

Perbandingan Performansi *Routing* pada *Multiprotocol Label Switching (MPLS)* dan *Software-Defined Wide Area Network (SDWAN)*

1st Galih Wimba Heriaji
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
galihheriaji@student.telkomuniver
sity.ac.id

2nd Siti Amatullah Karimah
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
karimahsiti@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Satria Akbar Mugitama
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
satriamugitama@telkomuniversity.
ac.id

Abstrak—MPLS maupun SD-WAN, keduanya adalah teknologi untuk menjamin kualitas jaringan dengan caranya masing-masing. MPLS menggunakan metode routing packet jaringan untuk memastikan layanan *end-to-end* kepada pengguna. Sedangkan SDWAN merupakan SDN dalam cakupan luas, memberikan kontrol serta manajemen jaringan terpusat dengan cerdas, ringkas. Untuk mengetahui komparasi dari kedua metode jaringan tersebut menggunakan routing, antara lain routing OSPF dan juga BGP. Pada penelitian ini menggunakan convergence time untuk parameter daripada performansi routing dari kedua teknologi ini. Hasil yang didapat adalah SDWAN lebih unggul untuk kemampuan convergence nya. Sedangkan pada parameter QoS yang dipakai adalah Throughput, Delay, dan Packetloss, SDWAN juga tetap lebih unggul diluar kemampuan controller atau centralized nya.

Kata Kunci—MPLS, SD-WAN, convergence time.

Abstract—MPLS and SD-Wan, both are technology to guarantee the quality of the network in their respective ways. MPLS uses a network packet routing method to ensure end-to-end services to users. While SDwan is an SDN in broad scope, providing control and network management centralized smartly, concisely. To find out the comparison of the two network methods using routing, including OSPF routing and BGP. In this study using a convergence time for parameters rather than routing performance of these two technologies. The results obtained are SDwan superior to his convergence capabilities. Whereas in the QOS parameter used is Throughput, Delay, and Packetloss, SDwan also remains superior beyond its controller or centralized capabilities

Keywords—MPLS, SD-WAN, convergence time.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era digital ini banyak berbagai jaringan komputer baik dari dalam skala kecil maupun besar. Seperti saat pandemi ini banyak orang memanfaatkan internet sebagai sarana komunikasi, bekerja hingga proses belajar mengajar pun dilakukan secara daring karena dampak WFH (Work From Home). Seiring

dengan pesatnya perkembangan teknologi dan juga komunikasi ini didalam jaringan modern seperti jaringan internet, dynamic routing protocol lebih banyak digunakan daripada static routing[1]. Maka diperlukannya suatu desain dynamic routing untuk mengakomodasi banyak perubahan ini tanpa perlu menggunakan network administrator[1] ketika ada perubahan atau perkembangan. Beberapa protokol routing juga digunakan untuk mengatur sistem yang ada di dalam Autonomous System (AS) sebagai Interior Gateway Protocol[2], untuk menghubungkan antar AS skala besar disebut eksterior[3].

Jaringan yang bersifat tradisional yang tidak dapat diprogram (nonprogrammable) dimana router memiliki routing sendiri untuk melakukan pengiriman serta penerimaan paketdata[4]. Software-defined (SDN) merupakan arsitektur pada jaringan komputer untuk memisahkan control plane dengan data plane yang cukup berbeda dengan jaringan konvensional pada umumnya, karena SDN nantinya hanya perlu kontroler yang nantinya memfasilitasi jaringan dan virtualisasi jaringan terbuka [5]. Ada tahap pengiriman dimana paket harus memilih jalur yang akan dilalui oleh SDN. Salah satu mekanisme mencari jalurnya ialah menggunakan routing, dimana routing akan mendapat proses labeling menggunakan multi-protocol label switching (MPLS) melalui urutan yang ada agar efisien. SDN juga memiliki karakteristik kontrol terpusat dan untuk fleksibilitas keterbukaan jaringan. Melihat keunggulan pada SDN dan dikarenakan meningkatnya pekerjaan hingga cakupan jumlah jaringan, pengontrol menjadi terbatas untuk menangani ini, maka diperkenalkanlah Software-Defined WAN (SD-WAN) dengan cakupan yang lebih luas.

Menurut penelitian [2]Multi-protocol Label Switching (MPLS) adalah protokol untuk membuat traffic yang ada di backbone dan bekerja dengan IP Address di layer 3[5]. MPLS serta SDN dapat memberikan keleluasaan pada penyedia layanan [2] internet karena SDN dapat menyediakan kontrol secara terpusat [6]sehingga dapat mengurangi

kompleksitas operasional jaringan serta mudah untuk pemantauan maupun diagnostik jaringan[6].

Dari perbedaan kedua teknologi jaringan diatas, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan serta menganalisis dari performansi kedua teknologi jaringan tersebut dengan menggunakan *routing* serta *convergence time* sebagai parameter ujicoba nya, dan juga parameter *Quality of Services* yang terdapat *throughput, delay, serta packet loss*.

B. Topik dan Batasannya

Pada penelitian tugas akhir ini memiliki batasan penelitiannya, yaitu emulasi menggunakan *network emulator* GNS3 yang menggunakan skenario dua arsitektur *wide area network* (WAN) karena keterbatasan perangkat keras maupun perangkat lunak emulasi. Pada setiap arsitektur topologi, hanya menggunakan Cisco C7200 pada arsitektur MPLS dan Fortigate 7.0.5 pada arsitektur SDWAN.

C. Tujuan

Tujuan yang diharapkan daripada penelitian ini adalah mensimulasikan sebuah arsitektur jaringan dari *Multiprotocol Label Switching* dan *Software-Defined Wide Area Network* dengan melihat performansi *routing BGP* serta *OSPF* dengan parameter *routing* yang diambil adalah *convergence time*, serta parameter *QoS* yaitu *throughput, delay, dan packetloss*.

