

Analisis Komparatif Optimasi Kinerja Jaringan dalam Pemrograman Jaringan: Studi Kasus OpenFlow dan Protokol P4

¹Muhamad Fahreza, ²Muhammad Zulfachri R, ³Essy Malays Sari Sakti
¹²³Informatika, Universitas Persada Indonesia YAI, Jakarta Pusat

E-mail: ¹muhamad.fahreza@upi-yai.ac.id,
²fahrimuhammad085@gmail.com, ³essy.malays@upi-yai.ac.id

ABSTRAK

Seiring dengan peningkatan kebutuhan dan infrastruktur pemrograman jaringan telah menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keamanan infrastruktur jaringan. Dua pendekatan utama dalam pemrograman jaringan adalah Software-Defined Networking (SDN) dengan protokol OpenFlow dan Protokol P4 (Programming Protocol-Independent Packet Processors). SDN dengan OpenFlow memungkinkan kontrol jaringan terpusat dan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam manajemen lalu lintas, sementara P4 memberikan kemampuan untuk mendefinisikan perilaku paket pada tingkat yang sangat spesifik dan protokol-independen. Penelitian ini menggabungkan hasil dari dua studi terpisah untuk memberikan pandangan komprehensif tentang kinerja dan keamanan dalam pemrograman jaringan. Metodologi penelitian ini mencakup eksperimen dengan SDN berbasis OpenFlow dan studi kasus dengan Protokol P4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa OpenFlow unggul dalam optimasi kinerja jaringan, sedangkan P4 menunjukkan keunggulan dalam aspek keamanan dan fleksibilitas dalam pengolahan paket. Temuan ini memberikan panduan bagi para profesional IT dan peneliti dalam memilih dan mengimplementasikan solusi pemrograman jaringan yang paling sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka.

Kata kunci: Pemrograman jaringan, Software-Defined Networking (SDN), OpenFlow, Protokol P4, optimasi kinerja jaringan.

ABSTRACT

Along with the increasing needs and infrastructure network programming has become a major focus in an effort to improve the efficiency and security of network infrastructure. Two major approaches in network programming are Software-Defined Networking (SDN) with OpenFlow protocol and P4 Protocol (Programming Protocol-Independent Packet Processors). SDN with OpenFlow allows centralized network control and higher flexibility in traffic management, while P4 provides the ability to define packet behaviour at a very specific and protocol-independent level. This research combines results from two separate studies to provide a comprehensive view of performance and security in network programming. The research methodology includes experiments with OpenFlow-based SDN and case studies with the P4 Protocol. The test results show that OpenFlow excels in network performance optimization, while P4 shows superiority in security and flexibility in packet processing. The findings provide guidance for IT professionals and researchers in selecting and implementing network programming solutions that best suit their specific needs.

Keywords: Network programming, Software-Defined Networking (SDN), OpenFlow, P4 protocol, network performance optimization.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan kebutuhan dan kompleksitas masalah yang melibatkan data berskala besar, terdapat kebutuhan untuk membangun infrastruktur komputasi berkinerja tinggi. Membangun infrastruktur semacam itu memerlukan sumber daya yang besar dan biaya yang tinggi. Namun, tidak semua pihak memiliki kemampuan untuk membangun infrastruktur komputasi berkinerja tinggi tersebut, terutama bagi perusahaan yang baru berkembang dan memiliki keterbatasan sumber daya. (Arvian et al., 2020)

Pemrograman jaringan telah menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keamanan infrastruktur jaringan. SDN dan protokol P4 menawarkan pendekatan yang berbeda dalam pengelolaan jaringan. SDN dengan OpenFlow memungkinkan kontrol terpusat dan fleksibilitas, sedangkan P4 memberikan kemampuan untuk mendefinisikan perilaku paket pada tingkat yang sangat rendah (Iqbal & Arif Ramadhan, 2020). Penelitian ini menggabungkan hasil dari dua studi terpisah untuk memberikan pandangan komprehensif tentang kinerja dan keamanan dalam pemrograman jaringan.

