

## Komparasi Static Routing Menggunakan IPv4 Dengan IPv6 Guna Meningkatkan Quality Of Service

Tommi Alfian Armawan Sandi<sup>1</sup>, Rachmat Adi Purnama<sup>2</sup>, Firmansyah<sup>3</sup>, Sujiliani Heristian<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Universitas Bina Sarana Informatika Fakultas Teknik dan Informatika

<sup>3</sup>Universitas Nusa Mandiri Fakultas Teknologi Informasi

e-mail: <sup>1</sup>[Tommi.taf@bsi.ac.id](mailto:Tommi.taf@bsi.ac.id), <sup>2</sup>[Rachmat.rap@bsi.ac.id](mailto:Rachmat.rap@bsi.ac.id),  
<sup>3</sup>[Firmansyah.fmy@nusamandiri.ac.id](mailto:Firmansyah.fmy@nusamandiri.ac.id), <sup>4</sup>[Sujiliani.she@bsi.ac.id](mailto:Sujiliani.she@bsi.ac.id)

Artikel Info : Diterima : 16-11-2021 | Direvisi : 08-01-2022 | Disetujui : 21-01-2022

**Abstrak** - Pemanfaatan teknologi di akhir-akhir ini semakin meningkat selaras dengan kenaikan perangkat yang dihubungkan ke internet. Kapasitas IP yang mencakup perangkat tersebut mulai tidak terkendali. Routing dibutuhkan ketika jaringan local sudah mulai kompleks terlebih trafik broadcast hanya terkonsentrasi di setiap subnet/network. Saat menggunakan IPv4 dan IPv6, diperlukan protokol routing untuk pertukaran data atau interkoneksi dari klien ke klien atau klien ke server. Kinerja perutean IPv4 menurun seiring dengan bertambahnya ukuran tabel routing, hal ini disebabkan oleh pengecekan header MTU pada setiap router dan hop switch. IPv6 dengan proses routing jauh lebih efisien daripada pendahulunya, dan juga memiliki kemampuan untuk mengelola besar kapasitas Tabel route, maka pada penelitian ini penulis membandingkan IPv4 dan IPv6 dalam hal efisiensi routing statis pada router MikroTik

**Kata Kunci** : *Routing, Static Routing, Troughput, Delay, Packet loss*

**Abstracts** - *The use of technology has recently increased in line with the increase in devices connected to the internet. The IP capacity that covers the device is starting to get out of hand. Routing is needed when the local network is already complex, especially broadcast traffic is only concentrated in each subnet/network. When using IPv4 and IPv6, a routing protocol is required for data exchange or interconnection from client to client or client to server. IPv4 routing performance decreases as the size of the routing table increases, this is due to checking the MTU header on each router and hop switch. IPv6 with its routing process is much more efficient than its predecessor, and also has the ability to manage the large capacity of the route table, so in this study the authors compare IPv4 and IPv6 in terms of static routing efficiency on MikroTik routers.*

**Keywords** : *Routing, Static Routing, Troughput, Delay, Packet loss*

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi akhir-akhir ini semakin meningkat, selaras dengan kebutuhan tiap pengguna dimasa pandemi ini. Setiap kegiatan baik itu perkantoran maupun Pendidikan mengalami perubahan pola yang luar biasa terutama kebutuhan akan internet dan gadget baik itu untuk belajar mengajar maupun work from home. Data menyebutkan bahwa jumlah pengguna internet di Indonesia meningkat menjadi 196,7 Juta jiwa hingga kuartal II 2020, jika pada tahun 2018 lalu jumlah pengguna internet di Indonesia hanya sebesar 171,2 juta jiwa (Pratama & Djumena, 2020) Setiap provider layanan internet pun berlomba demi mendapatkan pelanggan yang banyak, tidak heran para penyedia layanan tersebut menurunkan harga tarif paket data sesuai perekonomian warga. Pada dasarnya kebutuhan internet tidak bisa dilepaskan dari protocol-protokol pendukungnya seperti IP Address, TCP dan UDP. Setiap gadget yang terhubung saat ini mayoritas menggunakan IP versi 4 untuk dapat terhubung ke internet, jumlah IP yang masih menggunakan 32 bit dapat mendukung 4.294.967.296 klien tidak sebanding dengan jumlah laju populasi global, nyatanya IPv4 sering mendapatkan masalah terlebih IP yang tidak mendapatkan internet. Para teknisi dari berbagai vendor perangkat jaringan computer membuat sebuah trobosan yaitu menggunakan NAT untuk sekedar memperlambat habisnya jumlah IPv4. Oleh karena itu, beberapa tahun ini banyak provider ataupun pengguna layanan internet beralih menggunakan IPv6 yang secara teori terbukti dapat mencakup seluruh populasi global.



