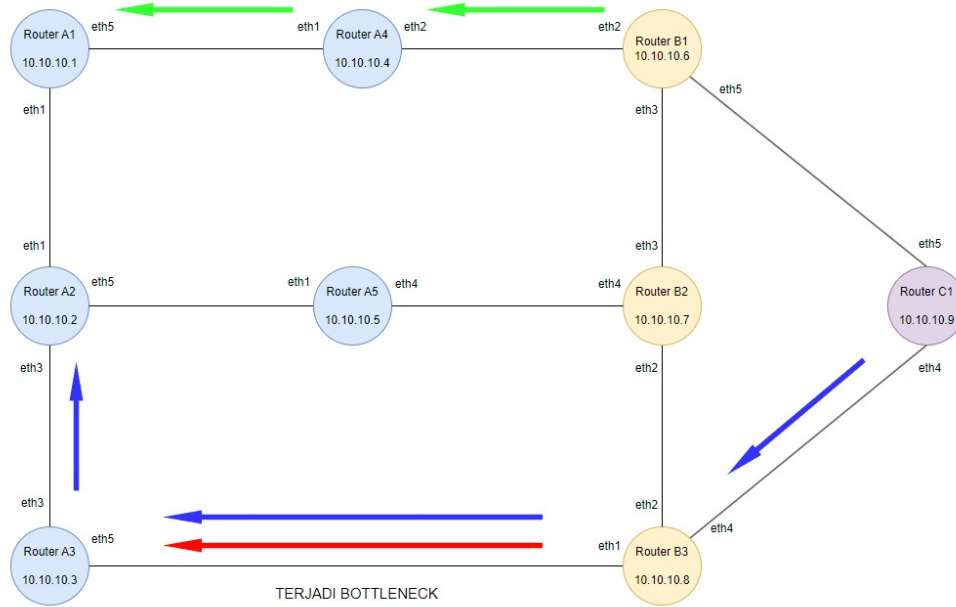
Kemudian dilakukan pengamatan pada dua router yang dilewati oleh trafik dari router Router C menuju router Router A2, yaitu router Router B3 dan router Router A3. Pada router Router B3, dijumpai indikasi *bottleneck* pada *interface* ether1 menuju router Router A3 dimana seharusnya utilisasi yang lewat adalah sebesar 1200Mbps yang terdiri dari trafik Router C – Router A2 600Mbps dan trafik Router B3 – Router A2 sebesar 600Mbps. Pada router Router A3 juga dijumpai indikasi *bottleneck* pada *interface* ether5 menuju router Router B3. Trafik yang diterima seharusnya 1200Mbps terdiri dari trafik sebesar 600Mbps dari router Router B3 menuju router Router A3 itu sendiri, dan trafik sebesar 600Mbps dari router Router C menuju router Router A2 yang melalui router Router A3.

4. Hasil

4.1 Hasil Pengujian Input

Dikarenakan terjadi *bottleneck*, maka utilitas trafik data dari router Router C menuju Router A2 hanya mampu diterima sekitar 350Mbps oleh router Router A2. Analisa performa jaringan dengan parameter *latency* dan *packet loss* saat terjadi *bottleneck*, pengiriman data sebanyak 1000 paket dengan interval 0.1s, terjadi kenaikan *latency* hingga 24ms dan terdapat *packet loss* sebesar 44% pada segmen Router C – Router A2. Selanjutnya analisa ulang untuk segmen Router B3 – Router A3 juga terdapat *packet loss* karena pada jalur tersebut terjadi *bottleneck*. Terjadi kenaikan *latency* hingga 28ms dan *packet loss* sebesar 44%. Analisa pada segmen Router B1 – Router A1, *link* tetap aman karena jalur yang dilewati tidak mengalami *bottleneck*.

Jika digambarkan pada topologi jaringannya, maka dapat dilihat pada Gambar 5 di mana *bottleneck* terjadi pada segmen jalur Router A3 – Router B3 yang memiliki kapasitas jalur sebesar 1000Mbps. Jalur tersebut dilewati oleh beban trafik data sebesar 1200Mbps yang terdiri dari trafik dari Router C – Router A2 dan trafik dari Router B3 – Router A3 sebesar masing-masing 600Mbps. Hal ini menyebabkan *link* menjadi *bottleneck* dan terjadi degradasi atau penurunan kualitas *link*. Pada segmen trafik data dari Router B1 – Router A1 tidak terjadi *bottleneck* karena dari kapasitas 1000Mbps, hanya dilewati trafik data sebesar 300Mbps.