Penelitian ini membahas tentang dua pendekatan utama dalam pemrograman jaringan, yaitu Software-Defined Networking (SDN) dan Protokol P4 (Protocol for Packet Processors). Menurut (Hunaifi et al., 2019) SDN merupakan metode di mana fungsi-fungsi jaringan seperti pemformatan data, pemrosesan log, dan sebagainya ditempatkan di komponen-komponen terpisah atau "sematan" di lingkungan cloud. SDN memfasilitasi pengelolaan teks seperti markup dalam bentuk yang terstruktur. Protokol P4, di sisi lain, merupakan bahasa-domain-spesifik untuk membangun komponen filterasi untuk keperluan monitoring dan analisis.

SDN berbasis OpenFlow mengimplementasikan keamanan melalui filterasi atas konten atau trafik jaringan, biasanya membutuhkan upaya tambahan dalam melakukannya karena sifat OpenFlow yang berpotensi membatasi di bawah "objek yang dibatasi" atau "objek pembatasan" apapun (Muiin & Saptono, 2018). Sementara itu, P4 berfungsi untuk memodelkan pembatasan tersebut ke dalam protokol-protokol yang dimengerti komputer.

Dengan SDN dan P4, sistem komputer mampu mendeteksi serangan atau aktifitas mencurigakan melalui cara-cara yang lebih transparan. Tidak hanya pemfilteran berbasis konten, kedua pendekatan tersebut juga memungkinkan filterasi di tingkat jaringan. SDN menggunakan konsep Networks Function Virtualization (NFV), begitu pula dengan P4 yang secara eksplisit menulis spesifikasi lengkap dalam bentuk tunggal, lengkap dan terstruktur. Keduanya dapat berjalan sebagai filter dalam arsitektur end-to-end, mulai dari elemen domain spesifik, hingga penyampaian konten berbasis web, cloud, dan seluler.

2. LANDASAN TEORI

A. Pemrograman Jaringan

Jaringan komputer merupakan kumpulan komputer-komputer yang saling berhubungan dan saling berinteraksi/interkoneksi antara satu komputer dengan komputer lainnya (Essy Malays Sari Sakti, 2023). Pemrograman jaringan adalah praktik menggunakan skrip atau bahasa pemrograman untuk mengelola, mengendalikan, dan mengoptimalkan fungsi jaringan (Fardian Anshori, 2019). Menurut (Wiryawan, 2019) tujuan utama pemrograman jaringan adalah meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi dalam pengelolaan jaringan dibandingkan dengan pendekatan tradisional yang seringkali mengandalkan konfigurasi

manual perangkat keras jaringan . Pemrograman jaringan memungkinkan administrator untuk mengotomatisasi banyak tugas jaringan, mengurangi potensi kesalahan manusia, dan meningkatkan responsivitas terhadap perubahan kebutuhan jaringan.

B. Software Defined Network (SDN)

Menurut (Subowo, 2023) SDN adalah paradigma jaringan yang memisahkan kontrol jaringan dari perangkat keras data plane (perangkat fisik seperti router dan switch) dan mengalihkannya ke controller perangkat lunak yang terpusat. Dengan SDN, administrator jaringan dapat mengelola seluruh jaringan secara terpusat, menggunakan aplikasi dan program perangkat lunak.

Komponen Utama SDN:

- 1) Controller: Otak dari jaringan SDN yang mengontrol lalu lintas jaringan berdasarkan kebijakan yang telah ditetapkan.
- 2) Data Plane: Bagian jaringan yang bertanggung jawab untuk memindahkan paket data dari satu tempat ke tempat lain.
- 3) Southbound Interface: Protokol seperti OpenFlow yang menghubungkan controller dengan perangkat data plane.
- 4) Keuntungan SDN:
- 5) Fleksibilitas: Kemampuan untuk mengonfigurasi dan mengelola jaringan melalui perangkat lunak.
- 6) Efisiensi: Peningkatan efisiensi dalam pengelolaan dan pengaturan lalu lintas jaringan.
- 7) Skalabilitas: Memudahkan pengembangan dan pengurangan jaringan sesuai kebutuhan.

C. OpenFlow

OpenFlow adalah protokol komunikasi yang digunakan dalam jaringan SDN untuk memungkinkan pengontrol SDN berkomunikasi dengan switch dan router. OpenFlow memungkinkan pengontrol untuk menentukan jalur data yang harus diambil paket melalui jaringan (Fardian Anshori, 2019).

