

## **Optimasi Kinerja Jaringan Metro Ethernet Berbasis Manajemen Bandwidth Pada Lingkungan Jaringan Kampus**

**<sup>1</sup>Muchamad Satrio Witjaksono Aidad, <sup>2</sup>Muhammad Fikri <sup>3</sup>Fauzi Abdul Rohim**

<sup>1-3</sup>Politeknik IDN Bogor, Indonesia

Email: [satriowitjaksonoaidad@gmail.com](mailto:satriowitjaksonoaidad@gmail.com)

### **Abstrak**

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di lingkungan kampus mendorong meningkatnya kebutuhan akan jaringan komputer yang andal, stabil, dan berkecepatan tinggi. Jaringan Metro Ethernet banyak digunakan sebagai infrastruktur utama untuk menghubungkan berbagai gedung dan unit kerja di kampus karena memiliki skalabilitas dan efisiensi yang baik. Namun, meningkatnya jumlah pengguna serta beragamnya jenis layanan jaringan sering menimbulkan permasalahan kinerja, terutama akibat penggunaan bandwidth yang tidak terkelola secara optimal. Kondisi ini berdampak pada ketimpangan akses jaringan, penurunan kualitas layanan, serta terganggunya aktivitas akademik dan administrasi kampus. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strategi optimasi kinerja jaringan Metro Ethernet berbasis manajemen bandwidth dalam lingkungan jaringan kampus. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan deskriptif-analitis terhadap berbagai sumber pustaka yang membahas Metro Ethernet, manajemen bandwidth, dan Quality of Service (QoS). Hasil kajian menunjukkan bahwa permasalahan utama kinerja jaringan bukan terletak pada keterbatasan kapasitas bandwidth, melainkan pada tidak adanya pengaturan dan prioritas penggunaan bandwidth yang efektif. Penerapan manajemen bandwidth melalui pengelompokan layanan berbasis prioritas, pengendalian trafik, serta pemantauan kinerja jaringan secara berkelanjutan terbukti mampu meningkatkan parameter QoS seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss. Dengan demikian, manajemen bandwidth menjadi solusi strategis untuk menjamin kualitas layanan jaringan yang stabil, adil, dan efisien tanpa harus menambah kapasitas bandwidth secara signifikan.

**Kata kunci:** Metro Ethernet, manajemen bandwidth, kinerja jaringan, Quality of Service, jaringan kampus.

### **Abstract**

*The rapid development of information and communication technology in higher education institutions has significantly increased the demand for reliable, stable, and high-speed computer networks. Metro Ethernet networks are widely adopted as campus backbone infrastructures due to their scalability, flexibility, and cost efficiency. However, the growing number of users and the diversity of network services often lead to performance degradation, primarily caused by unmanaged and uneven bandwidth utilization. This condition results in network congestion, service degradation, and disruptions to academic and administrative activities. This study aims to examine strategies for optimizing Metro Ethernet network performance through effective bandwidth management in a campus network environment. The research employs a literature review method with a descriptive-analytical approach, analyzing various academic publications related to Metro Ethernet, bandwidth management, and Quality of Service (QoS). The findings indicate that network performance issues are not solely caused by limited bandwidth capacity, but rather by the absence of proper bandwidth allocation and traffic prioritization mechanisms. Implementing structured bandwidth management, including service prioritization, traffic control, and continuous network monitoring, significantly improves QoS parameters such as throughput stability, reduced delay and jitter, and minimized packet loss. Therefore, bandwidth management serves as a strategic approach to ensuring stable, fair, and efficient network services in campus environments without requiring substantial increases in bandwidth capacity.*

**Keywords:** Metro Ethernet, bandwidth management, network performance, Quality of Service, campus network.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) di lingkungan kampus mengalami peningkatan yang sangat signifikan seiring dengan transformasi digital di bidang pendidikan tinggi. Aktivitas akademik dan non-akademik seperti pembelajaran daring dan hybrid, sistem informasi akademik, layanan e-library, video conference, penelitian berbasis komputasi, hingga layanan administrasi digital menuntut ketersediaan jaringan komputer yang cepat, stabil, dan andal. Jaringan tidak lagi berfungsi sebagai sarana pendukung, melainkan telah menjadi infrastruktur utama yang menentukan kualitas layanan dan efektivitas proses akademik di perguruan tinggi (Al-Fuqaha et al., 2022).

