



Available online at : <http://bit.ly/InfoTekJar>

InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan

ISSN (Print) 2540-7597 | ISSN (Online) 2540-7600



Teknologi Jaringan

Analisis Perbandingan Implementasi Metode 6PE dan 6VPE pada Jaringan MPLS

Kukuh Nugroho, Bimo Kusdamarsasi Lanza, Eka Wahyudi

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, 53147

KEYWORDS

Dual-stack, MPLS, IPv4, IPv6, 6PE, 6VPE

CORRESPONDENCE

Phone: +62 81321829010

E-mail: kukuh@ittelkom-pwt.ac.id

ABSTRACT

The growth of Internet users and services such as video streaming and big data application make particular problems in the core network such as the depletion of IPv4 allocation, delay, and jitter. MPLS as technology in the core network is used for anticipating delay problems due to data traffic improvement on the Internet. To anticipate the growth of Internet users and the depletion of IPv4 allocation as an address to access the network, it needs the new version of IP that is IPv6 with a bigger amount of address allocation. The incorporation of those addressing mechanisms in the core network needs a particular method to exchange data between devices. This research compares two translation methods between 6PE and 6VPE in the MPLS-VPN network. The result of measurement of throughput shows that the use of the 6VPE method provides better efficiency of network used 15% than 6PE in the data rate of 2000 Kbps. The experiment is done by comparing the two methods in the MPLS-VPN network with only using the IPv4 addressing mechanism where the service used is video streaming.

ABSTRAK

Pertumbuhan pengguna Internet dan layanan yang digunakan seperti *video streaming* dan aplikasi dengan kebutuhan data besar membuat masalah tersendiri pada jaringan *core* seperti menipisnya alokasi IPv4, *delay*, dan *jitter*. MPLS sebagai sebuah teknologi yang diterapkan pada jaringan *core* digunakan untuk mengatasi masalah *delay* yang disebabkan oleh meningkatnya trafik data pada jaringan Internet. Antisipasi dari pertumbuhan pengguna Internet dan berkurangnya alokasi alamat IPv4 membutuhkan penggunaan versi IP terbaru yaitu IPv6 yang menyediakan alokasi alamat lebih banyak. Penggunaan mekanisme alamat IPv6 pada jaringan *core* membutuhkan metode dalam mempertukarkan data antar perangkat yang berbeda alamat IP. Pada penelitian ini dibandingkan dua metode translasi antara 6PE dan 6VPE yang diterapkan pada jaringan *core* MPLS-VPN. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *throughput* lebih baik dari sisi efisiensi penggunaan *bandwidth* saluran ketika digunakan metode 6VPE yaitu sebesar 15% dibandingkan dengan metode 6PE dengan *data rate* 2000 Kbps. Pengujian dilakukan dengan membandingkan dua metode translasi 6PE dan 6VPE dengan jaringan MPLS-VPN yang hanya menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4.

PENDAHULUAN

IP (*Internet Protocol*) merupakan protokol utama yang digunakan sebagai identitas perangkat dalam jaringan untuk berkomunikasi dan berkiriman pesan atau data. Peran IP sangat penting agar data dijamin tidak salah tujuan. Data perlu ditambahkan informasi alamat sumber dan penerima yaitu dengan menggunakan sebuah identitas berupa penggunaan IP. Setiap perangkat membutuhkan alamat IP agar dapat terhubung dan bertukar informasi atau data

dalam jaringan. Peran IP sangatlah penting terlebih pada jaringan dengan skala global seperti Internet yang menghubungkan perangkat (*user*) dalam satu dunia atau antar negara. Pertumbuhan pengguna Internet membutuhkan ketersediaan alamat IP yang semakin besar. Menurut data dari IDNIC (*Indonesia Network Information Center*) pada tahun 2020 [1], penggunaan alamat IP meningkat sebesar 52% dan akan terus bertambah sebanyak 26 Miliar hingga 50 Miliar. Ketersediaan pengalamatan dengan menggunakan IP versi 4 (IPv4) masih belum bisa mencukupi kebutuhan alamat IP pada pengguna Internet yang sudah mencapai di angka 50 Miliar. IPv4 sebagai

IP versi pertama hanya menyediakan alamat IP maksimal sebesar 3,7 Miliar [2]. Ketersediaan ini masih sangat kurang dengan kebutuhan alamat IP *public* saat ini. Solusi yang bisa digunakan adalah dengan menggunakan IP versi 6 (IPv6) yang memiliki ukuran bit yang lebih besar dibandingkan IPv4 yaitu sebesar 128 bit dibandingkan 32 bit yang digunakan oleh IPv4 [3]. Dengan menggunakan jumlah bit tersebut, IPv6 menyediakan alamat IP sebesar 340 *undecillion*. Nilai tersebut jauh lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan alamat IP pada jaringan Internet di masa mendatang, terlebih dengan sistem komunikasi M2M (*Machine to Machine*) pada implementasi perangkat IoT (*Internet of Things*) [4] yang dapat menambah perangkat dalam jaringan Internet selain perangkat komputer yang digunakan untuk mengirim dan menerima data.

Penggunaan alamat IPv6 sudah tidak dapat dihindarkan dengan bertambahnya perangkat yang terhubung dalam jaringan Internet. Penggunaan alamat IPv4 yang saat ini digunakan oleh perangkat *existing* juga masih dipertahankan, sehingga penggabungan mekanisme pengalamatan IPv4 dan IPv6 menjadi solusi bagi keterbatasan dan kekurangan alamat IPv4 *public*. Data yang berada pada jaringan IPv4 tidak bisa langsung digabungkan ke dalam jaringan IPv6, dan sebaliknya. Penggabungan antara keduanya memerlukan mekanisme translasi antara jaringan IPv4 dengan IPv6 [5] diantara metode yang digunakan adalah *tunneling*, *dual-stack*, dan *translation*. Penggunaan dan pemilihan metode translasi juga melihat implementasi dari metode pada jaringan. Sebagai contoh, implementasi pada jaringan *core* yang digunakan oleh *provider* (penyedia) jaringan akan menggunakan metode translasi yang berbeda dengan jaringan akses yang mengarahkan jaringan dari sisi *provider* ke *customer* (pelanggan). *Provider* jaringan harus menyediakan jaringan dengan jaminan layanan atau SLA (*Service Level Agreement*) yang baik kepada *customer* [6]. Jaringan *core* akan menampung trafik data yang lebih besar daripada jaringan akses karena jaringan tersebut akan digunakan untuk melewatkan trafik data antar beberapa pelanggan.