Fungsi Utama OpenFlow:

- 1) Flow Table Management: Mengatur tabel aliran dalam switch untuk menentukan rute paket.
- 2) Packet Forwarding: Mengarahkan paket berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh controller.
- 3) Manfaat OpenFlow:
- 4) Kontrol Terpusat: Memungkinkan manajemen jaringan yang lebih mudah dan konsisten.
- 5) Adaptabilitas: Dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik jaringan dan aliran data.

D. Protokol P4 (Programming Protocol-Independent Packet Processors)

P4 (Programming Protocol-Independent Packet Processors) adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menentukan cara paket diproses oleh perangkat jaringan (Mangopo, 2022). P4 memungkinkan definisi perilaku pengolahan paket yang sangat spesifik, tidak bergantung pada protokol tertentu.

Fitur Utama P4:

- 1) Protocol Independence: P4 tidak terikat pada protokol tertentu dan dapat digunakan untuk berbagai jenis protokol.
- 2) Programmability: Memberikan fleksibilitas tinggi dalam mendefinisikan bagaimana paket harus diproses.

- 3) Customizability: Memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan fungsi pengolahan paket sesuai dengan kebutuhan spesifik.

Manfaat P4:

- 1) Keamanan: Dapat mengidentifikasi dan merespon ancaman dengan lebih cepat dan tepat.
- 2) Fleksibilitas: Mendukung berbagai skenario jaringan dan konfigurasi.

E. Optimasi Kinerja

Optimasi kinerja merupakan sekumpulan penggunaan berbagai algoritma untuk mengajarkan komputer untuk menemukan pola dalam data yang akan digunakan untuk prediksi perkiraan (Ratu, 2022). Optimasi kinerja jaringan melibatkan berbagai teknik untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan jaringan. Dengan menggunakan SDN dan OpenFlow, jaringan dapat mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien, mengurangi latency, dan meningkatkan throughput.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan dua metodologi yaitu metode eksperimen dan metode komparatif.:

- 1) Metode eksperimen adalah suatu metode yang bertujuan untuk melakukan percobaan dan melakukan pengujian terhadap variabel lain. Eksperimen dengan SDN berbasis OpenFlow: Menggunakan Raspberry Pi dengan menggunakan jaringan SDN untuk mengukur peningkatan kinerja. Pengujian dilakukan dengan berbagai

skenario lalu lintas jaringan untuk menentukan efektivitas optimasi.

- 2) Metode komparatif merupakan penelitian yang bertujuan untuk membandingkan nilai atau variabel pada dua atau lebih. Melakukan pengujian kinerja terhadap jaringan yang dikonfigurasi menggunakan P4 dan OSPF.

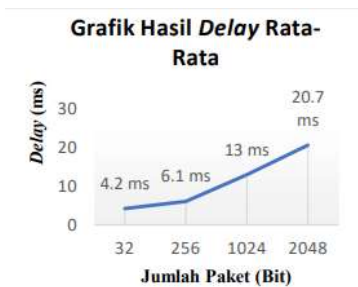
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Delay Pada SDN menggunakan Parameter QoS

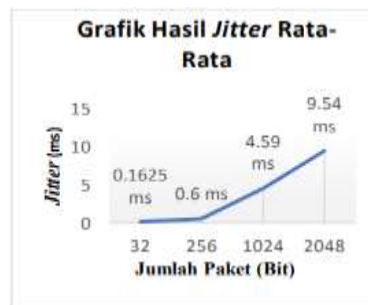
Tabel 1. Standarisasi Delay TIPHON

Kategori	Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<15	4
Bagus	15-150	3
Sedang	150-400	2
Jelek	>400	1

Hasil pengujian terhadap delay yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya dengan menggunakan CMD dan protokol ICMP, mendapatkan hasil rata-rata pengujian dengan data 32bit, delay rata-rata yang dihasilkan sebesar 4,2 ms. Sedangkan pada data 256 bit, dihasilkan delay rata-rata sebesar 6,1 ms. Pengujian berikutnya yaitu dengan data 1024 bit, menghasilkan delay rata-rata sebesar 13 ms. Pengujian terakhir dengan data 20048 bit, menghasilkan delay rata-rata sebesar 20,7 ms. Delay yang dihasilkan berada dikategori sangat baik karena berada pada rentang 256 bit, 1024 bit dan 2048 bit, masing-masing pengujian dilakukan 10 kali dan diambil nilai rata-ratanya.