Saat menggunakan IPv4 dan IPv6, diperlukan protokol routing untuk pertukaran data atau interkoneksi dari klien ke klien atau klien ke server. Kinerja perutean IPv4 menurun seiring dengan bertambahnya ukuran tabel routing, hal ini disebabkan oleh pengecekan header MTU pada setiap router dan hop switch. IPv6 dengan proses routing jauh lebih efisien daripada pendahulunya, dan juga memiliki kemampuan untuk mengelola besar kapasitas Tabel route, maka pada penelitian ini penulis membandingkan IPv4 dan IPv6 dalam hal efisiensi routing statis pada router MikroTik.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi metode penelitian tindakan atau penelitian eksperimen, dan langkah-langkah penelitian eksperimen pada dasarnya sama dengan penelitian lainnya. Menurut Gay dalam Tantoni (Tantoni et al., 2018) langkah-langkah penelitian eksperimental yang perlu ditekankan adalah:

1. Ada isu utama yang perlu dipelajari. Melakukan penelitian literatur dan penelitian dari beberapa sumber terkait, membandingkan dan menganalisis aplikasi IPv4 dan IPv6, serta merumuskan definisi operasional dan definisi istilah yang digunakan dalam penelitian.
2. Pilih subjek yang cukup untuk membagi variabel eksperimen (variabel eksternal dan variabel kontrol). Subjek didefinisikan sebagai properti yang "berubah" dari satu objek ke objek lainnya. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen pada aplikasi static routing pada mikrotik.
3. Membuat atau mengembangkan alat penelitian ini untuk analisis berupa perancangan topologi jaringan.
4. Pilihan desain penelitian. Dalam menyusun rencana penelitian analisis komparatif [Implementasi IPv4 dan IPv6 dalam State Routing, kegiatannya meliputi:
  - a) Semacam. Identifikasi variabel eksternal yang tidak diperlukan tetapi dibiarkan mencemari proses eksperimen. Dalam hal ini terkait dengan variabel IPv4 dan IPv6 yang digunakan.
  - b) Menentukan cara pengendalian. Dalam penelitian ini, QoS yang dianalisis meliputi parameter seperti delay, throughput, dan packet loss rate.
  - c) Pilih desain penelitian yang tepat sebelum menerapkannya di web.
5. Eksekusi Prosedur, setelah mendapatkan objek dalam penelitian selanjutnya adalah menjalankan semua skema penelitian supaya mendapatkan hasil yang sesuai.
6. Melakukan analisis data. Dengan melihat hasil throughput, delay, dan packet loss, mengkompilasi dan menguji data asli yang diperoleh setelah implementasi IPv4 dan IPv6 secara static routing. Tujuan pengaturan data akan menghasilkan kesimpulan terbaik pada dampak yang diharapkan.
7. Untuk membentuk suatu kesimpulan, hasil penelitian dari tahapan yang telah dilakukan dapat memberikan kesimpulan dan saran yang bermanfaat bagi peneliti selanjutnya.

### **IP ADDRESS (Alamat IP)**

Dalam istilah awam, ini kadang disebut sebagai kode identifikasi komputer di jaringan. Ini adalah kode penting dalam dunia internet. Alamat IP dapat disebut sebagai ID pengguna Internet, jadi satu alamat tidak boleh sama dengan yang lain. Internet Protocol pada awalnya dikembangkan untuk memfasilitasi hubungan antara beberapa organisasi yang berpartisipasi di Departemen Pertahanan AS, terutama ARPA. Sebelum perkembangan Internet Protocol, jaringan memiliki perangkat dan protokol sendiri yang digunakan untuk berkomunikasi satu sama lain. Selanjutnya dibuatlah protokol yang umum digunakan untuk menstandarisasi berbagai perbedaan penggunaan perangkat jaringan. (Huang & Wang, 2018)

