IT-EXPLORE
Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi
ISSN 2828-7940, e-ISSN 2829-1727
Volume 03 Nomor 03 Tahun 2024

ANALISIS PENGARUH IPV4 DAN IPV6 PADA *QUEUING MECHANISM* DALAM MANAJEMEN JARINGAN

Bhaskara Isa Mahendra Kusuma Rachman [1)], Wiwin Sulistyo [2)]

[1,2)] Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi,
Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. O. Notohamidjojo 1-10, Blotongan, Salatiga, 50711.
Email: 672019127@student.uksw.edu[1], wiwin.sulistyo@uksw.edu[2]

Riwayat artikel:
Submitted: 28-06-2024 *Revised: 08-08-2024* *Published: 25-10-2024*

Abstrak **–** Dalam sebuah jaringan diperlukan sebuah alamat dalam bentuk *IP Address*. Penelitian ini akan membandingkan kedua versi *IP* yang ada yaitu *IPv4* dan *IPv6* pada mekanisme antrian sehingga dapat memberi gambaran apa pengaruh performa pada manajemen jaringan secara spesifik yaitu pada *bandwidth*, *latency*, dan *packet loss*. *Mekanisme Antrian* dalam jaringan merupakan proses bagaimana paket-paket *data* yang akan dikirim dari asal paket seperti *server* menuju ke klien yang meminta, metode antrian *Class Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)* merupakan metode Mekanisme antrian yang menggunakan metode *Class Based Queuing* untuk memilah paket *data* yang sudah ditentukan *user* seperti protokol *TCP* dan *ICMP* serta *Weighted Fair Queuing* sebagai penjadwal pengiriman paket data. Proses untuk melakukan analisis menggunakan *Network Development Life Cycle (NDLC)* yaitu melakuan analisis, desain, simulasi *prototype*, implementasi, *monitoring*, dan manajemen pada sebuah jaringan. Pada *IPv4 bandwidth* yang digunakan lebih tinggi daripada *IPv6*, tetapi *IPv6* lebih konsisten pada penggunaan *bandwidth*.Sementara pada *latency* perbedaannya hampir satu *milisecond* dan tidak didapati terdapatnya *packet loss*. Penggunaan rata-rata *bandwidth* pada *IPv4* adalah 94.315 *Mbits/sec* sementara pada IPv6 adalah 92.9625 *Mbits/sec*, rata-rata *latency IPv4* adalah 11.65 *milisecond* sementara pada *IPv6* adalah 12.4 *milisecond.* Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah acuan dalam transisi perubahan dari *IPv4* menjadi *IPv6* dalam jaringan yang telah diatur dengan *Mekanisme Antrian*.

Kata Kunci **–** *Mekanisme Antrian, IP,* Manajemen Jaringan

Abstract **–** *In a network, an address is needed in the form of an IP Address. This study will compare the two existing IP versions, namely IPv4 and IPv6 on the queue mechanism so that it can provide an overview of the effect of performance on network management specifically on bandwidth, latency, and packet loss. Queuing Mechanism in a network is a process of how data packets get sent from its source like server to the requesting client, a method of queuing that is Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ) is a method of Queuing Mechanism that use Class Based Queuing for sorting data packets that user set like TCP and ICMP protocols and Weighted Fair Queuing for a scheduler for data packets delivery. The process of analysis is using the Network Development Life Cycle (NDLC) that is doing Analysis, Design, Prototype Simulation, Implementation, Monitoring, and Management on a network. For IPv4 it uses more bandwidth than IPv6, but IPv6 has consistency in*

using the bandwidth and for Latency there are no packet loss found. For average bandwidth usage on IPv4 it is 94.315 Mbits/sec and on IPv6 it's 92.9625 Mbits/sec, average latency on IPv4 is 11.65 milisecond, and for IPv6 it is 12.4 Milisecond This research is expected to serve as a reference for the transition from IPv4 to IPv6 in networks that are managed with Queuing Mechanisms.

Keywords – *Queuing Mechanism, IP, Network Management*
.