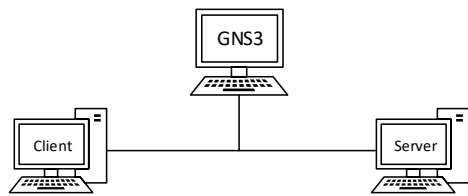
MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) merupakan protokol yang digunakan oleh penyedia layanan (*provider*) jaringan Internet atau ISP (*Internet Service Provider*). MPLS menawarkan kelebihan dalam kecepatan proses transfer data dibandingkan dengan teknologi sebelumnya seperti ATM atau Frame Relay [7]. Performansi jaringan MPLS juga meningkat dengan melakukan klasifikasi trafik data yang masuk pada perangkat penghubung. Klasifikasi trafik data yang bersifat *real-time* dan *unreal-time* menjadikan adanya prioritas dalam proses pengiriman data. Algoritma pengaturan trafik data dalam jaringan MPLS seperti WRED [8] menjadikan performansi jaringan meningkat baik dari sisi *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Trafik yang dijadikan prioritas untuk diteruskan ke tujuan dibandingkan tipe trafik data yang lain adalah tipe trafik yang bersifat *real-time* seperti *video streaming* atau VoIP (*Voice over IP*). Pengaturan trafik tersebut menjadikan terdapat jaminan QoS pada jaringan MPLS. Penyedia layanan jaringan untuk disewakan ke beberapa pelanggan juga harus mempertimbangkan masalah kualitas layanan jaringan kepada pelanggan yang menyewa jaringan. Konsep virtualisasi jaringan juga digunakan untuk menyediakan fasilitas tersebut, seperti dengan membuat jaringan pribadi atau VPN (*Virtual Private Network*). Pemisahan jaringan antar pelanggan yang berbeda menjadikan jaminan kualitas dari sisi keamanan data.

Efisien dalam proses konfigurasi apabila terdapat masalah dalam jaringan MPLS juga menjadi pertimbangan dalam menjamin kualitas jaringan selain masalah keamanan. Penambahan konsep jaringan SDN (*Software Defined Network*) digabungkan dengan konsep jaringan VPN juga menjadi percepatan dalam proses konfigurasi jaringan [9]. SDN memungkinkan hal ini terjadi dikarenakan pemisahan proses pengaturan perangkat dan forwarding data oleh perangkat. Semua proses pengaturan perangkat dalam jaringan dilakukan secara terpusat pada perangkat *controller*.

Pertumbuhan perangkat yang terhubung pada jaringan Internet yang melebihi dari kapasitas alamat yang disediakan oleh IPv4 dan kebutuhan kualitas layanan yang disediakan oleh para penyedia layanan (*network provider*) dengan menggunakan protokol MPLS digabungkan dengan teknologi VPN menjadikan masalah sendiri bagi *network provider* tersebut. Kebutuhan akan alamat IP disolusikan dengan menggunakan alamat IP versi 6 (IPv6) yang menyediakan ketersediaan alamat IP yang lebih besar dibandingkan IPv4. Namun, perangkat yang sebelumnya sudah menggunakan alamat IPv4 tidak bisa langsung tergantikan dengan alamat IPv6. Perangkat dengan alamat IPv4 akan tetap menggunakan alamat IPv4 dan perangkat baru yang akan terhubung ke dalam jaringan Internet dan tidak mendapatkan alokasi alamat IPv4 menggunakan alamat IPv6. Dari kasus ini, diperlukan adanya metode untuk menghubungkan jaringan yang menggunakan IPv4 dengan jaringan IPv6. Penelitian ini menganalisa penggunaan metode translasi 6PE dan 6VPE pada jaringan *core* yang mengimplementasikan protokol MPLS. Kedua metode translasi tersebut digunakan pada penelitian karena memiliki kesamaan dari sisi fungsi yaitu untuk meneruskan paket yang berasal dari jaringan *customer* yang menggunakan alamat IPv6 ke dalam jaringan *core* milik *network provider* yang masih menggunakan IPv4. Hasil keluaran dari penelitian adalah menemukan solusi terbaik diantara dua pilihan metode translasi yaitu 6PE dan 6VPE yang akan diimplementasikan pada jaringan *core* MPLS. Pengujian dilakukan dengan membandingkan jaringan MPLS dengan hanya menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4 tanpa menggabungkan dengan alamat IPv6. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan parameter *delay*, *throughput*, dan *jitter*.

METODOLOGI

Pengujian penerapan metode translasi 6PE dan 6VPE yang diterapkan pada jaringan *core* MPLS menggunakan skala laboratorium. Pengujian berdasarkan skala emulasi menggunakan perangkat komputer. Emulasi jaringan MPLS yang menerapkan kedua metode translasi tersebut dilakukan pada perangkat komputer yang diaktifkan perangkat lunak GNS3. Jaringan MPLS mensimulasikan jaringan yang diterapkan oleh *network provider*, kemudian proses komunikasi dilakukan oleh perangkat yang terdapat pada jaringan *customer*. Pada pengujian digunakan tiga buah komputer, dimana salah satu komputer digunakan untuk membuat skenario topologi jaringan MPLS *core* seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perangkat laboratorium

Pengujian metode 6PE dan 6VPE membutuhkan tiga buah komputer secara fisik. Dua komputer yang lain difungsikan sebagai komputer *client* dan *server*. Posisi dari komputer yang diaktifkan GNS3, komputer *client* dan *server* terpisah secara fisik. Proses komunikasi dari komputer *client* menuju ke komputer *server* akan melewati komputer GNS3 yang difungsikan atau diibaratkan sebagai jaringan *core* yang mengaktifkan protokol MPLS.