II. KAJIAN TEORI

Dalam penelitian kali ini yang dilakukan adalah pembuatan simulasi jaringan sederhana dengan konfigurasi yang sudah dilakukan pada arsitektur jaringan MPLS maupun SDWAN. Terdapat beberapa jurnal maupun *paper* acuan mengenai perbandingan kedua arsitektur jaringan tersebut.

Judul	Deskripsi	Hasil
Design and Simulation of Traffic Engineering using MPLS in GNS3 Environment [2]	MPLS merupakan integrasi dari <i>framework</i> untuk transfer paket dengan metode pelabelan. Pembentukan <i>table routing</i> pun juga dengan pelabelan. MPLS bisa dikatakan <i>protocol</i> di layer 2.5 yang bekerja diantara <i>data link layer</i> dan <i>network layer</i> dengan cara <i>forward packet</i> .	MPLS bekerja sebagai backbone untuk ISP atau service providers dan memiliki karakteristik labelling.
Analysis of MPLS and SD-WAN Network Performances Using GNS3 [4]	<i>Multi-Protocol Label Switching</i> (MPLS) adalah teknologi jaringan yang menyediakan metode baru <i>routing IP packages</i> dan memenuhi tingkat kualitas layanan. SD-WAN (<i>Software Defined WAN</i>) adalah paradigma baru yang menggunakan karakteristik SDN di <i>datacenter</i> , tetapi dengan aplikasi ke jaringan area luas perusahaan dan afliasinya.	SD-WAN memvirtualisasikan <i>resources</i> untuk memberikan performansi yang lebih baik, ketersediaan yang lebih besar, dan manajemen jaringan secara otomatis. Dengan konfigurasi dan simulasi teknologi MPLS dan SD-WAN dan analisis komparatif, parameter jaringan seperti kualitas layanan, <i>bandwith</i> dan <i>delay</i> serta analisis telah dibuat. Memilih teknologi MPLS dan SDWAN ini karena perkembangan pesat dan potensi aplikasi SDWAN yang diharapkan pada masa mendatang.
Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN): Architecture, Advances and Opportunities [7]	SDWAN Dianggap sebagai arsitektur jaringan area luas. SDWAN menyederhanakan pembangunan koneksi serta memberikan fleksibilitas secara <i>centralized control</i> dan monitoring. Memberikan kebijakan jaringan terpusat dan <i>manage network traffic</i> . SDWAN menyediakan kerangka kerja terprogram yang melekat untuk kontrol hosting yang dikembangkan secara terpusat dengan mempertimbangkan persyaratan tingkat aplikasi untuk menjamin kualitas pengalaman yang dirasakan pengguna	SDWAN memiliki 2 Arsitektur. Pertama yaitu Logical Architecture. Pada arsitektur pertama terdapat 3 layer bagian yaitu, data layer, control layer, and application layer. dan kedua yaitu Physical Architecture. Selain bekerja secara independen, fungsi jaringan dapat dihubungkan atau dirantai bersama untuk menciptakan layanan berjenis, dan meningkatkan fleksibilitas SDWAN. Pengontrol jaringan bertanggung jawab atas perangkat ini. Biasanya, network controller adalah server. tergantung pada ukuran dan kompleksitas jaringan. Berbagai fungsi jaringan diisi oleh network controller
Efficient Approach for optimization in Traffic Engineering for Multiprotocol Label Switching [8]	Teknologi MPLS mempermudah para pengguna maupun penyedia layanan karena merupakan inovasi jaringan berskala besar. Namun MPLS juga memiliki kelemahan pada manajemen jaringan serta keamanan. Tapi dengan ini, MPLS	Pada jaringan MPLS, MPLS akan membagikan label ke paket, dimana tugas itu biasanya dilakukan oleh router. Ketika MPLS bergabung maka ada routing yang berbeda karena butuh rekayasa dan

	menawarkan komunikasi data yang baik serta kecepatan <i>broadcast dan delay</i> yang rendah.	kemampuan QoS untuk internet. Perbedaan antara MPLS dan teknologi WAN ada pada label yang terhubung serta kemampuan untuk memindahkan tumpukan label di paket. MPLS memiliki keterbatasan pada sisi keamanan .
--	--	--

A. Multiprotocol Label Switching (MPLS)

Multiprotocol Label Switching (MPLS) adalah protokol untuk mempercepat dan traffic jaringan pada jaringan backbone. MPLS bekerja dengan Internet Protocol (IP)[8], Asynchronous Transport Mode (ATM) serta protokol jaringan frame relay. MPLS berdasarkan tag Cisco switching, adalah standar IETF yang memungkinkan peralatan jaringan lainnya untuk membuat kerjasama jaringan. Arsitektur internet VPN[11] banyak menggunakan MPLS, sehingga mengharuskan semua router backbone dalam sebuah jaringan mendukung MPLS. Fitur ini dapat berguna bagi provider, dimana mereka akan menggunakan backbone operator untuk menyediakan konektivitas. MPLS sendiri juga memiliki karakteristik seperti Bertindak sebagai backbone bagi providers.[2], Bandwidth, media, dan prioritas menjanjikan implementasi di seluruh jaringan, Constraint based routing, Beradaptasi jika ada kegagalan node.

B. Software-Defined Network WAN (SDWAN)

Sesuai SDN, SDWAN atau Software Defined Network pada Wide Area Network, merupakan arsitektur teknologi bagian dari SDN untuk menyederhanakan sistem dan manajemen untuk memisahkan perangkat keras jaringan dari mekanisme kontrolnya secara centralized [7]. Menggunakan konsep perangkat lunak untuk memisahkan dataplane pada jaringan WAN[4]. Berfungsi untuk mengerucutkan fungsi maupun kontrol pada traffic di dalam jaringan. Cakupan yang ada luas karena Wide Area Network. Pada teknologi ini, SDWAN menyesuaikan jaringan secara real time sederhana seperti MPLS[6]. SDWAN memberikan konfigurasi terpusat pada semua elemen jaringan. Memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Mendukung berbagai jenis koneksi seperti Internet , MPLS, dll.