I. PENDAHULUAN

Internet Protocol Address atau *IP Address* merupakan label unik pada perangkat yang terhubung pada sebuah jaringan komputer yang menggunakan *Internet Protocol*[1], terdapat dua versi untuk *IP Address* yaitu *IPv4* dan *IPv6*. *IPv4* telah menjadi *protocol Internet* dengan instrastruktur yang mapan dan penerapan yang luas. Namun seiring waktu semakin banyak alamat dari *IPv4* yang terpakai, mendorong adopsi *IPv6* yang menawarkan lebih banyak ruang alamat[2], [3]. Seiring beralihnya adopsi *IPv6* dalam jaringan dengan dukungan *IPv4* dan *IPv6*[4], pemahaman implikasi *IPv4* dan *IPv6* pada mekanisme antrian menjadi penting karena dengan pengetahuan dampak yang muncul pada performa pada saat menggunakan *IPv4* dan *IPv6* yang berfokus pada *bandwidth*, *latency*, dan *packet loss*.

Perkembangan jaringan komunikasi komputer yang menginginkan ketepatan dan kecepatan pada pengiriman data membuat perkembangan jaringan lebih pesat. *Mekanisme Antrian* merupakan salah satu bentuk cara mengendalikan paket data yang berjalan pada sebuah jaringan[5], sehingga Mekanisme Antrian juga merupakan salah satu bentuk Manajemen Jaringan. Dalam jaringan komputer modern, manajemen lalu lintas jaringan yang efisien menjadi krusial untuk memastikan kinerja yang optimal sehingga dapat memberi kualitas layanan baik serta pemanfaatan sumber daya jaringan lebih efisien[6], [7]. Mekanisme antrian memiliki peran penting dalam menghindari kemacetan atau *congestion* dengan memprioritaskan dan mengendalikan aliran paket secara efektif[8].

Penelitian ini didorong oleh perkembangan teknologi informasi yang pesat yaitu pada jaringan *IPv4* yang sudah hampir mencapai keterbatasan untuk penggunaan *IP Address* di dunia. Dengan menganalisis perbedaan performa antara *IPv4* dengan *IPv6* pada jaringan yang telah dilakuan konfigurasi *mekanisme antrian* sebagai sugesti untuk melakukan transisi dari jaringan yang menggunakan *IPv4* menjadi *IPv6*. Evaluasi performa terhadap jaringan yang menggunakan *IPv4* dan *IPv6* dapat memberikan panduan untuk pengembangan serta implementasi pada jaringan.

Penelitian ini akan menggunakan metode *Class-Based Weighted Fair Queue (CBWFQ)* yang menggabungkan *Class-Based Queue (CBQ)* dan *Weighted Fair Queue (WFQ)*[9]. Metode *Class-Based Queue* menggunakan algoritma pada *router* yang memprioritaskan kategori class yang telah ditentukan[10]. Maka paket seperti *TCP* dan *UDP* dapat dipilah dan diprioritaskan sehingga dapat diolah terlebih dahulu. Sementara *Weighted Fair Queuing* yang memberikan paket bobot yang bisa berdasar prioritas kepentingan atau ukuran, paket yang diberikan bobot kemudian dialokasikan sumber daya seperti *bandwidth* berdasarkan bobot paket[11].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan pengaruh protokol *IPv4* dan *IPv6* terhadap mekanisme antrian dalam jaringan komputer

dengan melakukan evaluasi performa pada *bandwidth*, *latency*, dan *packet loss*. Pengujian akan mencakup pengamatan langsung dan pengukuran kinerja mekanisme antrian data pada kedua jaringan tersebut. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang keunggulan dan kelemahan *IPv4* dan *IPv6* pada jaringan yang telah diberikan algoritma mekanisme antrian.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

