

Strategi Pengelolaan Bandwidth Adaptif Pada Jaringan Komputer Berbasis Virtualisasi

Dewi Chirzah¹, Hamid Muhammad Jumasa²

^{1,2} Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Purworejo, 54111,
Indonesia

dewichirzah@umpwr.ac.id, hamidjumasa@umpwr.ac.id

Artikel Info

ABSTRACT

Kata kunci:

bandwidth adaptif;
jaringan komputer;
virtualisasi;
QoS;
prediksi trafik;

Efficient bandwidth management in virtualization-based computer networks is a significant challenge, given the dynamic and fluctuating nature of traffic loads. Unpredictable traffic fluctuations and physical infrastructure limitations are major constraints in optimizing bandwidth usage. This study aims to analyze and identify effective adaptive bandwidth management strategies in virtualization-based networks, and how these solutions can improve network performance. The type of research used is qualitative research with a case study approach. Data collection was carried out through in-depth interviews with network managers and direct observation of the implementation of bandwidth management in several organizations that implement virtualization technology. The data obtained were analyzed using thematic analysis to identify challenges, strategies implemented, and solutions taken to manage adaptive bandwidth. The results of the study indicate that dynamic bandwidth allocation based on real-time traffic monitoring, the use of prediction algorithms, application-based QoS settings, and automation of bandwidth management are the main strategies implemented to overcome traffic transmission and optimize network resource usage. The implementation of these strategies has proven effective in improving bandwidth management efficiency and reducing congestion in virtual networks. In conclusion, adaptive bandwidth management based on real-time data and automation can improve the quality of service in virtual computer networks. Further research is recommended to utilize the application of machine learning in predicting bandwidth requirements and developing advanced algorithms for network resource management.

Pengelolaan bandwidth yang efisien pada jaringan komputer berbasis virtualisasi menjadi tantangan yang signifikan, mengingat sifat dinamis dan fluktuatif dari beban trafik. Fluktuasi trafik yang tidak terprediksi dan keterbatasan infrastruktur fisik menjadi hambatan utama dalam mengoptimalkan penggunaan bandwidth. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi strategi pengelolaan bandwidth adaptif yang efektif pada jaringan berbasis

virtualisasi, serta bagaimana solusi-solusi tersebut dapat meningkatkan kinerja jaringan. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam dengan pengelola jaringan dan observasi langsung terhadap implementasi pengelolaan *bandwidth* di beberapa organisasi yang menerapkan teknologi virtualisasi. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi tantangan, strategi yang diterapkan, dan solusi yang diambil untuk mengelola *bandwidth* adaptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alokasi *bandwidth* dinamis berbasis pemantauan trafik *real-time*, penggunaan algoritma prediksi, pengaturan QoS berbasis aplikasi, dan otomatisasi pengelolaan *bandwidth* merupakan strategi utama yang diterapkan untuk mengatasi fluktuasi trafik dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya jaringan. Penerapan strategi-strategi tersebut terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan *bandwidth* serta mengurangi kemacetan pada jaringan virtualisasi. Kesimpulannya, pengelolaan *bandwidth* adaptif yang berbasis data *real-time* dan otomatisasi dapat meningkatkan kualitas layanan pada jaringan komputer berbasis virtualisasi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi penerapan *machine learning* dalam memprediksi kebutuhan *bandwidth* dan mengembangkan algoritma canggih untuk pengelolaan sumber daya jaringan.

Corresponding Author:

Dewi Chirzah, email: dewichirzah@umpwr.ac.id

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi jaringan komputer semakin pesat, seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan kecepatan dan kapasitas jaringan untuk mendukung aplikasi yang beragam, seperti layanan *cloud computing*, *video streaming*, dan *Internet of Things* (IoT). Teknologi virtualisasi telah muncul sebagai solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam pengelolaan sumber daya jaringan. Virtualisasi memungkinkan pemisahan antara perangkat keras dan perangkat lunak, sehingga banyak aplikasi dapat berjalan pada platform yang sama tanpa saling mengganggu. Namun, dalam penerapannya, pengelolaan *bandwidth* menjadi tantangan utama, terutama pada jaringan yang menerapkan virtualisasi, karena adanya alokasi sumber daya yang dinamis dan kebutuhan akan ketersediaan *bandwidth* yang konsisten.