2. Memiliki kemampuan dalam memilih rute secara dinamis yaitu berbagi pada koneksi WAN.[9]

Dengan SDWAN, sebuah logical control yang sama digunakan untuk Dengan menggunakan bandwidth ini, analisis performansi dapat di tampilkan untuk mendukung QoS di SDWAN[7].

C. Convergence Time

Convergence Time atau Waktu Konvergensi adalah waktu yang dibutuhkan sebuah router untuk mendapatkan routing table dari jaringan tersebut [10]. Waktu konvergensi tersebut dapat berubah mengikuti banyak dari *node (router)* ataupun jumlah alat jaringan lainnya. *Convergence time* juga digunakan untuk melihat kinerja daripada *routing* serta performansi jaringan lainnya untuk diperhatikan [10]. Penghitungan convergence time sendiri juga dapat dimulai dari *Startup time, Convergence Failure,* serta *Convergence New Link*[11]

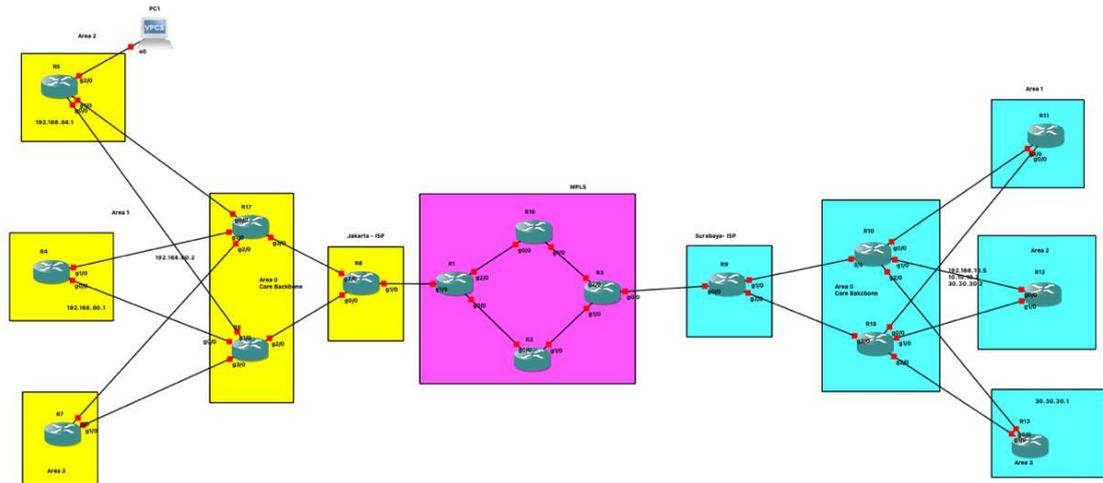
III. METODE

A. Topologi

Pada penelitian ini, terdapat 2 arsitektur topologi scenario sesuai kasus yang sedang diteliti. Adapun topologi tersebut yaitu didalamnya adalah MPLS WAN untuk mengemulasikan topologi WAN yang tradisional dan juga SDN WAN atau SDWAN yang menggunakan perangkat fortigate sebagai firewall untuk pengontrolan SDN. Adapun didalam kedua topologi tersebut menggunakan protocol *routing* OSPF serta BGP.

1. Topologi MPLS

Dibawah ini merupakan topologi MPLS yang digunakan untuk emulasi jaringan yang memiliki beberapa area OSPF serta didalamnya terdapat routing BGP pada tugas akhir ini sebagai berikut :

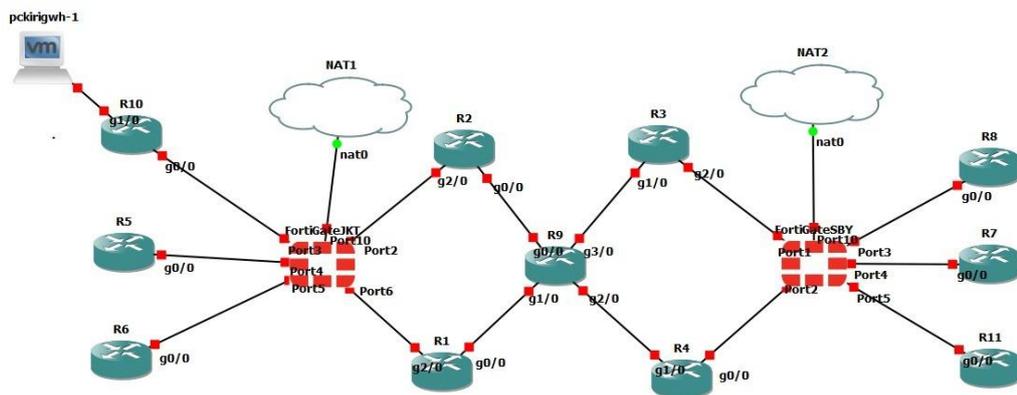


GAMBAR 1 ARSITEKTUR TOPOLOGI MPLS

2. Topologi SDWAN

Berikut dibawah ini merupakan emulasi topologi SDWAN yang terdapat Fortigate

sebagai firewall untuk controller SDN digunakan pada tugas akhir ini sebagai berikut :



GAMBAR 2 ARSITEKTUR TOPOLOGI SDWAN.