Gambar1. Grafik Hasil Delay Rata-rata



Gambar2. Grafik Hasil Jitter Rata-rata

B. Pengujian *Jitter* Pada SDN Menggunakan Parameter QoS

Tabel2. Standarisasi *Jitter* TIPHON

Kategori	<i>Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0-75	4
Bagus	75-125	3
Sedang	125-225	2
Jelek	>225	1

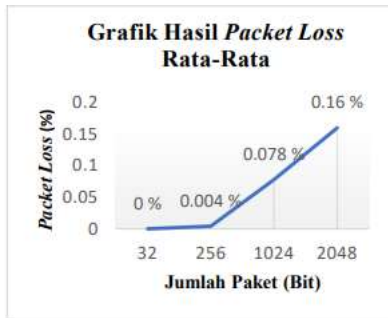
Hasil pengujian jitter dilakukan pada CMD dengan menggunakan iperf. Pada pengujian ini menunjukkan hasil rata-rata, pada pengujian dengan data 32 bit, jitter rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,1625 ms. Sedangkan pada data 256 bit, menghasilkan jitter rata-rata sebesar 0,60 ms. Pengujian selanjutnya yaitu dengan data 1024 bit, menghasilkan jitter rata-rata sebesar 4,59 ms. Pengujian terakhir dengan data 2048 bit, menghasilkan jitter rata-rata sebesar 9,54 ms. Hasil dari pengujian jitter yang dihasilkan dikategorikan baik dengan 3 indeks pada standarisasi TIPHON seperti yang ditunjuk pada tabel.

C. Pengujian *Packet Loss* Pada SDN menggunakan Parameter QoS

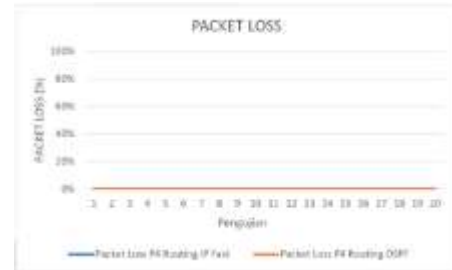
Tabel3. Standarisasi *Packet Loss* TIPHON

Kategori	<i>Packet Loss</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	0 – 3 %	4
Bagus	3 – 15 %	3
Sedang	15 - 25 %	2
Jelek	>25 %	1

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya ditunjukkan hasil packet loss rata-rata, pada pengujian dengan data 32 bit, packet loss yang dihasilkan sebesar 0% atau tidak ada paket yang hilang dalam proses pengiriman data. Sedangkan pada data 256 bit, menghasilkan packet loss rata-rata sebesar 0,004%. Pengujian berikutnya dengan data 1024 bit, menghasilkan packet loss rata-rata sebesar 0,008%. Pengujian terakhir yaitu dengan data 2048 bit, menghasilkan packet loss rata-rata sebesar 0,0016%. Hasil yang ditunjukkan sangat baik berdasarkan pada standarisasi TIPHON seperti yang ditunjukkan pada tabel.



Gambar3. Grafik Hasil *Packet Loss* Rata-rata



Gambar5. Diagram *Packet Loss* P4

D. Pengujian Delay Pada Protokol P4

Pada penelitian sebelumnya pengujian dilakukan 1 sampai 20 kali percobaan dengan tujuan untuk melihat performa jaringan. Pengukuran ini dilakukan dalam waktu pengiriman paket selama 15 detik. Hasil rata-rata dari delay pada pengujian 1 sampai dengan 20 sebesar 0,42ms pada routing P4, sedangkan pada routing OSPF sebesar 0.10ms.



Gambar4. Diagram *Delay* P4

F. Pengujian *Jitter* Pada Protokol P4

Berdasarkan penelitian sebelumnya percobaan ini dilakukan 1 sampai 20 pengujian dengan tujuan untuk melihat hasil dari performa jaringan. Hasil rata-rata dari pengujian 1 sampai dengan 20 sebesar 0,219ms pada P4 dan OSPF sebesar 0,0231ms. Dapat dikatakan bahwa pengujian berikut tidak ada paket yang terbuang selama proses pengiriman data.