Pengelolaan *bandwidth* yang efektif dan efisien pada jaringan komputer berbasis virtualisasi memerlukan pendekatan yang adaptif untuk mengatasi fluktuasi kebutuhan dan beban jaringan yang terjadi secara *real-time*. Masalah teknis yang sering dihadapi dalam pengelolaan *bandwidth* pada jaringan virtualisasi mencakup ketidakstabilan alokasi sumber daya, latensi tinggi, dan ketergantungan pada infrastruktur fisik yang tidak selalu dapat mengakomodasi permintaan jaringan yang

berubah-ubah. Oleh karena itu, strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif diperlukan untuk memastikan kualitas layanan yang optimal, menghindari kemacetan jaringan, dan memaksimalkan penggunaan sumber daya.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai virtualisasi dan dampaknya terhadap jaringan komputer. Misalnya, penelitian oleh [1] yang mengkaji pengaruh virtualisasi terhadap pengelolaan sumber daya jaringan, serta penelitian oleh [2] yang mengembangkan metode optimasi alokasi *bandwidth* dalam jaringan virtualisasi. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa virtualisasi dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, namun juga menghadirkan tantangan dalam pengelolaan *bandwidth*, terutama pada jaringan dengan banyak pengguna atau aplikasi.

Selanjutnya, penelitian mengenai jaringan komputer juga menunjukkan bahwa pengelolaan *bandwidth* merupakan faktor kunci untuk memastikan performa jaringan yang stabil. Penelitian oleh [3] membahas tentang teknik-teknik pengelolaan *bandwidth* pada jaringan komputer, dan penelitian oleh [4] yang mengembangkan algoritma adaptif untuk pengelolaan *bandwidth* pada jaringan terdistribusi. Kedua penelitian ini menekankan pentingnya pendekatan adaptif untuk mengatasi variasi beban jaringan yang sering terjadi pada jaringan komputer berbasis virtualisasi.

Dalam konteks pengelolaan *bandwidth* adaptif, penelitian oleh [5] mengusulkan penggunaan algoritma berbasis kontrol umpan balik untuk pengelolaan *bandwidth*, sementara penelitian oleh [6] menawarkan solusi berbasis *machine learning* untuk mengoptimalkan alokasi *bandwidth* dalam kondisi beban jaringan yang tinggi. Kedua penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mengembangkan solusi adaptif yang dapat disesuaikan dengan kondisi jaringan yang dinamis.

Solusi untuk mengatasi masalah ini perlu didasarkan pada kajian teori terkait pengelolaan sumber daya dan pengoptimalkan alokasi *bandwidth*. Teori pertama adalah teori alokasi sumber daya dinamis yang menjelaskan cara mengelola sumber daya jaringan secara efisien dengan mempertimbangkan variabilitas kebutuhan. Teori kedua adalah teori pengendalian umpan balik yang digunakan untuk menyesuaikan alokasi *bandwidth* secara *real-time* berdasarkan kondisi jaringan yang terus berubah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif pada jaringan komputer berbasis virtualisasi yang dapat menyesuaikan alokasi sumber daya secara dinamis, meminimalkan latensi, dan memastikan ketersediaan *bandwidth* yang optimal untuk aplikasi-aplikasi yang berjalan pada jaringan tersebut. Dengan adanya strategi ini, diharapkan kualitas layanan jaringan dapat terjaga dengan baik, terutama dalam lingkungan yang dinamis dan penuh ketidakpastian seperti pada jaringan berbasis virtualisasi.