B. Spesifikasi Kebutuhan Perangkat

1. Spesifikasi Perangkat Lunak

Daftar Perangkat Lunak	
Jenis	Keterangan
Network Emulator	GNS 3 (Graphic Network Simulator) 2.2.8
IOS Cisco	Cisco Router c7200
SDWAN Router	Fortigate 7.0.5
Network Protocol Analyzer	Wireshark Network Protocol Analyzer
Virtual Machine	VMware Workstation 16
Operating System	Windows 10 Home 64bit

a. GNS 3

GNS 3 (Graphical Network Simulator 3)

merupakan sebuah perangkat lunak jaringan atau *Network Emulator* yang

memungkinkan untuk kombinasi [12]perangkat virtual dan aktual didalamnya. Pada penelitian ini menggunakan GNS3 yang berisikan Router Cisco C7200 beserta Firewall SDWAN Fortigate untuk mensimulasikan jaringan yang kompleks untuk emulasi untuk diemulasikan.

b. Fortigate

Fortigate merupakan sebuah perangkat keras untuk sistem keamanan pada jaringan. Fortigate memberikan controller bermacam dari firewall

tersebut, dari routing interior, ekterior hingga SDWAN. Fortinet Secure SD-WAN hanya terdiri dari industry perangkat lunak yang dikembangkan secara organik dilengkapi dengan platform ASIC accelerated untuk memberikan solusi SD-WAN paling komprehensif.

b. Spesifikasi Perangkat Keras

Selama tugas akhir ini membutuhkan perangkat keras sebagai *tools* , Perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut :

Jenis	Keterangan
Huawei Matebook D14	AMD Ryzen 7 3700 Processor @ 8GB SDRAM @512GB SSD

C. Implementasi dan Konfigurasi

Adapun tahapan implementasi serta konfigurasi pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Instalasi GNS3 sebagai Emulator (Tools).
2. Import template router dan lain-lain.
3. Membuat topologi MPLS dan SDWAN seperti gambar 1 dan 2.
4. Konfigurasi Pada Arsitektur MPLS.
5. Konfigurasi Pada Arsitektur SDWAN.

D. Skenario Pengujian

1. Skenario Uji Background Traffic

Pengujian pada penelitian pada topologi ini yang dilakukan secara *end-to-end*, background traffic yang digunakan adalah sebesar 1000MBps karena menggunakan *interface* atau kabel *gigabitEthernet* dimana mampu dibebani traffic sampai dengan 1000MBps, dilakukan dengan menggunakan aplikasi hping3 dengan packet sebesar 150000bytes sebanyak 10000count (melalui background traffic 1000MBps dengan menggunakan metode ping *source to destination*).

Pada Arsitektur MPLS source IP ditentukan dari aplikasi hping3 dimana pengiriman packet data dari source ujung kiri (R5) dengan IP Address 192.168.64.1

dan destination (R13) dengan IP Address 30.30.30.1 Selanjutnya untuk arsitektur SDWAN source (R10) dengan IP Address 10.10.10.1 dan destination ada pada R11 dengan IP Address 20.20.30.1 . Data yang diambil sebagai parameter adalah *Troughput*, *Delay*, dan *Packet Loss*. Untuk melihat performansi tersebut menggunakan ping.

Berikut contoh *command* dari penggunaan Hping3 dengan:

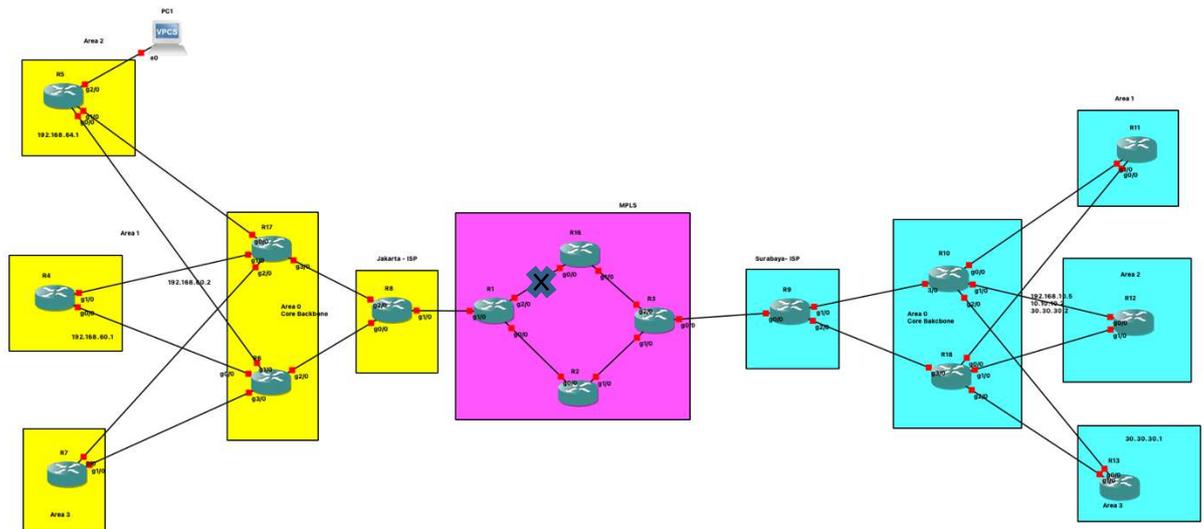
```
#sudo hping3 -c [berapa count] -d[berapa bytes data] -s[source port] -p[dest port]
```

Syntax	Keterangan hping3
-c	Jumlah count packet yang dikirimkan berapa kali
-d	Jumlah packet data yang dikirimkan dalam satuan Bytes (Bytes)
-p	Destination port atau IP tujuan
-s	Source port atau IP asal