IPv6 dapat diimplementasikan pada perancangan algoritma *Never Queue* dan *Destination Hashing* yang menunjukkan konfigurasi pada alat dapat mempengaruhi *mekanisme antrian* menyesuaikan dengan jaringan *IPv6* didapati juga setelah diberikan algoritma *Never Queue* dan *Destination Hashing Time per Request* menjadi lebih baik[12]. Perbandingan performa *IPv4* dan *IPv6* dengan *parameter throughput, delay, jitter,* dan *packet loss* pada aplikasi *OpenVPN* didapati bahwa *IPv6* lebih unggul daripada *IPv4* pada transmisi data yaitu 198,15 *Kbps* pada paket *ICMP* dan 35,70 *Kbps* pada paket *FTP.* Untuk *delay* pada paket *ICMP IPv4* memiliki *delay* yang lebih kecil daripada *IPv6* yaitu 1,43 detik sementara pada paket *FTP* delay pada *IPv6* tidak banyak perbedaan dengan *IPv4* yaitu 0,17 detik[13].

Algoritma *Mekanisme Antrian* membuat *Quality of* Service menjadi lebih baik, dengan membandingkan dua metode antrian *LLQ (Low Latency Queue)* dan *CBWFQ (Class Based Weighted Fair Queue)* dapat mengurangi *delay* secara signifikan pada pengujian layanan *FTP* dengan menggunakan metode Mekanisme Antrian *LLQ* dan *CBWFQ* dapat mengurangi sebanyak 84,95%[14].

Sebuah jaringan dengan kabel yang diregulasikan dengan *QoS* dengan metode *Mekanisme Antrian CBWFQ* dapat menghilangkan kemacetan pada pengiriman paket data *VoIP*, *CBWFQ* dapat membagi *bandwidth* yang digunakan jaringan pada saat *VoIP* melakukan panggilan, dan ketika terjadi panggilan kedua *bandwidth* yang digunakan jaringan juga dibagi untuk panggilan kedua[15].

Dalam penelitian yang membandingkan *First in First out (FIFO)* dengan *Weighted Fair Queuing (WFQ) dan Priority Queuing (PQ)* didapati menggunakan simulasi *OPNET Modeler* didapati menggunakan beberapa metode Mekanisme Antrian seperti *WFQ* dan *PQ* dapat mempengaruhi *throughput*, *jitter* dan *packet loss video streaming* pada *IPv4* dan *IPv6*. Perbedaan untuk *IPv4* dengan *IPv6* tidak terlalu berbeda tetapi perbedaan untuk *FIFO* dengan *WFQ* dan *PQ* menunjukkan bahwa *WFQ* dan *PQ* lebih unggul dalam semua jenis tes yang dilakukan[16].

Penelitian ini menganalisis *IPv4* dan *IPv6* pada jaringan *LAN* dengan perangkat keras dari *Cisco* yaitu *router* dengan metode *Antrian Mekanisme Class Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)* dengan melakukan evaluasi pada *bandwidth, latency, dan packet loss* untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang keunggulan dan kelemahan *IPv4* dan *IPv6* pada jaringan yang telah diberikan Algoritma *Mekanisme Antrian* dengan metode *Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ).*

B. Landasan Teori

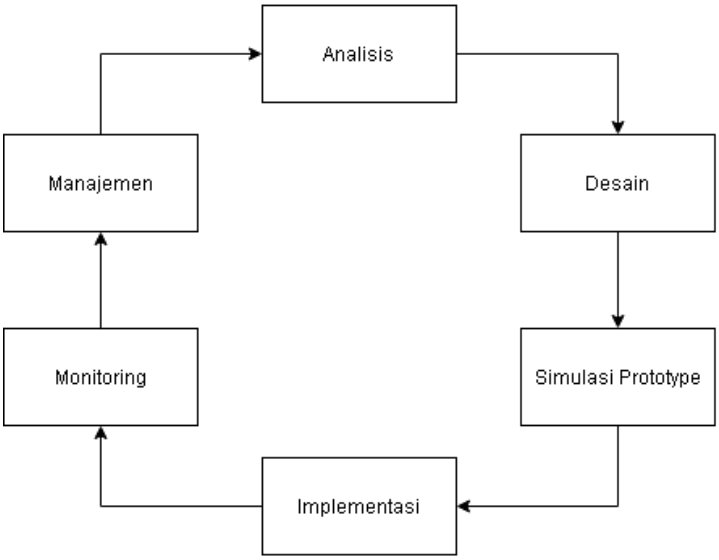
Internet Protocol Address atau *IP Address* adalah label unik untuk perangkat yang terhubung disebuah jaringan computer yang menggunakan *Internet Protocol*[1]. Fungsi