### **Perbandingan Header IPv4 dan IPv6**

Protokol Internet adalah protokol yang dapat dirutekan melalui Jaringan. (Ashraf, Muhammad, et al., 2020) Tidak ada jaminan untuk mengirimkan paket melalui IP. Faktanya, Alamat IP mencoba yang terbaik untuk mengirimkan paket melalui jaringan dengan cara terbaik melalui rute yang berbeda (Liu et al., 2020). Beberapa protokol aplikasi seperti FTP, SMTP, dan HTTP memerlukan jaminan pengiriman paket. Untuk memberikan jaminan layanan pengiriman paket, protokol IP dikaitkan dengan protokol TCP pada lapisan transport. Paket-paket dipindahkan di jaringan dalam jalur yang berubah-ubah jika ada banyak jalur. Pada networklayer, segmen dienkapsulasi oleh header IP sebelum dikirim. Alamat IP sumber dan tujuan disertakan dalam header IP. IANA telah mendeklarasikan beberapa blok alamat IP dari kelas yang berbeda untuk jaringan pribadi (Ashraf, 2021). Alamat 169.254.0.0/16 dicadangkan untuk pengalamatan link-local. Semua alamat yang dicadangkan dan pribadi tidak dapat dirutekan melalui Internet. NAT diperkenalkan untuk menyediakan akses Internet untuk jaringan pribadi (Ashraf, Raza, et al., 2020).

### **Internet Protokol versi 4 (IPv4)**

Mayoritas lalu lintas Jaringan didasarkan pada IPv4. Dalam paket IPv4, header dan unit data merupakan bagian

dari paket tersebut. Sebelum mengirimkan paket melalui jaringan, header minimal 20 byte dikapsulasi dengan bagian Unit Data IPv4. Header IPv4 terdiri dari 14 bidang. Ukuran maksimumnya adalah 60-byte. Satu bidang adalah opsional. 4-bit pertama dari header adalah versi. Ini menunjukkan versi IP yang digunakan. Bidang TTL 8-bit membantu menghentikan paket agar tidak bergerak dalam loop di Internet. Setiap kali sebuah paket datang dan melewati satu node pada jaringan, maka field TTL-nya berkurang satu (Roddav et al., 2019). Ketika bidang TTL menjadi nol, node membuang paket. Bidang 16-bit header checksum digunakan untuk pengecekan error pada header. Ketika sebuah paket mencapai router, checksum dari header dihitung oleh router. Router membandingkan kedua nilai. Jika nilainya tidak cocok, router membuang paket. Bidang alamat IP sumber dan tujuan 32-bit digunakan untuk menyimpan alamat IP pengirim dan penerima masing-masing. Alamat ini dapat diubah dalam transisi oleh perangkat NAT (Ashraf, Muhammad, et al., 2020).

### Internet Protokol Versi 6 (IPv6)

Versi terbaru untuk pengalamatan IP adalah IPv6 yang seharusnya digunakan untuk generasi mendatang. Ini disebut arsitektur pengalamatan 128 bit. Total alamat IP-nya dapat dihitung dalam  $2^{128}$ , hampir  $3,4 \times 10^{38}$  total alamat IP. Nol yang paling berulang dapat direduksi menjadi titik dua ganda (Al-Fayyadh, 2018). Karena volume pengalamatan yang besar, tidak diperlukan Terjemahan Pengalamatan Jaringan. Tetapi beberapa rentang Alamat dapat dipesan oleh IANA standarnya. Di IPv6, teknik implementasi multicast baru telah diperkenalkan. Fitur baru Stateless Address Auto Configuration (SLAAC) diperkenalkan di IPv6 untuk menghilangkan server konfigurasi tambahan. Hal ini memungkinkan sebuah host untuk menghasilkan alamat sendiri menggunakan kombinasi alamat link-local dan informasi yang diiklankan oleh router. IPsec digunakan sebagai fitur keamanan bawaan di IPv6 dengan bantuan ekstensi header (Ashraf, A. Arfeen, et al., 2020). Ini adalah bagian wajib dari semua implementasi protokol IPv6. Header ekstensi membawa informasi opsional bersama dengan header IPv6. Header ekstensi menyediakan dukungan untuk fragmentasi. Ada beberapa jenis header ekstensi. Header IPv6 disederhanakan. Beberapa bidang dihapus. Ini hanya terdiri dari 8 bidang. Ukurannya tetap dan itu adalah 40-byte. 4-bit pertama dari header juga versi yang sama seperti di IPv4. Bidang TTL diganti dengan bidang Batas Hop 8-bit. Bidang 8-bit Header Berikutnya di header tetap menunjukkan jenis header ekstensi. Ukuran bidang alamat IP sumber dan tujuan ditingkatkan menjadi 128-bit. Bidang Flow Label 20-bit menyediakan rekayasa lalu lintas dan layanan QoS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