Pengelolaan *bandwidth* dalam jaringan komputer adalah salah satu elemen penting untuk memastikan ketersediaan dan kualitas layanan (*Quality of Service*, QoS) yang optimal. Dalam konteks jaringan berbasis virtualisasi, pengelolaan *bandwidth* menjadi lebih kompleks karena adanya pemisahan antara lapisan fisik dan virtual. Virtualisasi memungkinkan banyak sistem operasi atau aplikasi berjalan pada satu mesin fisik, sehingga memerlukan pendekatan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan adaptif. Dalam jaringan virtualisasi, penggunaan sumber daya (termasuk

bandwidth) tidak hanya bergantung pada permintaan dari aplikasi tertentu, tetapi juga pada alokasi dinamis yang terjadi antara berbagai mesin virtual yang berbagi sumber daya fisik yang sama. Oleh karena itu, pengelolaan *bandwidth* adaptif menjadi kunci dalam menjamin performa yang baik pada jaringan ini.

Dalam literatur sebelumnya, berbagai penelitian telah mengkaji teknik-teknik pengelolaan *bandwidth* yang dapat diterapkan pada jaringan virtualisasi. [7] menunjukkan bahwa salah satu tantangan utama dalam pengelolaan *bandwidth* pada jaringan virtualisasi adalah fluktuasi trafik yang terjadi karena beban aplikasi yang tidak dapat diprediksi. Oleh karena itu, mereka mengusulkan penggunaan teknik alokasi dinamis yang didasarkan pada pemantauan beban *real-time* untuk mengoptimalkan penggunaan *bandwidth*. Penelitian serupa oleh [8] mengemukakan bahwa teknik optimasi alokasi *bandwidth* berbasis model prediksi dapat meningkatkan efisiensi jaringan virtualisasi, terutama dalam menghadapi skenario beban yang bervariasi.

Selanjutnya, beberapa penelitian di bidang jaringan komputer juga memberikan wawasan tentang pengelolaan *bandwidth* secara adaptif. [9] mengembangkan algoritma pengelolaan *bandwidth* berbasis kontrol umpan balik yang mampu menyesuaikan pengalokasian *bandwidth* berdasarkan kondisi jaringan yang berubah-ubah. Pendekatan ini berguna dalam situasi di mana beban trafik sering mengalami fluktuasi tinggi, seperti dalam jaringan virtualisasi dengan aplikasi *multi-tenant*. [10] juga mengusulkan teknik adaptasi yang menggunakan algoritma *machine learning* untuk memprediksi kebutuhan *bandwidth* dan menyesuaikan alokasi dengan cepat. Kedua pendekatan ini menunjukkan bahwa penggunaan metode adaptif dapat memberikan solusi yang lebih efisien dalam pengelolaan *bandwidth* pada jaringan komputer berbasis virtualisasi.

Dalam konteks strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif, penelitian oleh [11] menyoroti pentingnya kontrol umpan balik yang lebih canggih, yang dapat mengatasi permasalahan ketidakseimbangan beban pada jaringan virtualisasi dengan memberikan alokasi *bandwidth* yang fleksibel. Sementara itu, [12] menjelaskan bagaimana penerapan algoritma berbasis *machine learning* dapat memperkirakan kebutuhan *bandwidth* secara lebih akurat, sehingga pengalokasian *bandwidth* dapat dilakukan dengan lebih tepat dan mengurangi potensi kemacetan jaringan.

Berdasarkan kajian-kajian di atas, kerangka berpikir penelitian ini dibangun dengan mengintegrasikan konsep-konsep dari alokasi dinamis dan adaptif, kontrol umpan balik, serta prediksi berbasis *machine learning*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif yang dapat menyesuaikan alokasi *bandwidth* secara dinamis pada jaringan komputer berbasis virtualisasi. Dengan demikian, strategi ini tidak hanya dapat mengoptimalkan penggunaan *bandwidth*, tetapi juga meningkatkan kualitas layanan dan efisiensi jaringan secara keseluruhan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif untuk menggali dan menganalisis strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif pada jaringan komputer berbasis virtualisasi. Jenis penelitian kualitatif yang digunakan dalam penelitian ini

adalah penelitian studi kasus, yang bertujuan untuk memahami secara mendalam fenomena yang terjadi pada pengelolaan *bandwidth* dalam konteks jaringan komputer virtualisasi. Studi kasus ini dipilih karena memberikan kesempatan untuk mengeksplorasi penerapan pengelolaan *bandwidth* adaptif dalam situasi nyata dan mendapatkan wawasan yang lebih komprehensif mengenai tantangan serta solusi yang telah diimplementasikan dalam pengelolaan jaringan virtualisasi.