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, banyak kampus mengadopsi jaringan Metro Ethernet sebagai tulang punggung (backbone) jaringan antar gedung dan fakultas (Cisco Systems, 2021). Teknologi Metro Ethernet menawarkan keunggulan berupa kecepatan transmisi data yang tinggi, fleksibilitas dalam pengembangan jaringan, kemudahan integrasi dengan jaringan lokal (LAN), serta efisiensi biaya operasional dibandingkan teknologi jaringan konvensional. Dengan karakteristik tersebut, Metro Ethernet menjadi solusi yang ideal untuk mendukung konektivitas skala besar di lingkungan kampus (Forouzan, 2021).

Namun demikian, peningkatan jumlah pengguna dan beragamnya jenis layanan jaringan sering kali menimbulkan permasalahan kinerja. Salah satu masalah utama yang kerap terjadi adalah penggunaan bandwidth yang tidak terkontrol, di mana sebagian pengguna atau aplikasi mengonsumsi bandwidth secara berlebihan. Kondisi ini menyebabkan terjadinya ketimpangan akses jaringan, penurunan kecepatan koneksi, meningkatnya delay dan packet loss, serta menurunnya kualitas layanan terutama untuk aplikasi yang bersifat real-time seperti video conference dan pembelajaran daring. Apabila tidak ditangani dengan baik, permasalahan tersebut dapat mengganggu kelancaran

aktivitas akademik dan menurunkan kepuasan pengguna jaringan kampus (Cisco Systems, 2023).

Manajemen bandwidth menjadi solusi strategis untuk mengatasi permasalahan tersebut. Melalui penerapan manajemen bandwidth, administrator jaringan dapat mengatur, membatasi, dan memprioritaskan penggunaan bandwidth berdasarkan jenis layanan dan kelompok pengguna. Teknik manajemen bandwidth seperti pengalokasian bandwidth, traffic shaping, dan penentuan prioritas layanan (Quality of Service/QoS) memungkinkan pemanfaatan sumber daya jaringan menjadi lebih adil, efisien, dan terkontrol. Dengan demikian, kinerja jaringan Metro Ethernet dapat dioptimalkan tanpa harus menambah kapasitas bandwidth secara signifikan, yang tentunya berdampak pada efisiensi biaya (Hassan et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan manajemen bandwidth yang tepat dapat mengoptimalkan kinerja jaringan Metro Ethernet pada lingkungan jaringan kampus sehingga mampu menjamin kualitas layanan yang stabil dan merata bagi seluruh pengguna. Permasalahan ini menjadi penting untuk diteliti guna memberikan solusi teknis yang aplikatif dalam pengelolaan jaringan kampus yang berkelanjutan dan berorientasi pada peningkatan kualitas layanan akademik.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif-analitis untuk mengkaji optimasi kinerja jaringan Metro Ethernet berbasis manajemen bandwidth pada lingkungan jaringan kampus. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan, menelaah, dan menganalisis berbagai sumber pustaka yang relevan, seperti buku teks jaringan komputer, artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding konferensi, serta dokumen teknis terkait Metro Ethernet, manajemen

bandwidth, dan Quality of Service (QoS). Literatur yang digunakan dipilih secara selektif berdasarkan relevansi topik, kebaruan kajian, dan kredibilitas sumber guna memperoleh landasan teoritis dan konseptual yang kuat dalam membahas permasalahan penelitian (Hilalludin, 2025).