Topologi jaringan uji diterapkan pada komputer GNS3 menggunakan dua skenario pengalaman yaitu jaringan dengan hanya menerapkan mekanisme pengalaman IPv4 dan gabungan antara IPv4 dengan IPv6. Skenario utama adalah jaringan dengan menerapkan gabungan skema pengalaman yaitu IPv4 dan IPv6 yang menggunakan dua metode translasi 6PE dan 6VPE. Skenario satu pengalaman yang hanya menggunakan IPv4 digunakan sebagai jaringan pembanding. Tujuan dari penelitian adalah membandingkan performansi metode translasi 6PE dan 6VPE, dan mengetahui performansi terbaik diantara keduanya, dimana parameter pembanding utamanya adalah jaringan yang hanya menerapkan mekanisme pengalaman IPv4. Pada perangkat laboratorium yang berupa perangkat PC (*Personal Computer*) digunakan menguji kedua metode translasi menggunakan spesifikasi yang sama dengan komputer *client* maupun *server* yaitu komputer dengan RAM 4 GB, *processor* Intel 2 core, dan sistem operasi Windows. Ketiga komputer terhubung dengan media kabel UTP dan Ethernet sebagai protokol di layer *data link* dengan kecepatan 100 Mbps.

Semua aliran trafik data antara komputer *client* dan *server* akan melewati komputer pusat yaitu komputer GNS3 sebagai representasi jaringan *core* milik *network provider* yang mengaktifkan protokol MPLS. Konsep komunikasi antara komputer *client* dan *server* dibuat dapat merepresentasikan sebuah layanan yang bersifat *real-time*, karena pada penelitian ini

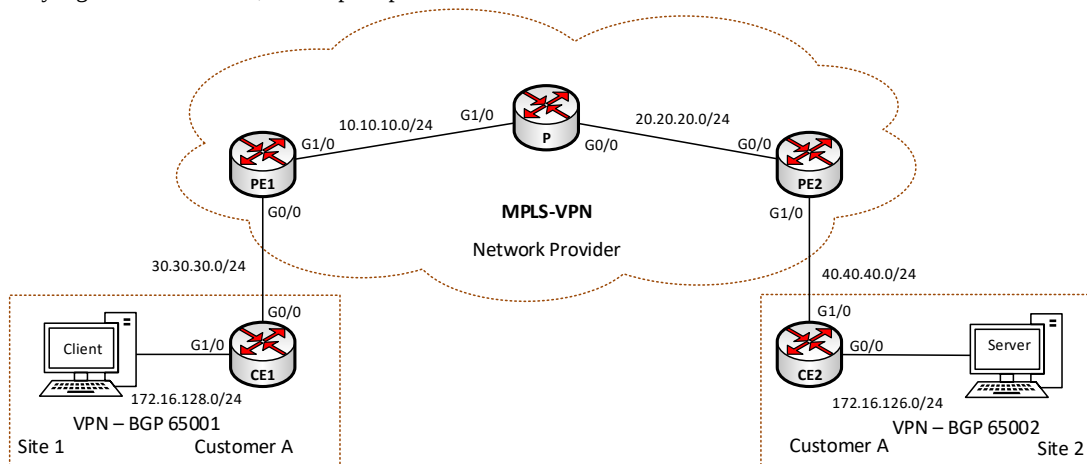
menggunakan layanan *video streaming* yang diakses oleh pelanggan dalam jaringan. Pada komputer *server* diaktifkan dan digunakan perangkat lunak VLC Media Player untuk menjalankan *video streaming* yang akan diakses dari komputer *client*. Penggunaan perangkat lunak ini bersifat *open source* dan dapat mengatur ukuran dari resolusi *video* yang dikirimkan ke komputer *client*. Pengujian ini menggunakan dua ukuran resolusi dari *video* yaitu 720 pixel dan 1080 pixel yang diuji dan dibandingkan dengan dua ukuran *bit rate* yang juga berbeda yaitu 2000 Kbps dan 5000 Kbps. Hubungan antara perbedaan ukuran resolusi dan kecepatan *bit rate* data dari *video streaming* diujikan dengan menerapkan dua metode translasi yang berbeda yaitu 6PE dan 6VPE pada jaringan MPLS. Pengujian dilakukan dengan menggunakan parameter uji *delay*, *jitter*, dan *throughput*. Pengukuran nilai *throughput* dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) [10].

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Bandwidth}}{\text{Delay}} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1) dinyatakan bahwa nilai *throughput* berbanding terbalik dengan nilai *delay*. Pengukuran dilakukan pada sisi komputer *client* dengan cara mengaktifkan perangkat lunak *wireshark* yang digunakan untuk menangkap paket yang diterima dan dikirimkan oleh komputer *client*. Perangkat lunak tersebut digunakan untuk mengukur performansi jaringan dilihat dari ketiga parameter uji tersebut.

A. Perancangan Jaringan Uji

Perancangan topologi jaringan uji dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GNS3 yang teraktifkan pada komputer GNS3. Posisi komputer tersebut pada skema pengujian lab terlihat pada Gambar 1. Pengujian jaringan akan menggambarkan pola hubungan antara jaringan milik *network provider* yang menggunakan protokol MPLS pada jaringan *core*-nya dan menyewakan jaringan-nya kepada *customer*. Pada saat menggambarkan skenario gambar topologi akan membagi dua wilayah jaringan yaitu jaringan *provider* dan *customer*. Skenario pembuatan topologi jaringan dibuat menjadi dua bagian yaitu skenario pertama adalah jaringan yang semua perangkat dalam jaringan menggunakan mekanisme pengalaman IPv4 dan skenario kedua adalah penggabungan antara jaringan IPv6 pada sisi *customer* dan IPv4 pada sisi jaringan *core* (jaringan milik *network provider*).