Gambar 5. Traffic Flow Skenario Input Sistem

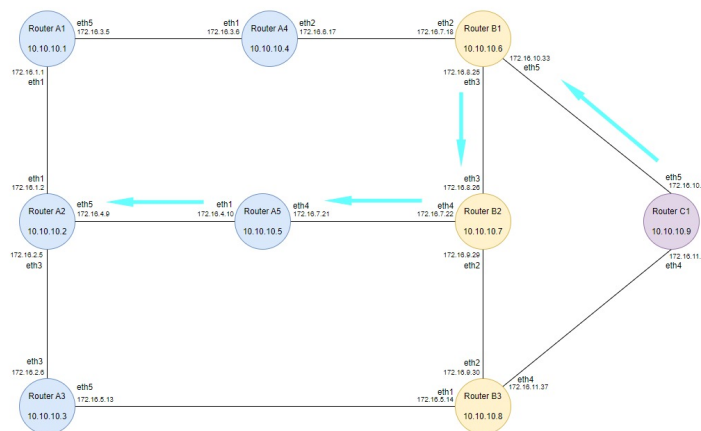
4.2 Implementasi TE

Traffic engineering diimplementasikan dengan tujuan mengubah rute trafik data untuk segmen trafik dari router Router C menuju router Router A2, yaitu trafik sebesar 600Mbps yang akan di-reroute menggunakan traffic engineering.

4.2.1 Konfigurasi TE – Tunnel Path dan TE – Interface

Tunnel path berfungsi untuk mengatur hops yang akan digunakan dalam rute trafik data. Opsi hops pada konfigurasi tunnel path diisikan sesuai dengan IP Address dari router yang akan dilewati. Uji coba ini membuat 3 tunnel path dengan rute-rute berikut ini.

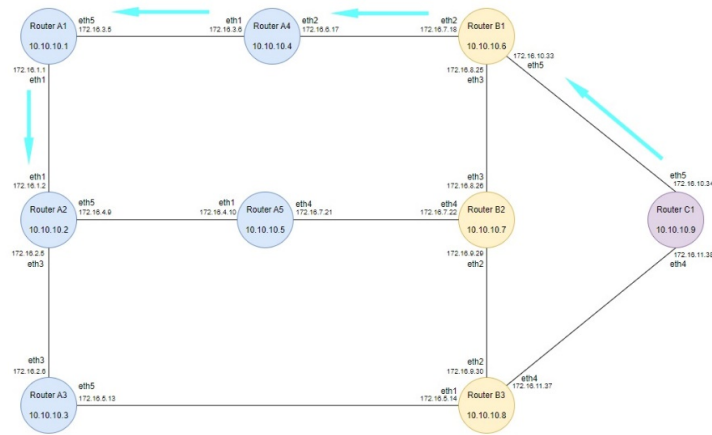
- a. Jalur melalui Router B1 – Router B2 – Router A5 – Router A2



Gambar 6. Alur Tunnel Path (1)

Jalur pertama ditunjukkan Gambar ?? . Konfigurasi tunnel path dengan mengisi Hops Address 172.16.10.33 (Router B1) – 172.16.8.26 (Router B2) – 172.16.7.21 (Router A5) – 172.16.4.9 (Router A2).

- b. Jalur melalui Router B1 – Router A4 – Router A1 – Router A2



Gambar 7. Alur Tunnel Path (2)

Jalur kedua ditunjukkan Gambar 7. Konfigurasi *tunnel path* dengan mengisi *Hops Address* 172.16.10.33 (Router B1) – 172.16.6.17 (Router A4) – 172.16.3.5 (Router A1) – 172.16.1.2 (Router A2).

Untuk mengaktifkan TE, dibuat konfigurasi dengan ketentuan jalur TE utama adalah melalui Router B1 – Router B2 – Router A5 – Router A2, dan untuk jalur backup melalui Router B1 – Router A4 – Router A1 – Router A2. Opsi *From Address* diisi dengan IP *loopback* dari router Router C, dan *To Address* diisi dengan IP *loopback* dari router Router A2.