Gambar6. Diagram *Jitter* P4

E. Pengujian *Packet Loss* Pada Protokol P4

Pengujian ini dilakukan 1 sampai 20 percobaan dengan tujuan untuk melihat performa jaringan. Hasil rata-rata yang diperoleh dari packet loss pada pengujian 1 sampai dengan 20 yaitu sebesar 0% pada P4, hasil pengujian OSPF 0%. Dapat dikatakan bahwa pengujian berikut tidak ada paket yang terbuang selama proses pengiriman data.

G. Perbandingan dan Implikasi

Perbandingan kedua pendekatan menunjukkan bahwa:

1. OpenFlow unggul dalam hal optimasi kinerja jaringan, namun membutuhkan peningkatan dalam manajemen kompleksitas.
2. P4 unggul dalam keamanan, namun menghadapi tantangan dalam hal kebutuhan konfigurasi dan keahlian teknis.

5. KESIMPULAN

Pemrograman jaringan dengan OpenFlow dan P4 masing-masing menawarkan keuntungan signifikan

dalam bidang kinerja dan keamanan. Dimana pada OpenFlow unggul dalam Optimasi kinerja jaringan. Kedua pendekatan memiliki potensi untuk diterapkan secara komplementer dalam infrastruktur jaringan modern, menggabungkan keunggulan kinerja dan keamanan yang ditawarkan keduanya. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan solusi yang dapat mengintegrasikan kedua pendekatan ini dengan lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvian, D., Malays, E., & Sakti, S. (2020). ANALISA KINERJA SISTEM KOMPUTASI GRID TERHADAP KOMPUTASI TUNGGAL UNTUK EFISIENSI PROCESSOR. *113 / TEKINFO*, 21(2). <https://doi.org/10.21108/indojc.2017.21.19>
- Essy Malays Sari Sakti. (2023). *Jaringan Komputer* (Eureka, Ed.; 1st ed.). Eureka Media Aksara.
- Fardian Anshori, I. (2019). Implementasi Socket Tcp/Ip Untuk Mengirim Dan Memasukan File Text Kedalam Database. *JURNAL RESPONSIF*, 1(1), 1–5. <http://ejurnal.univbsi.id/index.php/jti>
- Hunaifi, N., Fauzan Akbar, R., Program,), Informasi, S. S., Bsi Surakarta, A., & Bsi Bandung, U. (2019). ANALISIS KINERJA JARINGAN BERBASISKAN SOFTWARE DEFINITION NETWORK DENGAN PROTOKOL OPENFLOW DI RRI BANDUNG. *Jurnal Infotronik*, 4(1).
- Iqbal, M., & Arif Ramadhan, M. (2020). Analisa Quality of Service pada Jaringan Wireless Berbasis Software-Defined Network dengan Protokol Openflow Menggunakan Floodlight Controller. In *Journal of Data Analysis* (Vol. 3, Issue 1).
- Mangopo, I. A. (2022). *Implementasi Algoritma Routing OSPF Pada Software Defined Network Berbasis P4*.
- Muiin, F., & Saptono, H. (2018). Jurnal Informatika Terpadu PENERAPAN EFEKTIFITAS FIREWALL PADA SOFTWARE DEFINED NETWORK BERBASIS OPENFLOW. *Jurnal Informatika Terpadu*, 4(2), 46–57. <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/JIT>
- Ratu, P. N. (2022). *OPTIMALISASI KINERJA BIDANG SOSIAL BUDAYA DAN PEMERINTAHAN DALAM PERENCANAAN PEMBANGUNAN*.
- Subowo, M. H. (2023). Analisis Kinerja Jaringan Software-Defined Networking (SDN) Berbasis Open Network Operating System (ONOS) dengan Menggunakan Protokol OpenFlow 1.5: Studi Kasus pada Algoritma Flow Scheduling Shortest Path First (SPF) dan Weighted Round Robin (WRR). *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 9(1), 266–273. <https://doi.org/10.37012/jtik.v9i1.1519>
- Wiryawan, R. A. (2019). *PENGEMBANGAN APLIKASI OTOMATISASI ADMINISTRASI BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON*.