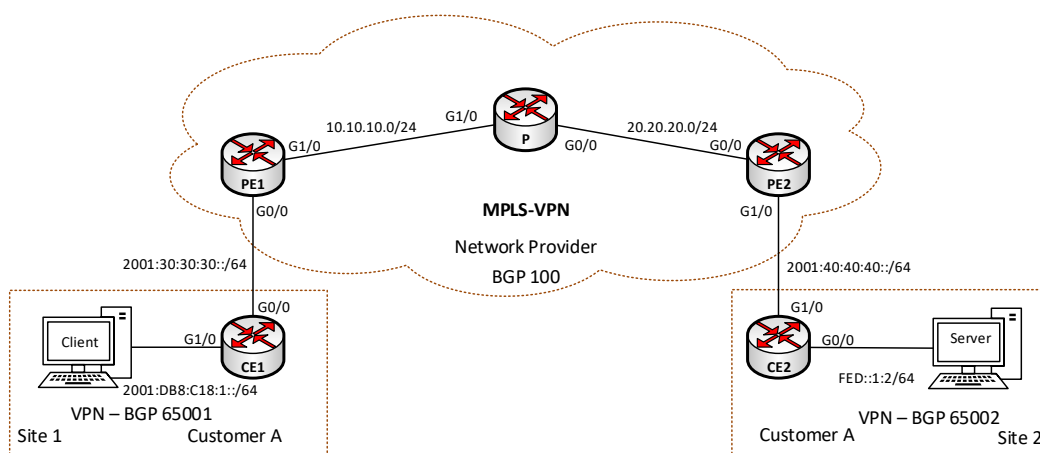


Gambar 2. Topologi jaringan uji pada skenario pertama

Skenario perancangan topologi jaringan uji MPLS dengan tanpa menerapkan metode translasi 6PE dan 6VPE terlihat pada Gambar 2. Semua interface perangkat baik itu komputer *client*, *server*, dan router baik pada jaringan *customer* dan *provider* menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4, namun pada router PE (*Provider Edge*) tidak diaktifkan metode translasi 6PE maupun 6VPE. Skenario perancangan topologi jaringan diasumsikan jaringan milik *network provider* sudah mengaktifkan protokol MPLS dan menggabungkan dengan mekanisme jaringan pribadi (VPN). Mekanisme dalam membuat jalur pribadi dilakukan dengan menggunakan VRF (*Virtual Routing and Forwarding*) yang diaktifkan pada kedua router PE (PE1 dan PE2). Perancangan jaringan menggunakan protokol IP. Skenario pengalamatan kelas pada perancangan jaringan uji pertama menggunakan dua kelas IPv4 yang berbeda yaitu kelas A dan B. Pada jaringan milik *customer* digunakan kelas B dengan alamat *classful* 172.16.0.0/16. Pengalokasian IPv4 kelas A digunakan pada jaringan milik *provider* baik pada jaringan *core*

atau jaringan yang mengarah ke jaringan *customer*. Alokasi alamat IP *classful* dari kelas alamat *network*-nya adalah 10.0.0.0/8, 20.0.0.0/8, 30.0.0.0/8, dan 40.0.0.0/8.

Penerapan metode translasi 6PE dan 6VPE terdapat pada skenario perancangan topologi uji kedua seperti yang terlihat pada keterangan Gambar 3. Pada perancangan skenario jaringan uji yang kedua digunakan mekanisme pengalamatan IPv6 pada sisi jaringan *customer*. Ketika paket *request* dikirimkan dari komputer *client* yang berada pada jaringan *customer* yang menggunakan mekanisme pengalamatan IPv6 menuju ke komputer *server* akan melewati jaringan MPLS milik *provider* yang menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4. Pertukaran data antar dua wilayah jaringan yang menggunakan mekanisme pengalamatan yang berbeda memerlukan metode translasi agar data dapat dipertukarkan. Pada skenario perancangan topologi jaringan uji pada Gambar 3 mengaktifkan 6PE dan 6VPE pada router PE1 dan PE2.



Gambar 3. Topologi jaringan uji pada skenario kedua

Proses translasi akan dilakukan pada router PE1 dan PE2, karena pada router tersebut adalah router penghubung dengan router *customer* yaitu CE (*Customer Edge*). Pada router PE dibuat konsep jaringan *virtual* (VPN) yang dikhususkan untuk jaringan milik *customer* A. Informasi paket/data yang dipertukarkan antara komputer *client* dan *server* akan menggunakan jalur tersendiri (*private*) pada sisi jaringan *provider*. Data berupa *video streaming* akan dikirimkan dari komputer *server* menuju komputer *client* dengan ukuran resolusi dan *bit rate* yang berbeda. Metode translasi 6PE dan 6VPE yang diaktifkan pada router PE akan sama-sama menggunakan dasar konsep *dual-stack* [11], dimana pada router PE akan diaktifkan dua mekanisme pengalamatan IPv4 dan IPv6 sekaligus. Paket atau data yang terlewatkan dalam jaringan MPLS akan dibawa oleh protokol LDP lewat peran komunikasi protokol BGP dalam jaringan MPLS. Dengan bantuan protokol BGP, antar router PE saling bertukarkan label sehingga paket bisa sampai dari PE1 menuju PE2 dan begitupula sebaliknya [12]. Pada perancangan jaringan uji kedua, jaringan *network provider* menggunakan identitas BGP 100, sedangkan sisi *customer* di *site-1* dan *site-2* berturut-turut menggunakan nomor AS 65001 dan 65002. Proses pertukaran label dalam jaringan MPLS dibantu oleh protokol *routing* yang diaktifkan pada masing-masing router dalam jaringan *network provider*. Pada perancangan jaringan uji digunakan protokol *routing* OSPF (*Open Shortest Path First*). Pengujian melakukan pengujian jaringan MPLS dengan membandingkan dua metode

translasi yaitu 6PE dan 6VPE dengan mengalirkan trafik data tipe *real-time* berupa *video streaming* dengan perbedaan ukuran resolusi yaitu 720p dan 1080p.