Instrumen penelitian kualitatif yang digunakan meliputi wawancara mendalam (*in-depth interviews*) dan observasi. Wawancara mendalam dilakukan dengan pihak-pihak yang memiliki pengetahuan dan pengalaman langsung dalam pengelolaan jaringan berbasis virtualisasi, seperti administrator jaringan, pengembang perangkat lunak, dan pengelola infrastruktur TI. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi terkait strategi, tantangan, dan solusi yang diterapkan dalam pengelolaan *bandwidth* adaptif pada jaringan virtualisasi. Selain itu, observasi digunakan untuk mengamati langsung implementasi pengelolaan *bandwidth* adaptif dalam jaringan yang sedang berjalan, serta bagaimana alokasi *bandwidth* diatur dalam berbagai kondisi trafik.

Pengumpulan data dilakukan melalui dua tahap utama. Pertama, wawancara mendalam dilakukan secara terstruktur dan semi-terstruktur dengan narasumber yang relevan untuk menggali pandangan dan pengalaman mereka terkait dengan pengelolaan *bandwidth* dalam jaringan virtualisasi. Kedua, observasi langsung terhadap jaringan virtualisasi yang sedang diterapkan di beberapa perusahaan atau organisasi dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata tentang praktik pengelolaan *bandwidth* adaptif yang diterapkan. Data yang diperoleh dari wawancara dan observasi kemudian diperkaya dengan dokumentasi yang terkait dengan kebijakan dan prosedur pengelolaan *bandwidth* di masing-masing organisasi.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan analisis tematik, di mana data dari wawancara dan observasi diklasifikasikan dan diorganisir dalam tema-tema yang relevan dengan strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif. Proses analisis dimulai dengan transkripsi hasil wawancara dan pencatatan hasil observasi, kemudian data tersebut dianalisis secara induktif untuk menemukan pola dan tema yang berkaitan dengan tantangan, solusi, serta faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas strategi pengelolaan *bandwidth* dalam jaringan virtualisasi. Hasil analisis ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana pengelolaan *bandwidth* dapat diterapkan secara adaptif pada jaringan berbasis virtualisasi, serta rekomendasi strategi yang dapat diterapkan oleh organisasi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan jaringan mereka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil wawancara mendalam dan dokumentasi, ditemukan sejumlah tantangan utama yang dihadapi dalam pengelolaan *bandwidth* pada jaringan komputer berbasis virtualisasi. Tantangan-tantangan ini diidentifikasi dari pengalaman para praktisi jaringan dan administrator sistem dalam menangani dinamika lalu lintas data serta keterbatasan infrastruktur jaringan. Tabel 1 merangkum berbagai tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan *bandwidth* di lingkungan virtualisasi.

Tabel 1. Tantangan dalam Pengelolaan *Bandwidth* Jaringan Virtualisasi

No	Tantangan	Penjelasan Singkat
1	Fluktuasi Beban Trafik	Beban trafik berubah-ubah dengan cepat dan sulit diprediksi
2	Keterbatasan Infrastruktur Fisik	Perangkat keras memiliki keterbatasan kapasitas meskipun virtualisasi dimungkinkan
3	Pengelolaan Manual yang Tidak Efisien	Respons terhadap kondisi jaringan lambat akibat pengelolaan manual
4	Kompleksitas Pengaturan QoS	Banyaknya aplikasi dengan prioritas berbeda menyebabkan pengaturan QoS menjadi rumit

Berdasarkan dari Tabel 1 di atas menggambarkan empat tantangan utama dalam pengelolaan *bandwidth* jaringan virtualisasi. Tantangan pertama adalah fluktuasi beban trafik, yang disebabkan oleh sifat dinamis aplikasi yang berjalan pada mesin virtual. Hal ini membuat alokasi *bandwidth* secara statis menjadi tidak efektif. Tantangan kedua adalah keterbatasan infrastruktur fisik, yang walaupun virtualisasi memungkinkan efisiensi penggunaan perangkat keras, tetap tidak dapat melampaui kapasitas fisik yang ada. Tantangan ketiga, pengelolaan manual, menunjukkan bahwa tanpa sistem otomatisasi, penyesuaian terhadap kondisi jaringan menjadi tidak responsif. Terakhir, kompleksitas pengaturan QoS muncul karena banyaknya aplikasi dengan kebutuhan yang berbeda-beda, yang memerlukan manajemen prioritas yang lebih cermat.