IP Address adalah mengidentifikasi *host* atau perangkat dan memberi lokasi perangkat dalam jaringan. *IP Address* memiliki 2 versi yaitu *IPv4* dan *IPv6*, *IPv4* memiliki arsitektur format 32 *bits* sebagai contoh "192.168.1.1" dengan alamat yang tersedia yaitu 2^{32} yang artinya 4.3 billiun alamat yang tersedia, dengan *header* minimal 20 *bytes* dan maksimal 60 *bytes* ketika enkapsulasi transmisi jaringan[17]. Sementara untuk *IPv6* memiliki format arsitektur 128 *bits* dengan contoh "2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334" yang memiliki 2^{128} *bits* sebagai kapasitas alamat dengan besar *field header* yang tetap yaitu 40 *bytes*[18].

Queuing mechanism atau *Mekanisme Antrian* adalah aturan dan algoritma yang mengatur bagaimana paket atau *data* dapat diatur dalam sebuah jaringan yang terdapat sumber daya jaringan[19]. Aturan-aturan ini di implementasikan pada perangkat jaringan seperti *router* atau *switch* untuk mengatur jalur paket dan efisiensi penggunaan sumber daya seperti *bandwidth*. Pada penelitian ini akan menggunakan jaringan yang telah dikonfigurasikan dengan metode antrian *Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)*, Dimana *class* seperti *UDP* dan *TCP* dapat dipilah lalu diurutkan berdasar bobot yang telah diberikan untuk paket yang akan dikirim[10], [11].

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan mengguakan metode *Network Development Life Cycle* (*NDLC)*[20], [21]. Metode penelitian *Network Development Life Cycle* memiliki Langkah-langkah yang terdiri dari Analisis, Desain, Simulasi *Prototype*, Implementasi, *Monitoring*, dan Manajemen yang akan ditunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian *Network Development Life Cycle*

Langkah-langkah pada metode penelitian *Network Development Life Cycle* adalah sebagai berikut, langkah pertama adalah melakukan analisis pada sebuah jaringan, langkah ini juga digunakan untuk mencari perumusan masalah dalam penelitian. Langkah ini juga digunakan untuk melakukan tinjauan pustaka penelitian yang berkaitan dengan penggunaan Manajemen jaringan menggunakan *Mekanisme Antrian*.

Selanjutnya adalah melakukan desain untuk sebuah jaringan dari hasil langkah sebelumnya, jaringan yang didesain memiliki router yang di konfigurasi algoritma

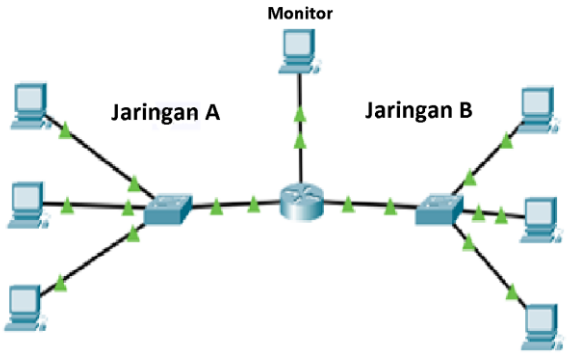
mekanisme antrian metode *Class-Based Weighted Fair Queue (CBWFQ)* yang memprioritaskan paket *TCP* sebanyak 30% alokasi *bandwidth* yang diberikan.