B. Konfigurasi Jaringan

Proses konfigurasi jaringan dimulai dari proses pemberian alamat IP pada masing-masing interface perangkat. Terdapat perbedaan skenario pengalamatan antara perencanaan jaringan pada skenario pertama, seperti yang terlihat pada keterangan Gambar 2 dan pembuatan rencana jaringan uji pada skenario kedua yang terlihat pada keterangan Gambar 3. Gabungan konfigurasi alamat IPv4 dan IPv6 terdapat pada perancangan jaringan uji menggunakan skenario kedua. Pengalamatan IPv4 hanya dilakukan pada jaringan *core* MPLS, sedangkan IPv6 digunakan pada jalur router PE ke CE dan jaringan *customer*.

```
PE1(config)#interface G1/0
PE1(config-if)#ip address 10.10.10.2 255.255.255.0
PE1(config-if)#interface G0/0
PE1(config-if)#ipv6 address 2001:30:30:30::2/64
```

Gambar 4. Konfigurasi IP

Gambar 4 menjelaskan hasil konfigurasi alamat IP pada sisi router PE1 yang mengarah ke router CE1 yang terdapat pada jaringan *customer* pada sisi *site-1*. Pada *interface* gigabit1/0 diberikan alamat IPv4 dengan alamat 10.10.10.2/24 dan *interface* yang lain yaitu gigabit0/0 yang mengarah ke jaringan *customer*

diberikan alamat IPv6 2001:30:30:30::2/64. Semua *interface* pada jaringan *customer* menggunakan alamat IPv6. Trafik data dari jaringan *customer* akan melewati jaringan *core* MPLS yang berbeda mekanisme pengalamatan-nya. Router penghubung antara jaringan *customer* dan *provider* adalah router PE. Peran dari router PE selain sebagai router yang akan diaktifkan metode translasi 6PE dan 6VPE juga sebagai router dalam membuat jaringan *private* (VPN) antar *customer*. Trafik antar *customer* akan dipecah dan dibedakan pada router tersebut. Trafik data akan melewati jaringan *core* MPLS dengan menggunakan bantuan protokol LDP (*Label Distribution Protocol*). Jalur terbentuk dalam jaringan *core* melalui proses pertukaran paket *update* dari protokol *routing* OSPF yang diaktifkan di dalam jaringan-nya. MPLS akan memanfaatkan fungsi *routing* dari protokol *routing* OSPF. Konfigurasi MPLS akan dilakukan pada semua router PE dan P pada jaringan *core*.

```
PE1(config)#ip cef
PE1(config)#mpls label protocol ldp
PE1(config)#interface G0/0
PE1(config-if)#mpls ip
```

Gambar 5. Konfigurasi MPLS

Percepatan proses *forwarding* diberikan pada jaringan *core* MPLS. Perintah *ip cef* diberikan pada saat konfigurasi MPLS seperti yang terlihat pada Gambar 5. Sebagai protokol distribusi label digunakan LDP. Perintah *mpls ip* diaktifkan pada masing-masing *interface* yang mengarah ke jaringan *provider*. *Interface* Gigabit0/0 pada router PE1 mengarah ke jaringan *provider*. Semua *interface* baik router PE dan P pada jaringan *core* diaktifkan MPLS.

Pendistribusian label yang berisi data yang dipertukarkan antara komputer *client* dan *server* selain menggunakan bantuan protokol *routing* OSPF juga BGP. Proses komunikasi antar router P dalam jaringan *core* MPLS menggunakan protokol *routing* OSPF, sedangkan BGP digunakan untuk mengkomunikasikan antar router PE. BGP mengenal komunikasi antar *area* dengan menggunakan identitas nomer AS (*Autonomous System*). Pada jaringan *core* digunakan nomer AS 100, sedangkan pada jaringan *customer* pada *site-1* dan *site-2* berturut-turut menggunakan nomer AS 65001 dan 65002. Penggunaan protokol BGP pada pengujian jaringan *core* MPLS juga untuk mengaktifkan metode translasi 6PE dan 6VPE yang diaktifkan pada router PE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

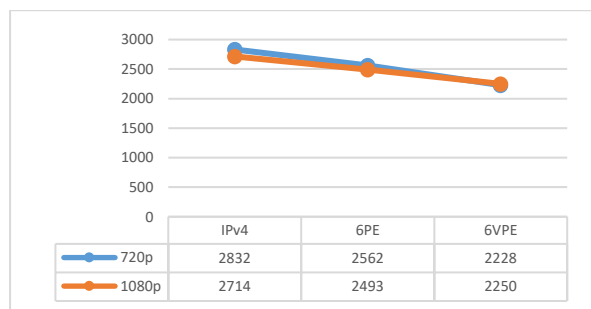
Pengujian jaringan *core* MPLS-VPN yang diimplementasikan untuk mekanisme transisi antara jaringan IPv4 pada sisi *core* dan IPv6 pada sisi *customer* menggunakan layanan *video streaming*. Konsep jaringan VPN memungkinkan memisahkan jaringan antar *customer*. Proses transisi dari data yang berada pada jaringan IPv4 ke IPv6 diperlukan adanya metode untuk mengubah format *header* dari IPv4 ke IPv6 dan sebaliknya. Penelitian ini menguji dua metode transisi dalam kategori *dual-stack* yaitu 6PE dan 6VPE yang diimplementasikan pada jaringan MPLS-VPN. Pengujian menggunakan tiga parameter uji yaitu *throughput*, *delay*, dan *jitter*. Ketiga parameter diuji pada jaringan MPLS-VPN yang menerapkan metode transisi 6PE dan 6VPE dengan menggunakan kombinasi nilai *bit rate* sebesar 2000 Kbps dan 5000 Kbps. Selain itu, kombinasi nilai resolusi dari video juga digunakan pada penelitian yaitu 720 *pixel* dan 1080 *pixel*. Pengukuran ketiga parameter uji *throughput*, *delay*, dan *jitter* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software wireshark*. Data yang mengalir dalam jaringan dapat ditangkap oleh *software* tersebut dan dilakukan proses perhitungan dari ketiga parameter uji jaringan *core* MPLS. Pengujian dilakukan sebanyak tiga puluh kali percobaan ulangan agar didapatkan hasil pengukuran yang optimal.