4.2.2 Output Sistem dan Analisa

Setelah dilakukan pengujian, maka diperoleh data. Data yang ada kemudian dianalisis. Analisis yang dilakukan adalah analisis utilitas trafik dan analisis *latency & packet lost*. Analisis utilitas trafik dilakukan untuk beberapa segmen berikut.

- Utilisasi trafik segmen Router C – Router A2. Trafik data yang dikirimkan dari router Router C menuju router Router A2 sudah sesuai 600Mbps dan utilisasi trafik berpindah dari sebelumnya di ether4 menjadi ether5 menuju router Router B1 yang artinya jalur dari Router C menuju router Router A2 melalui router Router B1 terlebih dahulu. Utilisasi trafik pada router Router A2 juga sudah menerima trafik sebesar 600Mbps sesuai yang dikirimkan oleh router Router C, yang terlihat di interface ether5 menuju Router A5. Artinya trafik tersebut dikirimkan melalui router Router A5.
- Utilisasi trafik segmen Router B3 – Router A3. Pada interface router Router B3, terlihat router sudah tidak menerima trafik dari router Router C setelah implementasi TE sehingga pada router Router B3 hanya terdapat trafik menuju router Router A3 yang dikirimkan oleh router Router B3 itu sendiri. Pada analisa tahap ini, bottleneck sudah tidak terjadi di segmen Router B3 – Router A3. Router Router A3 juga sudah tidak mengalami bottleneck dimana sebelumnya router menerima trafik hingga bottleneck dari interface ether5 arah Router B3. Saat ini router hanya menerima trafik data sebesar 600Mbps, sesuai dengan trafik yang dikirimkan oleh router Router B3.
- Utilisasi trafik segmen Router B1 – Router A1. Pengamatan pada segmen router Router B1, terdapat perubahan dimana saat ini pada interface ether5 arah router Router C menerima trafik sebesar 600Mbps, yaitu trafik dari router Router C menuju router Router A2. Trafik tersebut kemudian diteruskan melalui router Router B2.
- Utilisasi trafik segmen router Router B2 – Router A5. Setelah implementasi TE, router Router B2 menjadi router yang dilewati trafik data yang dikirimkan oleh router Router C menuju router Router A2. Terlihat pada interface router Router B2, terdapat utilisasi trafik data pada interface ether3 arah Router B1 dan pada interface ether4 menuju router Router A5. Sama seperti router Router B2, router Router A5 juga menjadi router yang dilewati oleh trafik dari Router C – Router A2. Pada interface router Router A5 terlihat menerima trafik data di interface ether4 dari router Router B2 dan diteruskan kembali keluar menuju router Router A2 di interface ether1.

Analisis latensi dan *packet lost* juga dilakukan untuk beberapa segmen. Hasil analisis dapat dijelaskan

sebagai berikut.

- a) Segmen Router C – Router A2. Setelah implementasi TE, hasil tes pengiriman data sebanyak 1000 paket dengan interval 0.1s tidak ditemukan kenaikan *latency* maupun *packet loss*.
- b) Segmen Router B3 – Router A3. Pada segmen Router B3 – Router A3 yang sebelumnya ada *bottleneck*, setelah implementasi TE juga didapati hasil tes pengiriman data sebanyak 1000 paket dengan interval 0.1s tidak ada *packet loss*.
- c) Segmen Router B1 – Router A1. Hasil tes pengiriman data sebanyak 1000 paket dengan interval 0.1s pada segmen Router B1 – Router A1 tidak ada *packet loss* setelah router dilewati oleh trafik dari router Router C.

4.3 Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil analisa input sistem, implementasi, dan output sistem yang diambil pada pengujian, disimpulkan perbandingan hasil analisa tersebut ke dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Input

Segmen Test	Rute	Bandwith Dikirim	Bandwidth Diterima	Packet Loss (1000 paket)	Indeks
Router B1 – Router A1	Router B1 – Router A4 – Router A1	300Mbps	300Mbps	0.00%	4
Router B3 – Router A3	Router B3 - Router A	600Mbps	350Mbps	44.00%	1
Router C – Router A2	Router C – Router B3 – Router A3 – Router A2	600Mbps	350Mbps	44.00%	1

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian saat terjadi *bottleneck* pada segmen Router B3. Router A3 dan segmen Router C – Router A2 mendapat nilai indeks 1 (buruk) berdasarkan parameter *packet loss* sebesar 44% yang terjadi. Sedangkan pada segmen Router B1 – Router A1 mendapat nilai indeks 4 (sangat bagus) berdasarkan parameter *packet loss* karena *bottleneck* tidak terjadi pada jalur yang dilewati oleh trafik Router B1.