Langkah *Prototype Simulation* memakai suatu alat simulasi jaringan, pada langkah ini akan menggunakan aplikasi *Cisco Packet Tracer* sebagai alat simulasi. Simulasi berdasarkan desain dari langkah sebelumnya. Langkah implementasi melakukan instalasi perangkat keras yang dibutuhkan seperti *router*, *switch*, dan beberapa komputer sebagai *client* dan *server*, juga dilakukan konfigurasi jaringan juga konfigurasi *router* untuk melakukan mekanisme antrian.

Pada langkah *monitoring* digunakan alat tes ukur jaringan yaitu *iperf* dan *Ping*, *iperf* digunakan untuk mengirimkan paket *TCP* sebagai cara untuk mengukur *bandwidth* yang digunakan pada saat pengiriman paket *TCP*, dan *Ping* untuk paket *ICMP*. Sementara untuk *packet loss* diamati ketika terjadi paket yang hilang saat pengiriman paket sedang berlangsung. Menggunakan *iperf* dilakukan 20 kali pengiriman paket selama 10 detik tiap pengiriman, setiap paket yang hilang atau *drop* terhitung *packet loss*. Untuk *Ping* dilakukan 20 kali pengiriman paket selama 10 detik, setiap paket yang hilang atau *drop* dihitung *packet loss*. Terakhir langkah manajemen pada penelitian ini dilakukan pencatatan dari *data* pada langkah sebelumnya sehingga dapat dilakukan analisis untuk performa *IPv4* dengan *IPv6*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

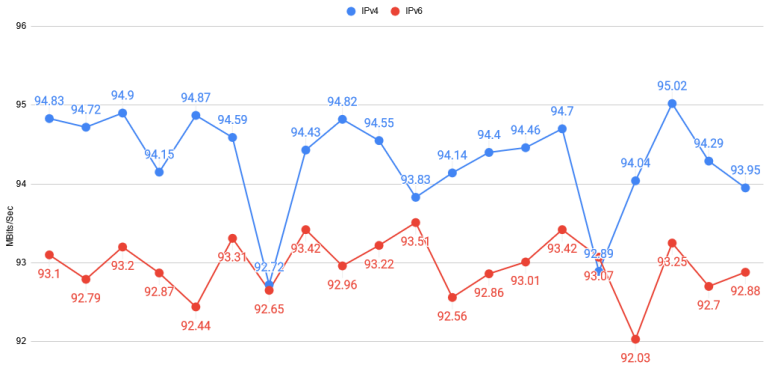
Pada gambar 2 menunjukkan bahwa pada topologi ini terdapat beberapa klien yang terhubung dalam dua jaringan yang berbeda, juga ada *monitor* yang dapat melakukan *monitoring* paket *data* yang berjalan pada jaringan. Pada *router* dilakukan *Queuing* dengan metode *CBWFQ (Class-Based Weighted Fair Queue)* untuk memprioritaskan paket *TCP* agar memiliki *bandwidth* yang lebih tinggi daripada paket yang lain yaitu sebanyak 30%. Pada pengujian pertama akan menggunakan jaringan dengan *IPv4*, *parameter* yang digunakan untuk penelitian ini adalah *bandwidth*, *packet loss*, dan *latency*. Kemudian *monitor* akan membaca pada *traffic* dari klien ke klien dengan membaca hasil *latency*, *packet loss*, dan *bandwidth*. Pada pengujian kedua akan menggunakan *IPv6* dengan *parameter* yang sama, konfigurasi juga menyesuaikan apabila *IPv6* tidak kompatibel dengan konfigurasi *IPv4*. Tiap pengujian akan dilakukan 20 kali sebagai ukuran hasil pengujian.