A. Pengukuran Parameter Throughput

Pengukuran parameter nilai *throughput* dilakukan pada sisi komputer *client* dengan menggunakan *wireshark*. Parameter *throughput* digunakan untuk mengetahui jumlah *bandwidth* sebenarnya yang digunakan oleh komputer *client* terhadap *bandwidth* yang digunakan pada *interface* perangkat NIC (*Network Interface Card*) milik komputer *client* ketika menerima kiriman data berupa pengiriman *file* berupa *video streaming* dari *server*. Komputer *server* akan mengirimkan data dengan ukuran resolusi dan kecepatan transfer data yang berbeda. Perbedaan masing-masing masukan dari data yang dikirimkan digunakan sebagai acuan dalam mengukur performansi metode transisi 6PE dan 6VPE yang diterapkan pada jaringan *core* MPLS-VPN. Hasil pengukuran parameter *throughput* dengan acuan resolusi video yang digunakan adalah 720p terhadap perubahan ukuran kecepatan transfer data video (*bit rate*) terdapat pada keterangan Gambar 6. Pengukuran nilai *throughput* juga didasarkan pada perubahan ukuran resolusi dari data *video streaming* yang dikirimkan pada komputer *client*. Hasil dari pengukuran terdapat pada Gambar 7.



Gambar 6. Throughput dengan resolusi 720p



Gambar 7. Throughput terhadap perubahan resolusi

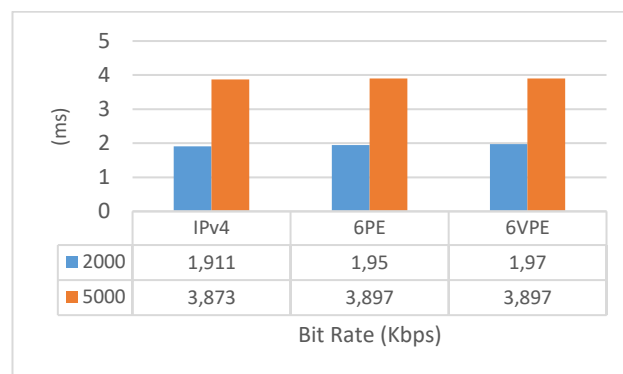
Pengujian metode transisi 6PE dan 6VPE dilakukan dengan membandingkan jaringan IPv4 seperti yang terlihat pada keterangan Gambar 2. Jumlah pengujian dan parameter mengubah yaitu ukuran resolusi dan kecepatan *bit rate* sama pada kedua skenario rancangan jaringan Gambar 2 dan Gambar 3. Hasil pengujian kedua metode transisi berdasarkan nilai throughput pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa penggunaan metode transisi 6VPE menghasilkan nilai *throughput* yang lebih kecil dibandingkan dengan 6PE maupun jaringan MPLS-VPN yang menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4 tanpa menggunakan mekanisme *dual-stack*. Nilai *throughput* kecil menandakan data yang dipertukarkan menggunakan ukuran yang lebih besar. Berdasarkan persamaan (1) dinyatakan bahwa nilai *throughput* berbanding terbalik dengan nilai *delay*. Apabila didapatkan nilai *throughput* kecil, maka dikarenakan dengan hal tersebut adalah diperoleh nilai *delay* yang besar. Kontribusi terbesar dari masalah *delay* besar adalah salah satunya adalah terkait ukuran data yang dilewatkan besar. Metode transisi 6VPE menggunakan ukuran data yang lebih besar dibandingkan dengan 6PE dikarenakan penggunaan metode 6VPE mewajibkan router PE mengelola tabel *routing* tersendiri antar *customer*.

Pengaturan informasi routing dalam tabel *routing* yang terpisah seperti yang diterapkan pada metode 6VPE menjadikan diperlukan *delay processing* yang lebih besar dibandingkan dengan metode 6PE. Perolehan nilai *throughput* terbesar dihasilkan ketika jaringan menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4 tanpa proses transisi pada router PE. Tercatat pada penggunaan resolusi 720p dan kecepatan data *rate* 2000 Kbps dihasilkan nilai *throughput* sebesar 2832 Kbps dibandingkan dengan 2228 Kbps yang merupakan nilai *throughput* ketika digunakan metode transisi 6VPE. Tren data nilai *throughput* yang dihasilkan menaik menggunakan kecepatan *data rate* yang lebih tinggi. Kecepatan *data rate* akan menaikkan nilai *throughput*. Pada keterangan Gambar 7 diukur performansi jaringan *core* MPLS-VPN membuat kecepatan *data rate* tetap dengan mengubah nilai resolusi dari data *streaming video* yang dikirimkan ke *client*. Data pengukuran memperlihatkan pengaruh nilai resolusi semakin besar menimbulkan nilai *throughput* menjadi lebih kecil. Pada hasil pengukuran dengan resolusi 720p dihasilkan nilai *throughput* sebesar 2228 Kbps dibandingkan nilai *throughput* sebesar 2250 Kbps. Nilai menurun dengan menaikkan nilai resolusi *video streaming*.