Tabel 3. Hasil Pengujian Setelah Implementasi TE

Segmen Test	Rute	Bandwith Dikirim	Bandwidth Diterima	Packet Loss (1000 paket)	Indeks	TE Aktif
Router B1 – Router A1	Router B1 – Router A4 – Router A1	300Mbps	300Mbps	0.00%	4	✓
Router B3 – Router A3	Router B3 - Router A	600Mbps	600Mbps	0.00%	4	✓
Router C – Router A2	Router C – Router B1 – Router B2 – Router A5 – Router A2	600Mbps	600Mbps	0.00%	4	✓

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa dengan kondisi TE aktif pada segmen Router C – Router A2 menghasilkan indeks nilai 4 (sangat bagus) untuk ketiga segmen pengujian berdasarkan parameter *packet loss* 0% yang terjadi.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil analisa input sistem, pengujian segmen Router B3 – Router A3 dan Router C – Router A2 dilakukan dengan pemberian beban bandwidth yang dikirim dari router Router B3 dan router Router C masing-masing 600Mbps, dan hanya bisa diterima sebesar 350Mbps pada masing-masing router tujuan

Router A3 dan Router C, yang artinya terdapat sekitar 500Mbps *bandwidth* yang hilang pada saat proses pengujian. Kemudian pada pengujian tersebut juga didapati *packet loss* masing-masing sebesar 44% dari 1000 paket data yang dikirim. Hal ini dikarenakan terjadi *bottleneck* pada segmen Router B3 – Router A3 dimana kapasitas jalur hanya sebesar 1000Mbps.

Analisa yang dilakukan setelah implementasi TE pada segmen pengujian Router C – Router A2. Pada segmen Router C – Router A2 dan Router B – Router C yang sebelumnya terdapat *packet loss* dan ketidaksesuaian *bandwidth* dikirim dan diterima, setelahnya tidak dijumpai *packet loss* pada kedua segmen tersebut dan hasil pengujian *bandwidth* dikirim dan diterima sudah sesuai masing-masing 600Mbps dari router Router C dan Router B3 menuju router Router A2 dan Router A3. Dari hasil pengujian dan analisa, dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa TE (*traffic engineering*) efektif untuk digunakan dalam optimasi lalu lintas trafik data pada jaringan MPLS metro intercity.

Pustaka

- [1] D. Asmaranu, T. Maulana, L. N. Harnaningrum, and A. Kusjani. (2024) Implementasi l2tp mikrotik dalam interkoneksi site to site. [Online]. Available: <http://jurnal.mdp.ac.id>.
- [2] A. Whiter and U. Bramantya, “Implementasi vpls pada jaringan mpls berbasis mikrotik,” 2015.
- [3] I. Minei and J. Lucek, *Traffic Engineering with MPLS (MPLS-TE)*. John Wiley Sons, Ltd, 2005, ch. 2, pp. 37–67. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0470017899.ch2>
- [4] C. Semeria. (2000) Multiprotocol label switching. [Online]. Available: www.juniper.net.
- [5] M. Faisal, J. Uddin, and S. Shil, “Performance of voip networks using mpls traffic engineering,” in *Advanced Materials and Engineering Materials*, ser. Advanced Materials Research, vol. 457. Trans Tech Publications Ltd, 3 2012, pp. 927–930.
- [6] A. W. Yanuarta, “Studi komparasi voip dan vompls dengan mempertimbangkan traffic engineering,” 2012.
- [7] H. Kristianta and B. Setiawan, “Traffic engineering analysis menggunakan lsp (label-switched path) pada jaringan metro ethernet alcatel lucent,” 2014.
- [8] M. Taruk, “Model optimasi routing protocol ospf pada jaringan wireless mesh dengan mplstraffic engineering,” *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 13, no. 2, p. 84, Feb 2019.
- [9] R. A. Effendi. (2022) Optimasi mpls tunnel service layer 2 virtual private network dengan metode segment routing-traffic engineering di nokia service router 7750. [Online]. Available: <https://lib.mercubuana.ac.id/>.
- [10] M. N. Kandi, “Analysis and design network using hybrid technology between mpls-ip and mpls-te in pt. xyz using network development life cycle (ndlc) method,” Bandung, 2018.