Gambar 2. Topologi Jaringan

Untuk mengambil hasil untuk *parameter bandwidth* adalah hasil dari penghitungan *bandwidth* dari paket *TCP* komputer satu ke komputer yang terhubung dalam jaringan, *latency* dari hasil paket *ICMP* dari *Ping*, *packet loss* dihitung dari paket

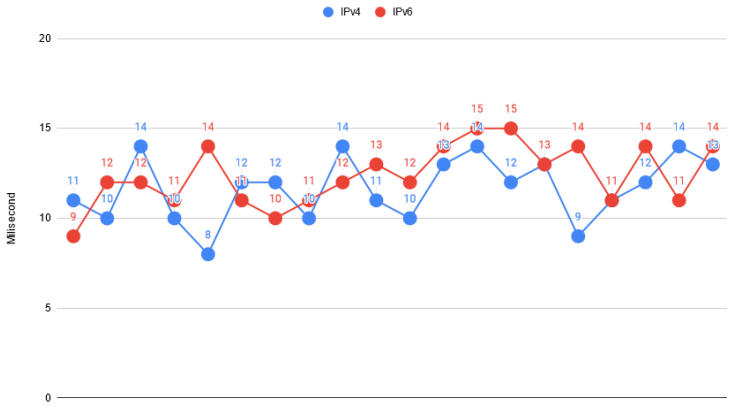
yang hilang atau tidak muncul didalam *Monitor*. Paket *TCP* sebesar 110 *Megabytes* yang dibagi sebanyak 10 paket dalam waktu 10 detik, sementara paket *ICMP* dari *Ping* menghitung sebanyak 10 kali *ping*.



Gambar 3. Grafik Pembanding Rata-Rata *Bandwidth* Pengiriman Paket *TCP*

Dari hasil pengujian *bandwidth* pada Gambar 3 yang digunakan pada *IPv4* menunjukkan angka rata-rata dari 92.89 *Mbits/sec* sampai dengan 95.02 *Mbits/sec*. Sementara angka rata-rata *bandwidth IPv6* didapati besar rata-rata *bandwidth* dari 92.03 *Mbits/sec* sampai dengan 93.44 *Mbits/sec*, *bandwidth* yang digunakan pada pengiriman paket *TCP IPv4* lebih besar daripada *IPv6* dengan banyak perbedaan 1.3525 *Mbits/sec*. Pada *IPv6* didapati *bandwidth* yang stabil yang bisa menjadi suatu kelebihan. Dari pengujian tidak didapati *packet loss* untuk pengiriman paket *TCP* dari penggunaan *IPv4* dan *IPv6*.

Pembagian *bandwidth* untuk penggunaan paket *TCP* dapat mempengaruhi besar *bandwidth* yang didapat untuk penggunaan pengiriman paket. Pada *IPv6* paket selain dari *TCP* juga memakai *bandwidth* sehingga pemakaian pada *bandwidth* untuk paket *TCP IPv6* lebih sedikit daripada *IPv4*. *Header IPv6* yang lebih sederhana dan tidak adanya kebutuhan untuk *checksum* per *hop* memungkinkan *router* untuk memproses paket lebih cepat. Meskipun ukuran *header IPv6* lebih besar (40 *byte*) dibandingkan dengan *IPv4* (20-60 *byte*), kesederhanaan dalam desain *header IPv6* mengurangi *overhead* pemrosesan pada *router*, yang berkontribusi terhadap efisiensi jaringan secara keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *IPv6* menawarkan stabilitas yang lebih baik dibandingkan *IPv4*.



Gambar 4: Grafik Pembanding Rata-Rata *Latency* Paket *ICMP*

Dari hasil pengiriman paket *ICMP* pada *IPv4*. Angka rata-rata *latency* dengan rata-rata terendah yaitu 8 *milisecond* dengan rata-rata tertinggi dengan 14 milisecond. Dari hasil pengiriman paket *ICMP* pada *IPv6*. Angka pada rata-rata *latency* dengan rata-rata terendah yaitu 9 *milisecond* dengan rata-rata tertinggi dengan nilai 15 *milisecond*. Perbedaan rata-rata pada IPv4 dan IPv6 adalah 0.75 *milisecond*. Tidak didapati *packet loss* ketika pengujian dengan *IPv4* dan *IPv6*.