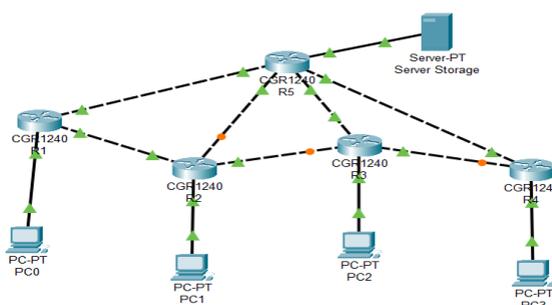
Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap mulai dari analisa kebutuhan sampai dengan pengujian jaringan yang telah dilakukan menggunakan mikrotik.

### 3.1. Analisa kebutuhan sistem

Dalam tahapan ini dilakukan pemilihan perangkat untuk menunjang experimental research, diantaranya pemilihan router mikrotik yaitu routerboard 951 yang memiliki 5 (lima) interface lan dan 1 (satu) interface wireless dengan versi routerOS 6.43.4. pada perangkat client yang akan digunakan yaitu computer (PC) dan server storage.

### 3.2. Desain Topologi Jaringan

Sebelum melakukan uji coba dan pengujian dari parameter yang akan digunakan sebagai penilaian kinerja static routing, maka pada penelitian ini digunakan topologi star dan untuk alamat IP dibagi menjadi 2 (dua) yaitu IPv4 dan IPv6. Perangkat yang akan digunakan terdiri dari 5 (lima) Router MikroTik dan beberapa komputer yang akan berperan sebagai klien yang meminta layanan dan 1 (satu) server sebagai pemberi layanan ke masing-masing klien. Topologi yang akan digunakan seperti gambar 1. pada tabel 1,2 terdapat alamat ip yang akan digunakan oleh masing-masing perangkat.



Gambar 1. Topologi Jaringan

Tabel 1. Alokasi Pengalamatan IP versi 4

Perangkat	Port	IPv4	Prefix
<b>R1</b>	Ether 1	5.5.5.1	/30
	Ether 2	1.1.1.0	/30
	Ether 3	192.168.50.1	/24
<b>R2</b>	Ether 1	1.1.1.1	/30
	Ether 2	2.2.2.0	/30
	Ether 3	6.6.6.1	/30
	Ether 4	192.168.100.1	/24
<b>R3</b>	Ether 1	2.2.2.1	/30
	Ether 2	3.3.3.0	/30
	Ether 3	7.7.7.1	/30
	Ether 4	192.168.150.1	/24
<b>R4</b>	Ether 1	3.3.3.1	/30
	Ether 2	4.4.4.0	/30
	Ether 3	192.168.200.1	/24
<b>R5</b>	Ether 1	4.4.4.1	/30
	Ether 2	5.5.5.0	/30
	Ether 3	6.6.6.0	/30
	Ether 4	7.7.7.0	/30
	Ether 5	192.168.137.1	/24
<b>PC0</b>		192.168.50.2	/24
<b>PC1</b>		192.168.100.2	/24
<b>PC2</b>		192.168.150.2	/24
<b>PC3</b>		192.168.200.2	/24
<b>SERVER STORAGE</b>		192.168.137.2	/24

Tabel 2. Alokasi Pengalamatan IP versi 6

Perangkat	Port	IPv4	Prefix
<b>R1</b>	Ether 1	F204:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 2	F200:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 3	2001:DB8:5::	/64
<b>R2</b>	Ether 1	F200:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 2	F201:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 3	F205:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 4	2001:DB8:4::	/64
<b>R3</b>	Ether 1	F201:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 2	F202:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 3	F206:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 4	2001:DB8:3::	/64
<b>R4</b>	Ether 1	F202:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 2	F203:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 3	2001:DB8:2::	/64
<b>R5</b>	Ether 1	F203:1DB8:ACAD:1::2	/64
	Ether 2	F204:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 3	F205:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 4	F206:1DB8:ACAD:1::1	/64
	Ether 5	2001:DB8:1::	/64
<b>PC0</b>		2001:DB8:5::1	/64
<b>PC1</b>		2001:DB8:4::1	/64
<b>PC2</b>		2001:DB8:3::1	/64
<b>PC3</b>		2001:DB8:2::1	/64
<b>SERVER STORAGE</b>		2001:DB8:1::1	/64

### 3.3. Implementasi static routing

Pada tahap ini dilakukan konfigurasi dan uji coba terhadap desain dari topologi yang telah dibuat untuk melihat hasil dari penerapan IPv4 dan IPv6 serta beberapa parameter yang digunakan yaitu Troughput, Delay dan Packet Loss.