2. Skenario Uji *Convergence Time*

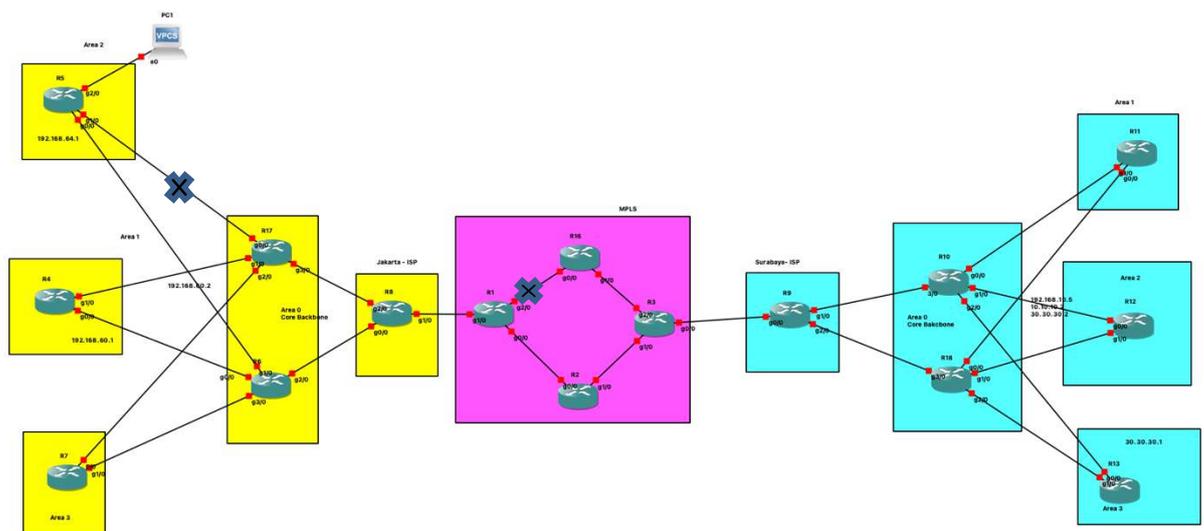
Pada Skenario pengujian kedua ini menggunakan *convergence time* dimana kedua arsitektur topologi baik MPLS dan SDWAN akan di ping sebanyak 4 kali tiap skenarionya tanpa menggunakan background traffic.

Dimana disaat ping berjalarn, terdapat link atau kabel interface dimatikan (*suspend*) secara tiba-tiba untuk melihat berapa waktu konvergensi yang dibutuhkan dengan metode maupun formula yang ada [13]. Berikut dibawah ini adalah skenario pengujian baik pada arsitektur MPLS dan SDWAN.



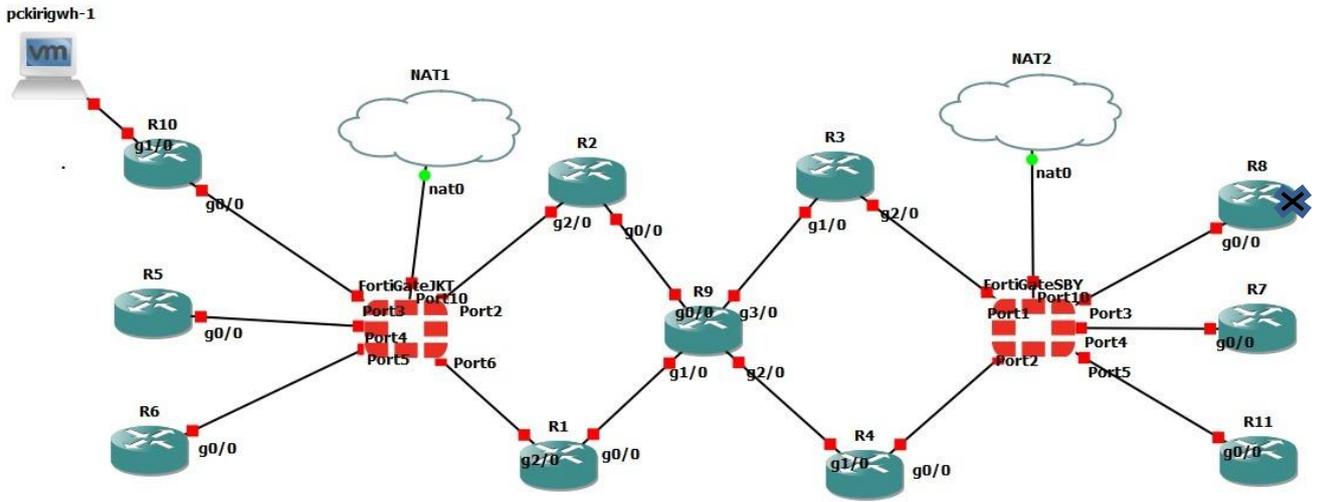
GAMBAR 3.4.2
SKENARIO 1, PEMUTUSAN 1 LINK PADA ARSITEKTUR MPLS

Pada gambar diatas, pada router R16 dan R1 di *suspend* 1 link untuk melihat performansi dari routing yang ada.