IPv4 dan *IPv6* pada saat pengujian *latency* menunjukan bahwa setelah dilakukan pembagian *bandwidth* untuk paket *TCP* tidak terlalu mempengaruhi hasil dari *latency IPv4* dan *IPv6*, ketika terjadi pengiriman paket *TCP* yang telah di prioritaskan *bandwidth* paket *ICMP* mendapati hambatan pada urutan pengiriman paket sehingga *latency* saat diamati naik.

Untuk *packet loss* pada saat pengujian tidak terjadi karena jaringan yang telah dikonfigurasikan *CBWFQ* telah membantu bagaimana paket-paket yang sampai ke *router* diurutkan dahulu lalu dijadwalkan pengiriman paket-paket tersebut. Sehingga *packet loss* tidak terjadi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

IPv4 dapat mencapai rata-rata *bandwidth* yang lebih tinggi daripada *IPv6* tetapi kestabilan dalam pengiriman data untuk *IPv6*, kestabilan pada protokol *IPv6* dapat digunakan untuk jaringan yang lebih sensitif dengan perubahan. Sementara *IPv4* walaupun sudah terpakai banyak jika pada jaringan kecil seperti *LAN* masih cukup baik untuk digunakan pada skala tersebut. Dengan demikian, transisi dari *IPv4* ke *IPv6* dapat memberikan keuntungan dalam hal kestabilan jaringan, meskipun *IPv4* masih memiliki keunggulan dalam efisiensi penggunaan *bandwidth*. pemilihan antara *IPv4* dan *IPv6* sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari jaringan yang akan digunakan. Penelitian ini masih belum sempurna oleh sebab itu penelitian lanjut dengan metode yang berbeda dapat dilakukan untuk meraih kesimpulan lain yang dapat diamati seperti menggunakan protokol *file transfer* atau suatu bentuk *streaming*, menggunakan jaringan yang berbeda seperti jaringan perkantoran, menggunakan alat ukur jaringan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. K. Tiwari *et al.*, “The Comprehensive Review: Internet Protocol (IP) Address a Primer for Digital Connectivity,” *Asian Journal of Research in Computer Science*, vol. 17, no. 7, pp. 178–189, Jul. 2024, doi: 10.9734/ajrcos/2024/v17i7488.

[2] R. Padmanabhan, J. P. Rula, P. Richter, S. D. Strowes, and A. Dainotti, “DynamIPs: Analyzing address assignment practices in IPv4 and IPv6,” in *CoNEXT 2020 - Proceedings of the 16th International Conference on Emerging Networking EXperiments and Technologies*, Association for Computing Machinery, Inc, Nov. 2020, pp. 55–70. doi: 10.1145/3386367.3431314.

[3] “A Comparative Study between IPv4 and IPv6,” *ANP Journal of Social Sciences and Humanities*, vol. 2, no. 1, pp. 68–72, Feb. 2021, doi: 10.53797/anpjssh.v2i1.9.2021.

[4] L. Prehn, F. Lichtblau, and A. Feldmann, “When wells run dry: The 2020 IPv4

address market," in *CoNEXT 2020 - Proceedings of the 16th International Conference on Emerging Networking EXperiments and Technologies*, Association for Computing Machinery, Inc, Nov. 2020, pp. 46–54. doi: 10.1145/3386367.3431301.

[5] M. K. Ajani and P. Yogesh Zambare, "Effects of Various Queuing Algorithms for Network Services," 2014. Accessed: Aug. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.ijedr.org/papers/IJEDR1401017.pdf

[6] M. Fajri, "Simulasi Antrian Paket Data Jaringan Dengan Mekanisme Drop Tail," *Jurnal Ilmiah FIFO*, vol. 8, no. 2, pp. 151–160, 2016.

[7] D. Suprijatmono and M. Khoirul, "Simulasi Perancangan Model Skema Antrian Pada Jaringan WAN Untuk Peningkatan Layanan Kinerja Multimedia," *Bina Teknika*, vol. 15, no. 2, pp. 137–146, 2020.

[8] C. Prastika Bandhaso and Y. Sutanto, "Analisis Dan Implementasi Metode Random Early Detection (Red) Pada Jaringan TCP/IP," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. XVII, 2022.