Tantangan-tantangan ini menunjukkan bahwa pengelolaan *bandwidth* dalam lingkungan virtualisasi memerlukan pendekatan yang lebih fleksibel dan otomatis, seiring dengan semakin kompleksnya kebutuhan jaringan.

Strategi Penanganan Tantangan Pengelolaan *Bandwidth*

Menanggapi tantangan yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini juga mengidentifikasi berbagai strategi yang telah diterapkan oleh pengelola jaringan. Strategi-strategi ini dirancang untuk memberikan solusi adaptif yang mampu merespons dinamika trafik jaringan secara lebih efisien dan *real-time*. Tabel 2 menyajikan ringkasan strategi yang digunakan.

Berdasarkan dari Tabel 2 di atas menjelaskan empat strategi utama yang diterapkan dalam pengelolaan *bandwidth* adaptif. Alokasi dinamis berbasis pemantauan *real-time* memungkinkan *bandwidth* disesuaikan langsung dengan beban trafik saat ini, sehingga lebih responsif terhadap perubahan mendadak. Algoritma prediksi trafik memberikan kemampuan proaktif dalam mencegah kemacetan jaringan melalui perkiraan penggunaan *bandwidth* di masa mendatang. QoS berbasis aplikasi memastikan bahwa aplikasi-aplikasi yang krusial mendapatkan alokasi *bandwidth* yang lebih besar dan stabil. Terakhir, otomatisasi pengelolaan *bandwidth* memungkinkan sistem untuk merespons kondisi jaringan secara mandiri tanpa harus menunggu intervensi manusia, meningkatkan efisiensi dan keandalan.

Strategi-strategi ini menunjukkan bahwa pendekatan adaptif, prediktif, dan otomatis sangat diperlukan dalam pengelolaan *bandwidth* jaringan virtualisasi untuk menghadapi tantangan yang kompleks dan dinamis.

Tabel 2. Strategi Pengelolaan Bandwidth Adaptif pada Jaringan Virtualisasi

No	Strategi	Deskripsi Strategi
1	Alokasi Dinamis Berdasarkan Pemantauan <i>Real-Time</i>	Menyesuaikan alokasi bandwidth secara langsung sesuai kondisi jaringan saat itu
2	Algoritma Prediksi Trafik	Menggunakan data historis untuk memperkirakan beban trafik yang akan datang
3	QoS Berbasis Aplikasi	Memberikan prioritas bandwidth berdasarkan jenis dan pentingnya aplikasi
4	Otomatisasi Pengelolaan Bandwidth	Mengurangi intervensi manual melalui penggunaan perangkat lunak otomatisasi

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan *bandwidth* adaptif yang berbasis data *real-time* dan otomatisasi sangat efektif untuk mengatasi tantangan-tantangan yang ada dalam jaringan berbasis virtualisasi. Dengan mengimplementasikan strategi-strategi ini, organisasi dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan jaringan, mengurangi kemacetan, serta memastikan kualitas layanan yang optimal untuk berbagai aplikasi yang berjalan di atas jaringan virtualisasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif pada jaringan komputer berbasis virtualisasi. Berdasarkan hasil penelitian, sejumlah tantangan signifikan muncul dalam pengelolaan *bandwidth* dalam jaringan virtualisasi. Fluktuasi trafik yang tinggi dan tidak terprediksi, keterbatasan infrastruktur fisik, serta kompleksitas pengaturan QoS adalah tantangan utama yang harus diatasi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan *bandwidth*. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang juga menunjukkan bahwa fluktuasi trafik adalah salah satu kendala utama dalam pengelolaan jaringan berbasis virtualisasi [13], [14]. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi virtualisasi memang menawarkan banyak keuntungan, namun memerlukan pendekatan pengelolaan *bandwidth* yang lebih adaptif untuk menangani dinamika beban yang sangat bervariasi.