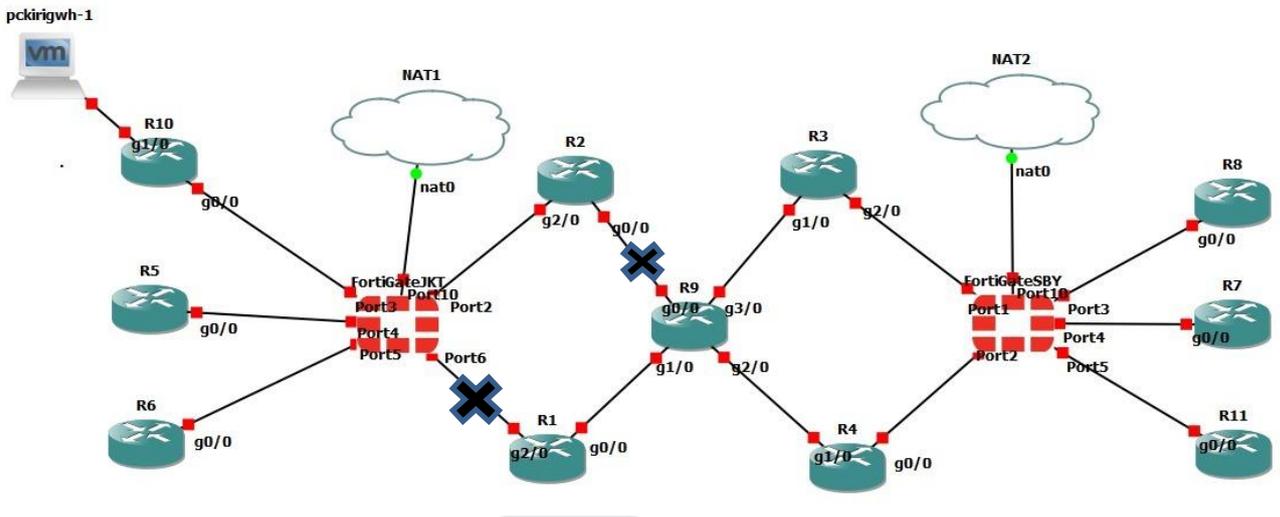
GAMBAR 3.4.3
SKENARIO 2, PEMUTUSAN 2 LINK PADA ARSITEKTUR MPLS

Pada skenario gambar diatas, terdapat 2 link yang diputus yaitu pada antara R16 dan R1, dan antara R5 dan R17.



GAMBAR 3.4.4
SKENARIO PEMUTUSAN 1 LINK ARSITEKTUR SDWAN.

Pada skenario diatas terdapat pemutusan 1 link diantara R2 dan R9.



GAMBAR 3.4.5
SKENARIO PEMUTUSAN 2 LINK ARSITEKTUR SDWAN

Pada gambar skenario diatas terdapat 2 link yang

diputus yaitu diantara R1 dengan Fortigate JKT, serta diantara R3 dan R9.

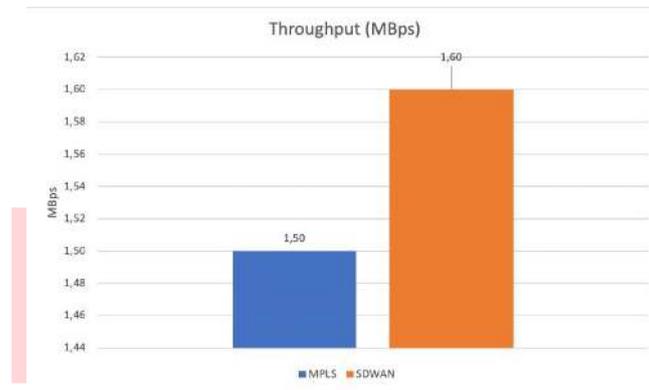
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Skenario Background Traffic

Hasil daripada pengujian ini terdapat berupa *Throughput*, *Delay*, serta *Packet Loss* dengan menggunakan ping.

1. Hasil Pengujian Throughput pada Arsitektur MPLS dan SDWAN

Hasil pengujian *throughput* antara arsitektur MPLS dan SDWAN dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



GAMBAR 4.1.1 THROUGHPUT PADA ARSITEKTUR MPLS DAN SDWAN

Dari grafik diatas terlihat hasil dari *throughput* atau jumlah packet data yang benar terkirim dalam waktu tersebut dengan pengukuran MBps. Nilai *throughput* daripada SDWAN lebih besar dibanding MPLS.

2. Hasil Pengujian Delay pada Arsitektur MPLS dan SDWAN

Hasil pengujian *Delay* antara arsitektur MPLS dan SDWAN dapat dilihat pada grafik dibawah ini :

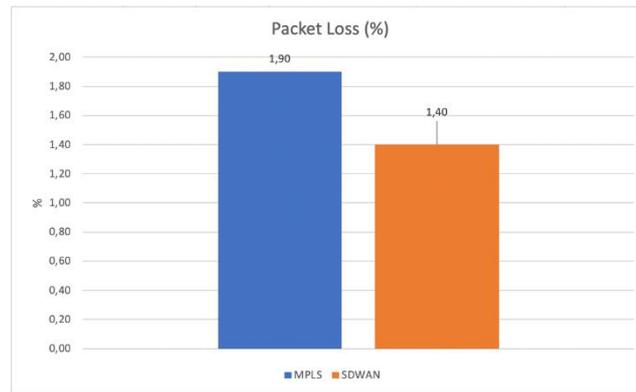


GAMBAR 4.1.2 DELAY PADA ARSITEKTUR MPLS DAN SDWAN

Dari grafik diatas terlihat Delay daripada Arsitektur MPLS dan SDWAN. Delay merupakan jeda waktu yang untuk menempuh dari jarak asal ke tujuan terlihat delay MPLS lebih besar daripada arsitektur SDWAN.

3. Hasil Pengujian Packet Loss pada Arsitektur MPLS dan SDWAN

Hasil pengujian *Packet Loss* antara arsitektur MPLS dan SDWAN dapat dilihat pada grafik dibawah berikut ini :



GAMBAR 4.1.3
HASIL PENGUJIAN PACKET LOSS PADA ARSITEKTUR MPLS DAN SDWAN

Dari grafik diatas terlihat *packet loss* daripada Arsitektur MPLS dan SDWAN. Terlihat *packet loss* MPLS lebih besar 0,4 % daripada arsitektur SDWAN.