### 3.4. Hasil uji coba static Routing IPv4

Pada tahapan ini penulis melakukan proses pengambilan data hasil performa dengan menggunakan aplikasi wireshark yang diterapkan dengan pengukuran yang meliputi packet loss, delay dan throughput melakukan pengiriman dokumen dari PC0 ke PC3. Berikut hasil yang didapatkan.

Tabel 3. Hasil performa Static Routing IPv4 dengan file 30 MB

Eksperimen ke-	Throughput (Mbps)	Delay (Sec)	Paket Loss (%)
1	0.2750	0.06109	0.074
2	0.4533	0.96310	0.096
3	0.6798	0.89814	0.021
4	0.6144	0.13058	0.021
5	0.7210	0.02458	0.064
6	0.8601	0.91475	0.022
7	0.4515	0.75076	0.083
8	0.6024	0.19912	0.067
9	0.7960	0.91658	0.094
10	0.7669	0.42603	0.063
<b>Total</b>	4.2204	5.2847	0.61
<b>Rata-Rata</b>	0.4220	0.5285	0.0605

Tabel 4 Hasil performa Static routing IPv6 dengan file 30 MB

Eksperimen ke-	Throughput (Mbps)	Delay (Sec)	Paket Loss (%)
1	0.1251	0.0430	0.0759
2	0.7875	0.7806	0.0044
3	0.6750	0.8768	0.0005
4	0.1009	0.1519	0.0325
5	0.3608	0.0522	0.0284
6	0.3292	0.7433	0.0445
7	0.9196	0.8871	0.0646
8	0.4558	0.3916	0.0461
9	0.5264	0.4105	0.0682
10	0.9131	0.7430	0.0650
<b>Total</b>	5.1936	5.0801	0.4302
<b>Rata-Rata</b>	0.5194	0.5080	0.0430

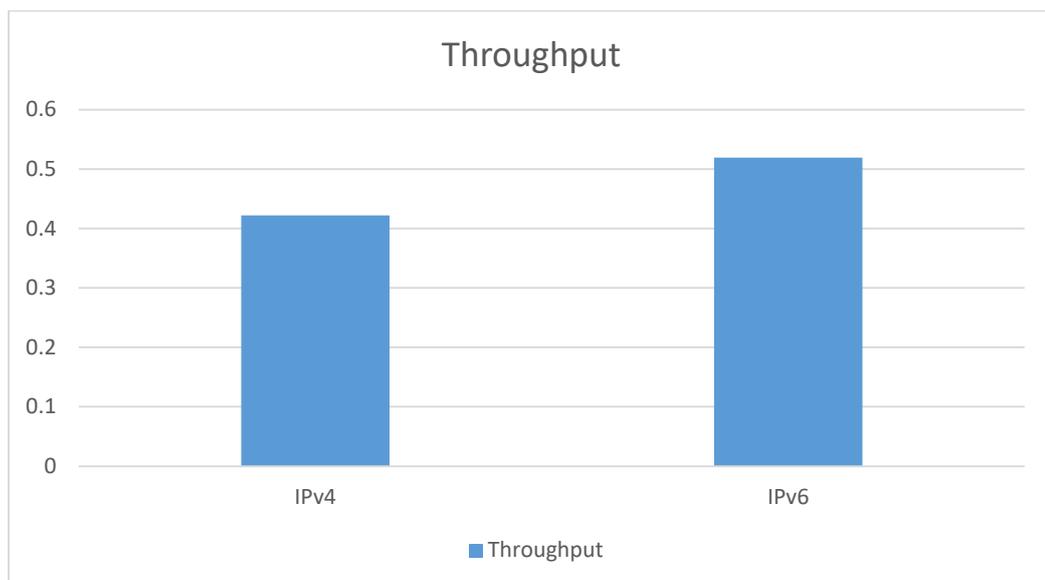
Setelah data didapatkan penulis menganalisa dari hasil-hasil pengujian dengan menguji 3 parameter yang telah ditentukan.

#### a. Pengukuran Throughput

Pengukuran ini dilakukan dengan mengamati pengiriman paket dari pengirim dan penerima data dalam proses download dengan memanfaatkan fitur yang terdapat di wireshark. Berikut ini adalah hasil dari besaran throughput berdasarkan analisa data pada pengamatan.