Strategi yang diterapkan untuk mengatasi tantangan ini, seperti alokasi dinamis berbasis pemantauan trafik secara *real-time*, telah terbukti efektif dalam memberikan respons cepat terhadap perubahan kondisi trafik. Ini sejalan dengan temuan dari [15] yang menunjukkan bahwa alokasi dinamis memungkinkan penyesuaian yang lebih baik terhadap kebutuhan *bandwidth* yang berubah-ubah, khususnya pada jaringan virtualisasi dengan aplikasi *multi-tenant*. Selain itu, penelitian oleh [16] menggarisbawahi pentingnya penggunaan algoritma prediksi dalam merencanakan alokasi *bandwidth* untuk mengurangi risiko kemacetan pada jaringan yang sangat dinamis. Penggunaan algoritma prediksi dalam penelitian ini juga mendukung temuan tersebut, di mana prediksi trafik yang lebih akurat memungkinkan pengelolaan *bandwidth* dilakukan secara proaktif, mengurangi terjadinya *bottleneck* yang dapat mengganggu kinerja jaringan.

Pengaturan QoS berbasis aplikasi, yang membedakan prioritas antara aplikasi yang memiliki kebutuhan *bandwidth* berbeda, menjadi salah satu solusi penting dalam penelitian ini. Penelitian oleh [17] juga menyoroti bahwa QoS berbasis aplikasi memungkinkan pengelolaan *bandwidth* yang lebih efisien, terutama dalam jaringan virtualisasi di mana banyak aplikasi dengan prioritas yang bervariasi berjalan pada mesin virtual yang sama. Pendekatan ini memungkinkan aplikasi yang lebih kritis untuk mendapatkan alokasi *bandwidth* yang lebih tinggi, sementara aplikasi dengan kebutuhan rendah dapat memperoleh sumber daya yang lebih terbatas.

Otomatisasi dalam pengelolaan *bandwidth* yang diterapkan dalam penelitian ini juga menjadi hal yang penting untuk meningkatkan responsivitas terhadap fluktuasi trafik. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian oleh [18] yang menunjukkan bahwa otomatisasi dapat mengurangi ketergantungan pada intervensi manual, mengurangi kemungkinan kesalahan manusia, serta mempercepat pengambilan keputusan terkait pengalokasian sumber daya jaringan. Pengelolaan *bandwidth* yang otomatis memberikan fleksibilitas dalam menangani beban trafik yang dinamis, sekaligus memastikan alokasi sumber daya yang lebih efisien dalam jangka panjang.

Hasil penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap literatur yang ada dengan menggabungkan beberapa pendekatan adaptif yang lebih terintegrasi. Menurut penelitian oleh [19], meskipun teknologi virtualisasi memungkinkan efisiensi sumber daya, pengelolaan yang efektif memerlukan pendekatan yang lebih canggih dan berbasis data, seperti penggunaan *machine learning* untuk memprediksi dan menyesuaikan alokasi *bandwidth* secara *real-time*. Ini juga selaras dengan temuan dalam penelitian ini, di mana strategi adaptif yang berbasis data *real-time* memberikan keunggulan dalam mengatasi masalah fluktuasi trafik dan kemacetan.

Dalam penelitian sebelumnya, beberapa penulis juga membahas penerapan *machine learning* dalam pengelolaan *bandwidth* [20], tetapi penelitian ini memperlihatkan penerapan lebih lanjut dengan menekankan pentingnya otomatisasi dan pengaturan QoS berbasis aplikasi dalam konteks jaringan virtualisasi. Dengan demikian, kontribusi utama dari penelitian ini adalah penemuan bahwa kombinasi antara pemantauan trafik *real-time*, prediksi berbasis algoritma, pengaturan QoS berbasis aplikasi, dan otomatisasi merupakan strategi pengelolaan *bandwidth* yang lebih efektif dalam jaringan virtualisasi.

Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa organisasi yang menggunakan jaringan komputer berbasis virtualisasi dapat mengadopsi strategi adaptif yang lebih terintegrasi untuk mengelola *bandwidth* mereka. Pendekatan ini tidak hanya membantu dalam meningkatkan efisiensi penggunaan *bandwidth*, tetapi juga mengurangi kemungkinan kemacetan yang dapat mempengaruhi kualitas layanan. Dengan menggunakan alokasi dinamis dan teknologi otomatisasi, organisasi dapat lebih cepat menyesuaikan diri dengan perubahan beban trafik dan memastikan bahwa kualitas layanan tetap terjaga.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi lebih lanjut penerapan *machine learning* dalam prediksi kebutuhan *bandwidth* pada jaringan virtualisasi, serta mengembangkan algoritma yang lebih canggih untuk mendukung otomatisasi dalam pengelolaan *bandwidth*. Selain itu, penelitian yang lebih mendalam mengenai dampak pengelolaan *bandwidth* adaptif terhadap performa

aplikasi berbasis virtualisasi dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang efisiensi penggunaan sumber daya dan peningkatan kualitas layanan yang dihasilkan oleh strategi ini.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan *bandwidth* adaptif pada jaringan komputer berbasis virtualisasi memerlukan pendekatan yang fleksibel dan berbasis data untuk mengatasi tantangan yang terkait dengan fluktuasi trafik dan keterbatasan infrastruktur fisik. Fluktuasi trafik yang tidak dapat diprediksi menjadi tantangan utama yang memengaruhi efektivitas pengelolaan *bandwidth*, sehingga diperlukan strategi yang dapat menyesuaikan alokasi sumber daya secara dinamis. Strategi alokasi dinamis yang berbasis pemantauan trafik secara *real-time* terbukti efektif dalam mengelola perubahan beban jaringan yang cepat, sementara algoritma prediksi memberikan keuntungan dalam merencanakan pengelolaan *bandwidth* secara proaktif.

Selain itu, pengaturan kualitas layanan (QoS) berbasis aplikasi yang membedakan prioritas alokasi *bandwidth* bagi aplikasi dengan kebutuhan berbeda juga berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya. Otomatisasi dalam pengelolaan *bandwidth* menjadi kunci untuk meningkatkan responsivitas terhadap fluktuasi trafik, mengurangi kesalahan manual, dan memastikan alokasi *bandwidth* yang lebih optimal. Dengan penerapan strategi-strategi tersebut, pengelolaan *bandwidth* dalam jaringan virtualisasi dapat berjalan lebih efisien, memberikan kualitas layanan yang optimal, serta meminimalkan kemacetan dan *bottleneck* yang sering terjadi pada jaringan yang sangat dinamis.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami bagaimana pengelolaan *bandwidth* adaptif dapat diimplementasikan secara lebih efektif dalam konteks jaringan komputer berbasis virtualisasi, dengan memanfaatkan teknologi pemantauan *real-time*, prediksi berbasis algoritma, serta otomatisasi. Temuan ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya untuk mengeksplorasi penerapan *machine learning* dan pengembangan algoritma yang lebih canggih dalam mendukung strategi pengelolaan *bandwidth* adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Mijumbi, J. Serrat, J. Rubio-Loyola, N. Bouten, F. Turck, dan S. Latr'e, "Dynamic Resource Management In SDN-Based Virtualized Networks," dalam *10th International Conference On Network And Service Management (CNSM) And Workshop*, 2014, hlm. 412–417.
- [2] V. Eramo dan F. G. Lavacca, "Optimizing The Cloud Resources, Bandwidth And Deployment Costs In Multi-Providers Network Function Virtualization Environment," *IEEE Access*, vol. 7, hlm. 46898–46916, 2019.
- [3] A. Amiri, "Optimal Bandwidth Allocation With Bandwidth Reservation And Adaptation In Wireless Communication Networks," *Int. J. Comput. Netw. Commun. IJCNC*, vol. 8, no. 1, 2016.