SDWAN, dimana menunjukkan *packet* yang dikirim melalui SDWAN lebih pasti karena sifatnya *centralized* sehingga *packet* semua melalui hanya 1 pintu yaitu SDWAN Controller itu sendiri. Pada pengujian tersebut dilakukan menggunakan besaran *packet* 150000 Bytes dengan 10000 count dan itu mempengaruhi daripada performa QoS yang ada. Namun juga terdapat pengaruh dari batasan masalah pada penelitian ini yaitu *device* karena menggunakan masih menggunakan *Emulator* dimana masih ada beberapa faktor lain dibalik *device* ini..

a. Analisis Hasil QoS

Pada pengujian diatas terlihat hasil QoS yang ada daripada arsitektur SDWAN lebih unggul, Dikarenakan *traffic* yang diatur oleh Controller daripada SDWAN lebih cepat beradaptasi untuk *load-balancing* daripada MPLS yang belum *centralized*. Terbukti dari sifat SDWAN yang bersifat *centralized* dimana bisa mengatur untuk *traffic* yang dilalui daripada MPLS yang masih teknologi lama. Terlihat *throughput* yang dikeluarkan ialah sebesar 1,3 MBps untuk MPLS dan 1,5 MBps untuk

B. Hasil pengujian menggunakan *Convergence Time*

Dalam pengujian *Convergence Time* pada Arsitektur MPLS dan SDWAN menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Next-Best Egress Interface loss period [13]} \\ = (\text{packets transmitted} - \text{packets received from Next-Best egress Interface}) / \text{tx rate}$$

$$\text{Convergence Time [13]} \\ = \text{Next-Best Egress Interface loss period} - ((\text{Convergence Event Instant} - T_0')$$

CEI : Convergence Event Instant (Waktu mulai melakukan konvergensi)

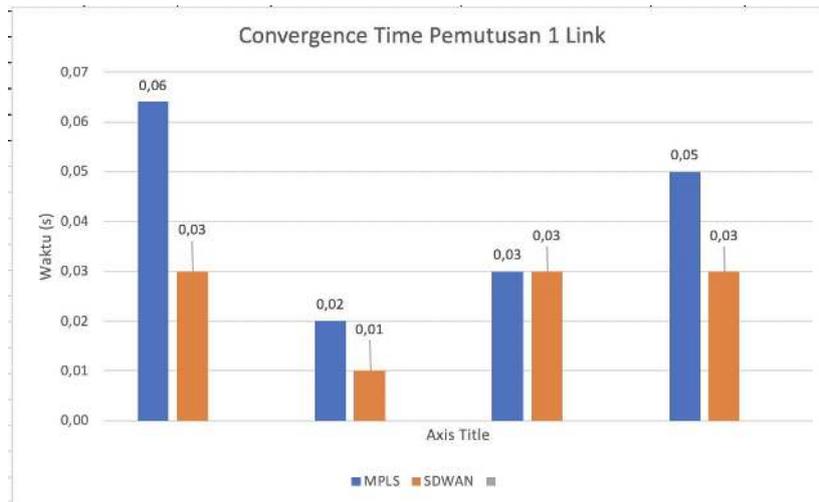
T₀' : Start Traffic Instant

T_a' : Next-Best Egress Interface loss period.

1. Hasil Pengujian Skenario *Convergence time* pada Arsitektur MPLS dan SDWAN Skenario 1

Pada uji coba *convergence time* pada arsitektur MPLS dan SDWAN dilakukan ping sebanyak 100 kali dengan ukuran paket sebesar 200 Bytes, selama

empat kali percobaan dengan salah satu link diputus. Dengan menggunakan rumus *convergence time* diatas, berikut hasil dari *convergence time* dari kedua arsitektur topologi yang ada sesuai tabel :



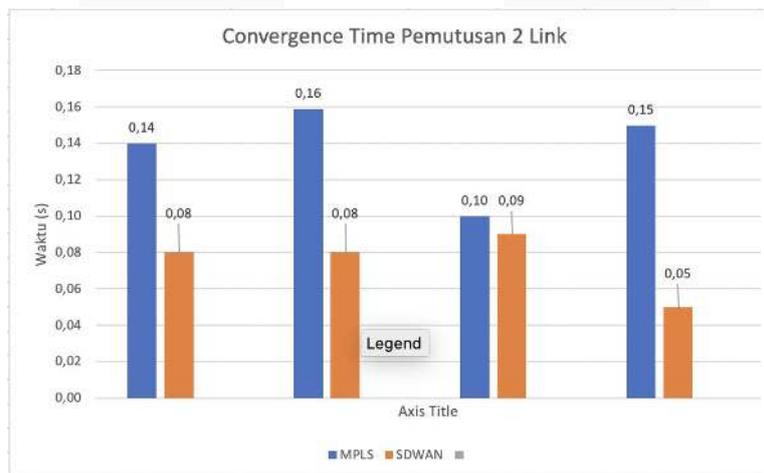
GAMBAR 4.2.1
HASIL PENGUJIAN CONVERGENCE TIME SKENARIO 1

Dari grafik diatas diperoleh informasi mengenai hasil dari *convergence time* dimana disaat ping dimulai lalu secara sengaja 1 *link* yang diputus baik pada arsitektur MPLS maupun SDWAN, maka terjadi sebuah *loss*. Packet Loss yang terjadi dikarenakan disaat traffic yang dilalui oleh packet mengalami putus, lalu *packet* tersebut mencari jalan sendiri hingga menemukan *routing table* yang ada, disitulah terlihat waktu konvergensi yang ada. Ini dinilai logis karena apabila ada salah satu *link* saja yang

terputus, maka jalur *routing* akan berubah, dan mencari jalur atau *link* yang tidak putus.

2. Hasil Pengujian Skenario *Convergence Time* pada Arsitektur MPLS dan SDWAN Skenario 2

Sama seperti pengujian sebelumnya, yaitu dilakukan ping sebanyak 100 kali selama empat kali percobaan setiap skenarionya dengan menggunakan cara memutus 2 *link* yang ada dengan penghitungan *convergence time* [13]. Berikut hasil dari *convergence time* dari arsitektur MPLS dan SDWAN yang ada :



GAMBAR 4.2.3
HASIL CONVERGENCE TIME SKENARIO 2

Pada gambar grafik diatas terlihat informasi yang diberikan dari hasil skenario untuk diputus 2 *link*, terjadi *loss* lebih besar, sehingga membuat hasil waktu konvergensi lebih lambat baik pada arsitektur MPLS maupun SDWAN daripada skenario 1 yang hanya memutus 1 *link* saja.