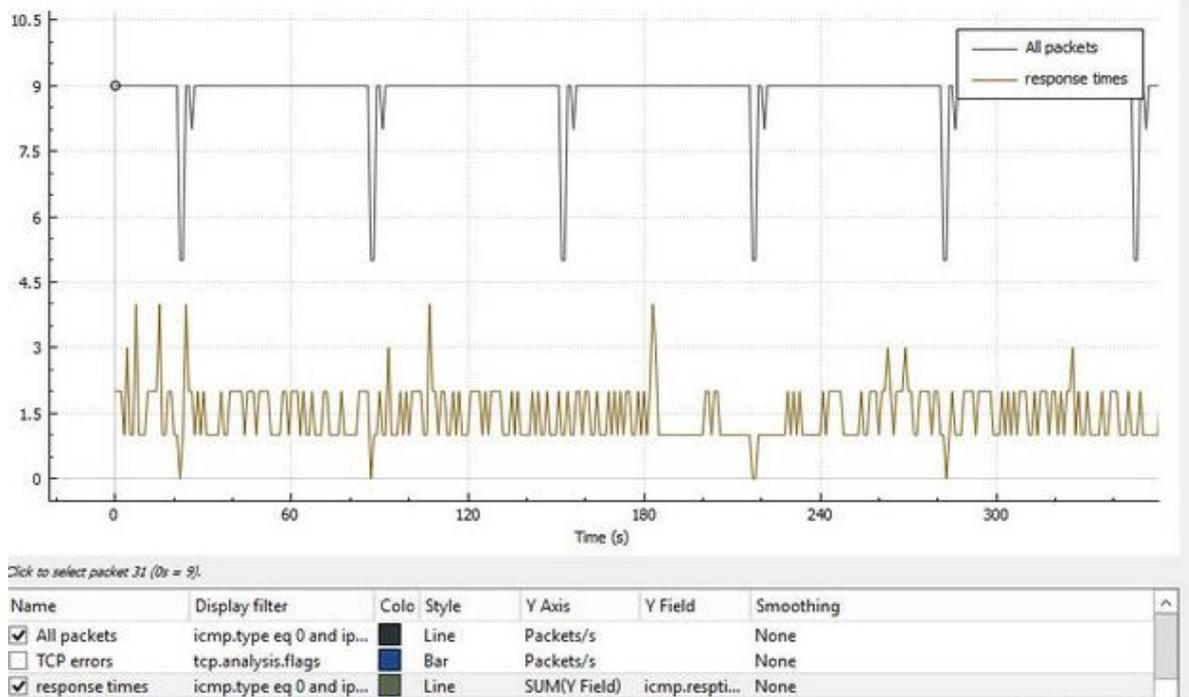
Gambar 2. Tampilan Wireshark Throughput



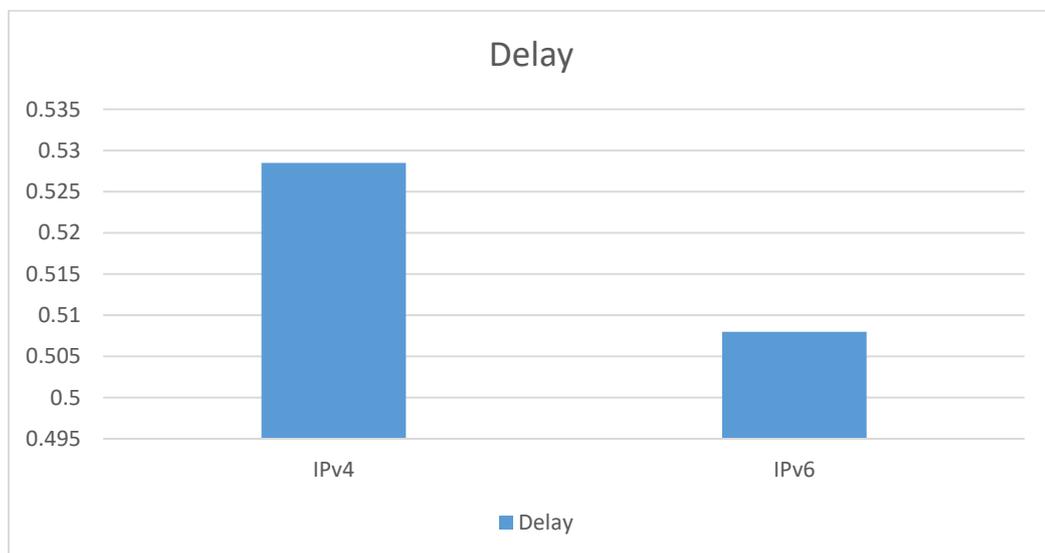
Gambar 3. Grafik perbandingan rata-rata Throuput dengan file 30 MB

b. Pengukuran delay

Pada pengukuran ini delay yang di ukur merupakan selisih waktu saat paket mulai mengirimkan dari pengirim ke penerima dari kegiatan download.