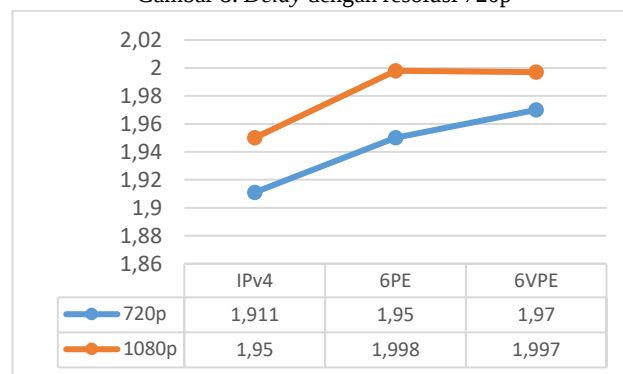
B. Pengukuran Parameter Delay

Pengukuran parameter nilai *delay* digunakan untuk menentukan kecepatan data terkirim ke perangkat penerima dilihat dari sudut pandang perangkat pengirim. Proses pengiriman data berupa *file video streaming* dengan kecepatan *data rate* dan resolusi *video*

yang berbeda dimulai dari komputer *client*. Data *request* akan dikirimkan oleh komputer *client* yang ditujukan kepada komputer *server*. Hasil *request* berupa pengiriman data *video streaming* akan dikirimkan oleh komputer *server*. *Software* bantuan VLC *media player* digunakan untuk proses pertukaran data *video streaming* antara komputer *client* dan *server*. Sama seperti pengukuran parameter *throughput*, pengukuran parameter *delay* juga dilakukan pada komputer *client* ketika komputer tersebut menerima kiriman data *video streaming* dari komputer *server*.



Gambar 8. Delay dengan resolusi 720p



Gambar 9. Delay terhadap resolusi

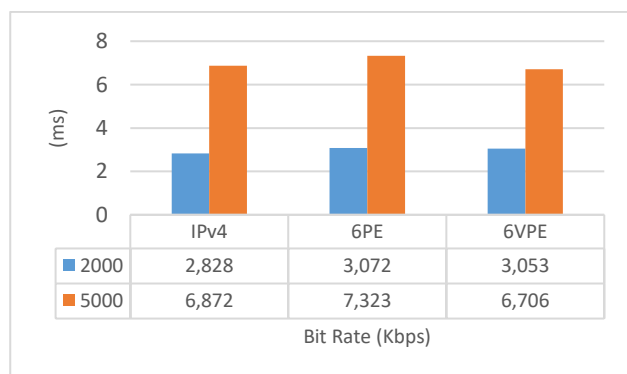
Skenario pengujian metode transisi 6PE dan 6VPE juga sama seperti pada pengukuran nilai *throughput*. Kedua metode transisi tersebut diaktifkan pada router PE pada jaringan *core* MPLS-VPN. Hasil pengukuran juga dibandingkan dengan jaringan *core* MPLS-VPN yang tidak menggunakan metode 6PE dan 6VPE seperti yang terlihat pada keterangan gambar perancangan topologi uji pada Gambar 2. Hasil pengukuran parameter nilai *delay* terlihat pada Gambar 8 dengan acuan nilai resolusi sebesar 720p. Perubahan nilai resolusi video juga diukur dan ditampilkan pada Gambar 9.

Hasil pengukuran nilai *delay* pada penggunaan metode transisi 6PE maupun 6VPE pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa penggunaan metode transisi 6PE menghasilkan nilai *delay* yang mendekati nilai sama ketika digunakan metode 4VPE. Hal ini terlihat ketika *data rate* yang digunakan sebesar 5000 Kbps. Namun ketika digunakan *data rate* sebesar 2000 Kbps terlihat bahwa penggunaan metode transisi 6PE menghasilkan nilai *delay* lebih kecil dibandingkan 6VPE. Hal ini terlihat bahwa penggunaan metode 6VPE yang mengklasifikasi tabel *routing* pada masing-masing jaringan *customer* pada router PE akan menghasilkan *delay* pada setiap perangkat (*delay processing*) lebih besar dibandingkan ketika digunakan metode 6PE yang mengatur semua informasi *routing* pada router PE pada semua

jaringan *customer*. Hasil pengukuran nilai *delay* juga linier dengan hasil pengukuran nilai *throughput* pada Gambar 6. Hasil keluaran nilai *delay* akan berbanding terbalik dengan nilai *throughput* sesuai pada persamaan (1). Pada hasil pengukuran dari keterangan Gambar 8 juga memperlihatkan bahwa penggunaan metode 6PE maupun 6VPE akan menghasilkan nilai *delay* yang lebih besar dibandingkan dengan jaringan yang hanya menggunakan pengalamatan IPv4 saja tanpa menggabungkan jaringan IPv4 dan IPv6. Seperti ketika digunakan *data rate* 2000 Kbps dihasilkan nilai *delay* pada penggunaan metode transisi 6PE sebesar 1,95 ms, kemudian nilai *delay* meningkat sebesar 1,97 ms ketika digunakan metode transisi 6VPE. Secara keseluruhan pada pengujian *delay* terlihat bahwa peningkatan kecepatan *data rate* pada saat pengiriman data *video streaming* akan meningkatkan nilai *delay*.

C. Pengukuran Parameter Jitter

Pengujian nilai *jitter* diperlukan untuk mengetahui hubungan dengan hasil pengujian nilai *delay*. *Jitter* merupakan variasi waktu antar kedatangan (iriman) data dari perangkat tujuan (pengirim) [13]. Perhitungan nilai *jitter* lebih ditekankan pada sisi perangkat, sedangkan *delay* lebih ditekankan pada sisi jaringan. *Jitter* dihitung dengan menggunakan acuan pengiriman data ke t_n dan dikurangkan nilai-nya dengan waktu pengiriman data ke t_{n+1} . Perbedaan dengan *delay* adalah ketika data keluar dari *interface* perangkat pengirim menuju ke penerima. Perhitungan nilai *jitter* juga dilakukan pada sisi komputer *client* dengan menggunakan *software wireshark* ketika menerima kiriman data *video streaming* dari *server*.