C. Analisis

1. Analisis Hasil *Convergence Time*

Setelah dilakukan pengujian pada kedua arsitektur jaringan tersebut, performansi routing daripada OSPF maupun BGP terlihat dengan menggunakan *convergence time*. *Convergence Time* sendiri adalah waktu yang dibutuhkan untuk

mendapatkan routing table dimana pada skenario 1 terlihat apabila hanya 1 link saja yang terputus, performa daripada routing untuk melakukan convergence time sangat singkat. Namun apabila semakin banyak link yang diputus, membutuhkan waktu lebih untuk dapat convergence dari router tersebut. Pada kedua skenario tersebut menunjukkan bahwa apabila 2 link yang terputus maka convergence time atau waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan routing table lebih lama daripada link yang diputus hanya 1 saja. Karena apabila 1 saja link yang terputus, maka hanya perlu mencari jalan dari pada yang terputus satu kali, namun apabila ada 2 link, maka perlu waktu lebih untuk mencari jalur yang ada. Dari hasil diatas terlihat lebih unggul dan lebih cepat pada arsitektur SDWAN. Ini dikarenakan arsitektur SDWAN memiliki karakteristik controller yang *centralized*, sehingga sifat dari Fortigate atau alat dari SDWAN tersebut dapat memberikan traffic yang lebih baik flownya. Apabila pada MPLS masih perlu mencari jalurnya sendiri, namun untuk SDWAN melalui controller nya dapat *me-load balance* traffic maupun paket yang ada sehingga lebih cepat dan terkontrol secara terpusat. Selain dari itu terdapat batasan juga pada perangkat keras (device) yang digunakan serta emulator dapat juga mempengaruhi kinerja maupun performansi dari arsitektur SDWAN maupun MPLS.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil daripada penelitian ini pada arsitektur topologi MPLS dan juga arsitektur topologi SDWAN dengan menggunakan aplikasi emulasi GNS3 yang didalamnya terdapat routing BGP sebagai routing eksterior maupun routing OSPF sebagai routing interior, pada Arsitektur SDWAN menggunakan router dari Fortigate. Yang terjadi pada pengujian convergence time diatas adalah, Arsitektur MPLS mendapatkan waktu lebih lama untuk waktu konvergensi dibanding arsitektur SDWAN yang lebih cepat. Dimana waktu tersebut sebelumnya berpengaruh dengan banyaknya link yang diputus, namun selain banyak link yang diputus, faktor dari *centralized controller* juga berperan penting, sehingga arsitektur jaringan tidak perlu berpikir sedikit lama untuk mendapatkan konvergensi waktu. Untuk pengambilan data berupa QoS juga

berpengaruh, yakni SDWAN lebih unggul dikarenakan terdapat controller nya sendiri yang bersifat mandiri untuk bekerja, serta tidak membutuhkan *routing* satu per satu layaknya arsitektur MPLS.

Pada penelitian kali ini terdapat beberapa kekurangan seperti jumlah parameter yang digunakan, maupun akurasi pada penghitungan parameter dikarenakan adanya keterbatasan pada *resource device* yang digunakan berpengaruh pada kinerja maupun performansi daripada emulasi yang ada. Penggunaan arsitektur MPLS juga merupakan teknologi lama dan belum 100% *apple to apple* apabila disandingkan dengan SDWAN, Karena SDWAN adalah teknologi WAN. Namun daripada itu MPLS merupakan teknologi WAN dan bisa digunakan untuk SDWAN selain MPLS juga dapat membandingkan dengan teknologi WAN lainnya seperti Metro-E yang merupakan arsitektur teknologi WAN lainnya. Untuk perhitungan convergence time juga masih banyak mengacu pada 1 hingga 2 *paper* acuan, disarankan untuk lebih mendapat referensi lebih dan pasti untuk penghitungannya agar lebih *valid*.

REFERENSI

- [1] S. Sanagavarapu and S. Sridhar, "Dynamic Routing Framework Proposal for SDWAN using Topology-based Multitask Learning," Dec. 2020. doi: 10.1109/ICRAIE51050.2020.9358315.
- [2] Surya Engineering College and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Design and Simulation of Traffic Engineering using MPLS in GNS3 Environment*.
- [3] S. Ummi Masruroh, M. Fathul Iman, and A. Fiade, "Performance Evaluation of Routing Protocol RIPv2, OSPF, EIGRP With BGP."
- [4] IEEE Staff, *Fault Tolerant Traffic Engineering in Software-defined WAN**. IEEE, 2018.
- [5] J. Frnda, M. Voznak, and L. Sevcik, "Network performance QoS prediction," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2014, vol. 297, pp. 165–174. doi: 10.1007/978-3-319-07776-5_18.
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers and IEEE Communications

- Society, *Design and implementation SDN*.
- [7] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN): Architecture, Advances and Opportunities*.
- [8] *Efficient Approach for optimization in Traffic Engineering for Multiprotocol Label Switching*. IEEE.
- [9] D. Perakovic and L. Knapcikova, "Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures." [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/8197>
- [10] A. G. Biradar, "A Comparative Study on Routing Protocols: RIP, OSPF and EIGRP and Their Analysis Using GNS-3," Dec. 2020. doi: 10.1109/ICRAIE51050.2020.9358327.
- [11] I. J. Okonkwo and I. D. Emmanuel, "Comparative study of EIGRP and OSPF protocols based on network convergence," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 6, pp. 39–45, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110605.
- [12] "Getting Started with GNS3 | GNS3 Documentation," 2021. <https://docs.gns3.com/docs/> (accessed Dec. 16, 2021).
- [13] S. Poretsky Allot Communications B. Imhoff Juniper Networks K. Michielsen Cisco System, "Benchmarking Methodology for Link-State IGP Data-Plane Route Convergence," *Internet Engineering Task Force (IETF) Request for Comments: 6413*, pp. 1–42, Nov. 2011.