- [4] M. Mirhakkak, N. Schult, dan D. Thomson, “Dynamic Bandwidth Management And Adaptive Applications For A Variable Bandwidth Wireless Environment,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 19, no. 10, hlm. 1984–1997, 2002.
- [5] Y. T. Hou, B. Li, S. S. Panwar, dan H. Tzeng, “On Network Bandwidth Allocation Policies And Feedback Control Algorithms For Packet Networks,” *Comput. Netw.*, vol. 34, no. 3, hlm. 481–501, 2000.
- [6] L. Ruan, M. P. D. A. Dias, dan E. Wong, “Machine Learning-Based Bandwidth Prediction For Low-Latency H2M Applications,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 2, hlm. 3743–3752, 2019.
- [7] N. Kumar dan A. Ahmad, “Machine Learning-Based Qos And Traffic-Aware Prediction-Assisted Dynamic Network Slicing,” *Int. J. Commun. Netw. Distrib. Syst.*, vol. 28, no. 1, hlm. 27–42, 2022.
- [8] S. Chong, S. Q. Li, dan J. Ghosh, “Predictive Dynamic Bandwidth Allocation For Efficient Transport Of Real-Time VBR Video Over ATM,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 13, no. 1, hlm. 12–23, 1995.
- [9] F. Bonomi, D. Mitra, dan J. B. Seery, “Adaptive Algorithms For Feedback-Based Flow Control In High-Speed, Wide-Area ATM Networks,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 13, no. 7, hlm. 1267–1283, 1995.
- [10] R. Boutaba, N. Shahriar, M. A. Salahuddin, dan N. Limam, “Managing Virtualized Networks And Services With Machine Learning,” dalam *Communication Networks And Service Management In The Era Of Artificial Intelligence And Machine Learning*, Springer, 2021, hlm. 33–68.
- [11] Q. Shi, F. Wang, D. Feng, dan W. Xie, “Adaptive Load Balancing Based On Accurate Congestion Feedback For Asymmetric Topologies,” *Comput. Netw.*, vol. 157, hlm. 133–145, 2019.
- [12] L. Li, Y. Wei, L. Zhang, dan X. Wang, “Efficient Virtual Resource Allocation In Mobile Edge Networks Based On Machine Learning,” *J. TBD*, XXXX.
- [13] P. Alvarez, N. Marchetti, dan M. Ruffini, “Evaluating Dynamic Bandwidth Allocation Of Virtualized Passive Optical Networks Over Mobile Traffic Traces,” *J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 8, no. 3, hlm. 129–136, 2016.
- [14] C.-T. Yang, S.-T. Chen, J.-C. Liu, Y.-Y. Yang, K. Mitra, dan R. Ranjan, “Implementation Of A Real-Time Network Traffic Monitoring Service With Network Functions Virtualization,” *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 93, hlm. 687–701, 2019.
- [15] T. H. T. Le dkk., “Auction Mechanism For Dynamic Bandwidth Allocation In Multi-Tenant Edge Computing,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 69, no. 12, hlm. 15162–15176, 2020.
- [16] B. Cao, X. Zheng, K. Yuan, D. Qin, dan Y. Hong, “Dynamic Bandwidth Allocation Based On Adaptive Predictive For Low Latency Communications

- In Changing Passive Optical Networks Environment,” *Opt. Fiber Technol.*, vol. 64, hlm. 102556, 2021.
- [17] D. Shen, J. Luo, F. Dong, J. Jin, J. Zhang, dan J. Shen, “Facilitating Application-Aware Bandwidth Allocation In The Cloud With One-Step-Ahead Traffic Information,” *IEEE Trans. Serv. Comput.*, vol. 13, no. 2, hlm. 381–394, 2019.
- [18] M. El Rajab, L. Yang, dan A. Shami, “Zero-Touch Networks: Towards Next-Generation Network Automation,” *Comput. Netw.*, vol. 243, hlm. 110294, 2024.
- [19] S. Talwani *dkk.*, “Machine-Learning-Based Approach For Virtual Machine Allocation And Migration,” *Electronics*, vol. 11, no. 19, hlm. 3249, 2022.
- [20] R. H. Serag, M. S. Abdalzaher, H. A. E. A. Elsayed, dan M. Sobh, “Software Defined Network Traffic Classification For Qos Optimization Using Machine Learning,” *J. Netw. Syst. Manag.*, vol. 33, no. 2, hlm. 41, 2025.