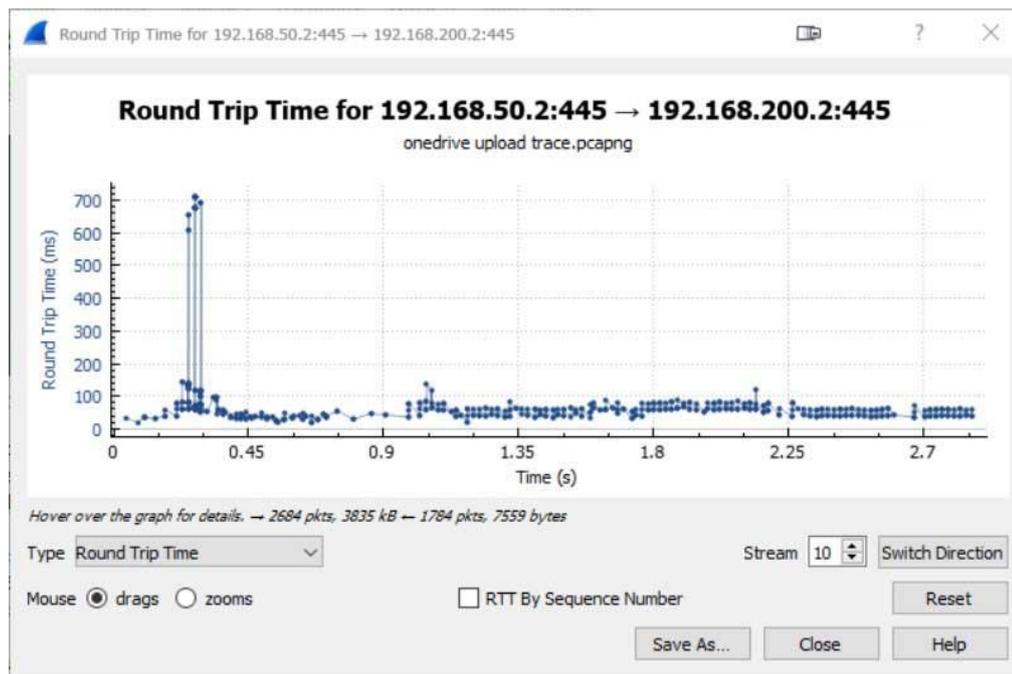
Gambar 4. Tampilan hasil respon time



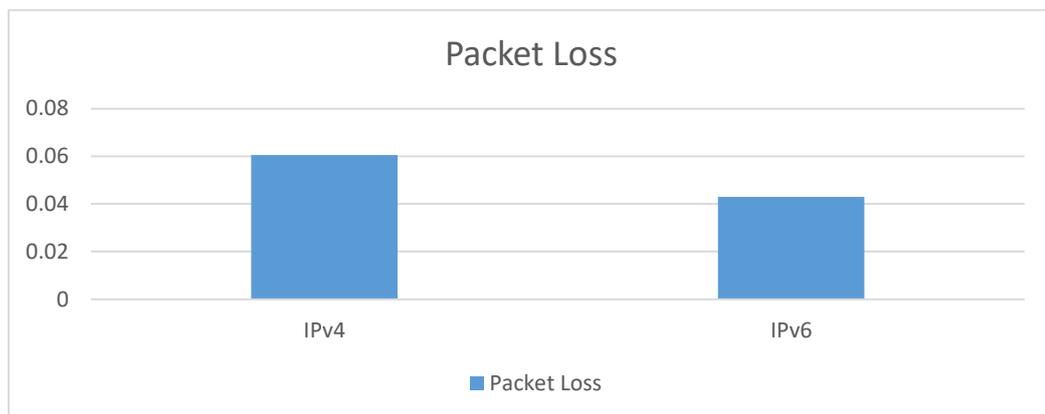
Gambar 5. Grafik perbandingan rata-rata delay dengan file 30 MB

c. Packet loss

packet loss adalah jumlah paket yang hilang pada proses pengiriman data asal satu titik ke titik lain. perhitungannya dilakukan dengan mengurangi jumlah paket yang dikirimkan menggunakan jumlah paket yang diterima.