Gambar 10. Jitter dengan resolusi 720p

Seperti pada pengukuran *jitter* jaringan *core* MPLS-VPN dengan menerapkan metode transisi 6PE dan 6VPE menggunakan skenario pengujian yang sama seperti pada pengukuran parameter *throughput* dan *delay*. Hasil pengukuran dengan menggunakan parameter *jitter* terlihat pada Gambar 10. Hasil pengukuran nilai *jitter* memperlihatkan bahwa penggunaan kedua metode transisi memberikan nilai *jitter* yang lebih besar dibandingkan dengan jaringan *core* MPLS-VPN yang hanya menerapkan mekanisme pengalamatan IPv4. Proses transisi yang terjadi pada router PE memberikan pengaruh terkait penambahan nilai waktu dari kedatangan paket. Penambahan nilai *data rate* juga menambah nilai *jitter* pada semua skenario pengujian baik pada jaringan dengan hanya menggunakan mekanisme pengalamatan IPv4 maupun jaringan *core* MPLS-VPN dengan menerapkan metode transisi pada router PE. Penggunaan metode transisi 6VPE memberikan nilai *jitter* yang lebih baik dibandingkan dengan 6PE. Pada penggunaan *data rate* 2000 Kbps, pengujian

memberikan hasil nilai *jitter* 3,053 ms ketika digunakan metode transisi 6VPE dibandingkan ketika digunakan 6PE yang memberikan nilai yang lebih besar yaitu sebesar 3,072 ms. Hasil ini menunjukkan pemisahan jaringan antar *customer* pada router PE memberikan performansi yang lebih baik dari sisi parameter *jitter* dibandingkan dengan 6PE.

KESIMPULAN

Penerapan metode transisi 6PE dan 6VPE menggunakan prinsip kerja yang berbeda pada proses penanganan jaringan *customer* pada sisi router PE. Metode transisi 6PE tidak membuat tabel *routing* yang spesifik berdasarkan jumlah jaringan *customer* yang dihubungkan dengan jaringan *core* MPLS-VPN. Perbedaan dengan metode 6VPE yang membuat tabel *routing* tersendiri sesuai dengan jumlah jaringan *customer*. Perbedaan konsep pada penanganan tabel *routing* pada router PE menghasilkan perbedaan hasil disaat pengukuran performansi jaringan dengan menggunakan parameter *throughput*, *delay*, dan *jitter*. Pada pengukuran nilai *throughput*, hasil penggunaan metode 6VPE memberikan nilai *throughput* yang lebih baik dibandingkan dengan metode 6PE. Efisiensi penggunaan *bandwidth* terlihat pada saat metode transisi 6VPE diterapkan dalam jaringan *core* MPLS-VPN. Jika dibandingkan dengan jaringan IPv4, penggunaan metode 6VPE pada *data rate* 2000 Kbps memberikan efisiensi sebesar 21,32%. Nilai efisiensi tersebut masih lebih besar dibandingkan dengan 6PE yaitu sebesar 9,53%. Hasil pengukuran nilai *delay* masih belum memperlihatkan hasil yang sangat besar perbedaan pada penggunaan metode 6PE dan 6VPE. Namun, ketika ditelusuri lebih lanjut dengan menguji parameter *jitter* terlihat bahwa penggunaan metode 6VPE menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan 6PE. Karena *jitter* berkaitan dengan *delay*, maka dapat disimpulkan pada pengukuran *delay* juga dihasilkan nilai yang lebih baik ketika digunakan metode transisi 6VPE. Hasil pengujian memperlihatkan metode transisi antara jaringan IPv6 pada sisi jaringan *customer* dengan IPv4 pada sisi jaringan *core* MPLS-VPN lebih baik dengan menerapkan metode 6VPE. Pemisahan secara administrasi pada sisi router PE dengan membuat informasi *routing* yang terpisah antar memberikan performansi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia Network Information Center (IDNIC), "Gunakan IPv6," 2020. <https://idnic.net/community/ipv6>.
- [2] K. Nugroho, *Jaringan Komputer menggunakan Pendekatan Praktis*. Kebumen: MediaTera, 2016.
- [3] B. Jing, S., Cheng, J., Wang, Q., Zhao, Q., & Xiao, "Planning and Deployment of IPv6 Campus Network Based on eNSP," *Innov. Comput.*, pp. 385–395, 2022.
- [4] M. S. Novelan, Z. Syahputra, and P. H. Putra, "Sistem Kendali Lampu Menggunakan Nodemcu dan MySQL Berbasis IoT (Internet of Things)," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 1, 2020.
- [5] and M. K. Novriadi, Arif, Dodi Siregar, "Simulasi Jaringan MAN (Metropolitan Area Network) Menggunakan Metode Static Nat IPV4 Dan IPV6," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun.*, vol. 1, no. 1, pp. 69–76, 2021.
- [6] and K. P. J. Ganapathy, Divya Natolana, "A Semantically Rich Framework to Automate Cloud

- Service Level Agreements,” *IEEE Trans. Serv. Comput.*, 2022.
- [7] B. Saboka, “Improving the Quality of Service of Voice over Internet Protocol in Ethio Telecom Service Level Agreement Customers,” 2021.
- [8] L. D. D. Saputra and W. Sulisty, “Analisis QoS Differentiated Service pada Jaringan MPLS Menggunakan Algoritma Threshold,” *Anal. QoS Differ. Serv. pada Jar. MPLS Menggunakan Algoritma Threshold*, vol. 4, no. 4, pp. 227–236, 2017, doi: 10.25126/jtiik.201744427.
- [9] I. Ramadhan, U. A. Ahmad, and A. Tarihoran, “ANALISIS KINERJA JARINGAN L3VPN MPLS MENGGUNAKAN SDN CONTROLLER ONOS ANALYSIS OF L3VPN MPLS NETWORK PERFORMANCE USING ONOS SDN CONTROLLER,” vol. 8, no. 5, pp. 6047–6054, 2021.
- [10] J. Kaj, Ingemar; Olsen, “Throughput modeling and simulation for single connection TCP-Tahoe,” in *Proceedings of the International Teletraffic Congress*, 2001, pp. 705–718.
- [11] Amolak Networks, “IPv6 over MPLS – 6PE/6VPE,” 2017. <http://www.amolak.net/ipv6-over-mpls-6pe-6vpe/>.
- [12] K. Nugroho, *Router CISCO Implementasi MPLS VPN*. Yogyakarta: Teknosain, 2018.
- [13] IR Media, “Network Jitter - Common Causes and Best Solutions.” <https://www.ir.com/guides/what-is-network-jitter> (accessed Jan. 30, 2022).