[9] I. Zakariyya, M. Nordin, and A. Rahman, "Bandwidth Guarantee using Class Based Weighted Fair Queue (CBWFQ) Scheduling Algorithm," *International Journal of Digitan Information and Wireless Communication*, vol. 5, no. 3, pp. 152–157, 2015.

[10] S. Floyd and V. Jacobson, "Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 3, no. 4, pp. 1–22, 1995.

[11] C. You, Y. Zhao, G. Feng, T. Q. S. Quek, and L. Li, "Hierarchical Multi-resource Fair Queueing for Packet Processing," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 20, no. 1, pp. 726–740, Aug. 2022, doi: 10.1109/TNSM.2022.3197747.

[12] M. Deltaviyahya and P. Hari Trisnawan, "Analisis Perbandingan Load Balancing Berbasis Algoritma Never Queue dan Destination Hashing pada IPv6," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 11, pp. 10468–10474, 2019, Accessed: Aug. 06, 2024. [Online]. Available: https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/6697/3237

[13] P. E. Kristianto and A. T. Putra, "Comparative Analysis of IPv4 and IPv6 OpenVPN Protocol Performance Based on QoS Parameters," *Journal of Advances in Information Systems and Technology*, vol. 3, no. 1, 2021, [Online]. Available: https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jaist

[14] D. A. Salman, M. T. Rendy Munadi, and R. Mayasari, "ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) ALGORITMA ANTRIAN CBWFQ DAN LLQ PADA JARINGAN MPLS-TE ANALYSIS QUALITY OF SERVICE (QOS) WITH QUEUE ALGORITHM CBWFQ AND LLQ IN MPLS-TE NETWORK," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 4585–4592, 2016.

[15] Z. Ali, F. Naz, Javed, M. Qurban, M. Yasir, and S. Jehangir, "Analysis of VoIP over wired & wireless network with implementation of QoS CBWFQ & 802.11e," *International Journal of Computer Network and Information Security*, vol. 12, no.

1, pp. 43–39, Feb. 2020, doi: 10.5815/ijcnis.2020.01.05.

[16] F. Khaleel Al-Fayyadh, "A Comparative Sstudy Of QoS Over IPV4/IPV6 Uing OPNET Modeler," *Qar Journal Of Science (UTsci)*, vol. 6, no. 4, pp. 140–144, 2018, [Online]. Available: http://jsci.utq.edu.iq

[17] Z. Ashraf, A. Sohail, S. Latif, A. Hameed, and M. Yousaf, "Challenges and Mitigation Strategies for Transition from IPv4 Network to Virtualized Next-Generation IPv6 Network," *International Arab Journal of Information Technology*, vol. 20, no. 1, pp. 78–91, Jan. 2023, doi: 10.34028/iajit/20/1/9.

[18] Z. Hamid, D. Sharipah, Abd. R. Intant Shafinaz, and Abd. R. Nurzurawani, "A Comparative Study between IPv4 and IPv6," *ANP Journal of Social Sciences and Humanities*, vol. 2, no. 1, pp. 68–72, Feb. 2021, doi: 10.53797/anpjssh.v2i1.9.2021.

[19] M. Z. Islam, M. Mirza, and G. Rashed, "A Comparative analysis on traditional Queuing and Hybrid Queuing Mechanism of VoIP's QoS Properties," *International Journal Of Advance Innovations, Thoughts & Ideas*, vol. 2, no. 2, pp. 1–9, 2013.

[20] S. Kosasi *et al.*, "Penerapan Network Development Life Cycle Untuk Pengembangan Teknologi Thin Client Pada Pendidkan KSM Pontianak," *Jurnal JIKE - Jurnal Ilmiah Komputasi dan Elektronika*, vol. 1, no. 2, pp. 125–141, 2011.

[21] T. Sanjaya and D. Setiyadi, "Network Development Life Cycle (NDLC) Dalam Perancangan Jaringan Komputer Pada Rumah Shalom Mahanaim," *Jurnal Mahasiswa Bina Insani*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2019.