Gambar 6. Tampilan Round Trip Time (Packet loss)



Gambar 4. Grafik perbandingan rata-rata packet loss dengan file 30 MB

## KESIMPULAN

Dengan pengujian yang telah catat dan dianalisa kinerja dari Ipv4 dan IPv6 yang digunakan guna meningkatkan Quality of service dengan static routing. Dapat disimpulkan bahwa :

1. Throughput menunjukkan perbedaan yang signifikan hal ini terjadi pada layer transport yang berbeda jenis IP saat pengiriman data yang akan menyebabkan kecepatan paket data yang diterima. Pada IPv4 didapatkan hasil rata-rata 0.422 dan 0.5194 pada IPv6. Menurut TIPHON semakin besar nilai throughput menandakan semakin baik, oleh sebab itu static routing menggunakan IPv6 lebih baik dibandingkan IPv4.
2. Perbandingan performa static routing pada parameter delay, dalam penelitian ini delay berpengaruh terhadap jaringan yang digunakan itu sebabnya delay tidak teratur. Pada pengujian dengan mengirimkan 30 MB file dokumen didapatkan hasil rata-rata 0.5285 pada IPv4 dan 0.5080 pada IPv6. Menurut versi TIPHON semakin kecil nilai delay maka semakin baik, itu sebabnya IPv6 lebih baik.
3. Dari data pengamatan packet loss IPv4 memiliki besaran rata-rata 0.0605% dan Ipv6 0.0430% dengan demikian IPv6 lebih baik dibanding Ipv4.

Saran untuk penelitian kedepan menggunakan parameter yang sama namun metode yang berbeda seperti

dynamic routing OSPF atau yang lain yang pastinya lebih kompleks.

## REFERENSI

- Al-Fayyadh, F. K. (2018). Performance of Wireless Network IEEE 802.11 under Dual-Stack Environment. *International Iraqi Conference on Engineering Technology and Its Applications, IICETA 2018*, 13–18. <https://doi.org/10.1109/IICETA.2018.8458070>
- Ashraf, S. (2021). A proactive role of IoT devices in building smart cities. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 1(August), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2021.08.001>
- Ashraf, S., A. Arfeen, Z., A. Khan, M., & Ahmed, T. (2020). SLM-OJ: Surrogate Learning Mechanism during Outbreak Juncture. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 6(5), 162–167. <https://doi.org/10.46501/ijmtst060525>
- Ashraf, S., Muhammad, D., & Aslam, Z. (2020). Analyzing challenging aspects of IPv6 over IPv4. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 6(1), 54. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v16i1.17105>
- Ashraf, S., Raza, A., Aslam, Z., Naeem, H., & Ahmed, T. (2020). Underwater resurrection routing synergy using astucious energy pods. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(5), 173–184. <https://doi.org/10.18196/jrc.1535>
- Huang, J. Y., & Wang, P. C. (2018). TCAM-Based IP Address Lookup Using Longest Suffix Split. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 26(2), 976–989. <https://doi.org/10.1109/TNET.2018.2815999>
- Liu, G., Quan, W., Cheng, N., Zhang, H., & Shen, X. (2020). VLI: Variable-Length Identifier for Interconnecting Heterogeneous IoT Networks. *IEEE Wireless Communications Letters*, 9(8), 1146–1149. <https://doi.org/10.1109/LWC.2020.2982641>
- Pratama, A. M., & Djumena, E. (2020). *Pengguna Internet Indonesia hingga Kuartal II 2020 Capai 196,7 Juta Orang*. Kompas.Com. <https://money.kompas.com/read/2020/11/09/213534626/pengguna-internet-indonesia-hingga-kuartal-ii-2020-capai-1967-juta-orang>
- Roddav, N., Streit, K., Rodosek, G. D., & Pras, A. (2019). On the Usage of DSCP and ECN codepoints in internet backbone traffic traces for IPv4 and IPv6. *2019 International Symposium on Networks, Computers and Communications, ISNCC 2019*, 6–11. <https://doi.org/10.1109/ISNCC.2019.8909187>
- Tantoni, A., Zaen, M. T. A., & Fadli, S. (2018). ANALISIS KOMPARASI PERFORMA JARINGAN KOMPUTER PADA IMPLEMENTASI IPv4 dan IPv6. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Elektronik*, 1(2), 55. <https://doi.org/10.36595/jire.v1i2.60>