Tahapan penelitian meliputi identifikasi konsep dan karakteristik jaringan Metro Ethernet, teknik-teknik manajemen bandwidth yang umum diterapkan, serta parameter kinerja jaringan yang digunakan dalam evaluasi QoS, seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss. Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif terhadap hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi pola, kelebihan, dan keterbatasan penerapan manajemen bandwidth di lingkungan kampus. Hasil analisis literatur tersebut kemudian disintesis untuk merumuskan solusi dan rekomendasi strategis mengenai penerapan manajemen bandwidth yang efektif dalam mengoptimalkan kinerja jaringan Metro Ethernet, sehingga dapat mendukung kebutuhan layanan akademik dan administrasi secara berkelanjutan (Hilalludin, 2025).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Permasalahan Kinerja Jaringan Metro Ethernet di Lingkungan Kampus**

Berdasarkan hasil kajian literatur, permasalahan kinerja jaringan Metro Ethernet yang paling dominan di lingkungan kampus adalah ketidakseimbangan pemanfaatan bandwidth antar pengguna dan antar jenis layanan. Lingkungan kampus merupakan ekosistem jaringan yang kompleks karena melibatkan jumlah pengguna yang besar, heterogen, dan memiliki pola akses yang dinamis (IEEE Standards Association, 2022). Mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan mengakses jaringan secara bersamaan dengan kebutuhan yang berbeda-beda, mulai dari akses ringan seperti sistem informasi akademik hingga layanan intensif bandwidth seperti video conference, pembelajaran daring berbasis multimedia, dan layanan cloud. Lonjakan trafik data umumnya terjadi pada jam sibuk perkuliahan, ketika

aktivitas akademik berlangsung secara serentak, sehingga menyebabkan beban jaringan meningkat secara signifikan (Hidayat & Prasetyo, 2022).

Dalam perspektif teori jaringan komputer, kondisi tersebut berkaitan erat dengan konsep *network congestion*, yaitu keadaan ketika kapasitas jaringan tidak mampu melayani seluruh permintaan trafik secara optimal. Tanpa mekanisme pengelolaan *bandwidth* yang efektif, paket data akan saling berebut sumber daya jaringan, menyebabkan antrean (*queue*) yang panjang pada perangkat jaringan seperti switch dan router. Akibatnya, kinerja jaringan menurun yang ditandai dengan meningkatnya *delay* dan *jitter*, serta terjadinya *packet loss*. Fenomena ini menunjukkan bahwa kinerja jaringan tidak hanya ditentukan oleh kapasitas *bandwidth* yang tersedia, tetapi juga oleh bagaimana *bandwidth* tersebut dikelola dan didistribusikan (Kurose & Ross, 2021).

Literatur juga menegaskan bahwa aplikasi yang bersifat *bandwidth-intensive* cenderung mendominasi penggunaan jaringan apabila tidak diberi pembatasan atau prioritas tertentu. Layanan seperti video streaming, unduhan data berukuran besar, dan penggunaan media sosial beresolusi tinggi sering kali mengonsumsi *bandwidth* dalam jumlah besar secara terus-menerus (Liu et al., 2023). Dalam teori *Quality of Service (QoS)*, kondisi ini dikenal sebagai *unfair bandwidth allocation*, di mana tidak adanya pengaturan prioritas menyebabkan layanan non-kritis mengambil porsi *bandwidth* yang seharusnya dialokasikan untuk layanan yang lebih penting. Dampaknya, layanan krusial seperti sistem informasi akademik, pembelajaran daring, dan video conference mengalami degradasi performa, meskipun secara teknis jaringan Metro Ethernet memiliki kapasitas yang memadai (Kaur et al., 2021).

Penurunan performa tersebut dapat dijelaskan melalui parameter-parameter QoS, yaitu *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Ketika jaringan mengalami kepadatan trafik, nilai *throughput* efektif untuk layanan penting

menjadi tidak stabil, sementara delay dan jitter meningkat secara signifikan, terutama pada aplikasi real-time. Packet loss yang terjadi akibat buffer overflow pada perangkat jaringan semakin memperburuk kualitas layanan, sehingga mengganggu proses pembelajaran dan aktivitas akademik. Hal ini sejalan dengan teori QoS yang menyatakan bahwa aplikasi real-time sangat sensitif terhadap keterlambatan dan kehilangan paket data (Mahmood & Hill, 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa permasalahan kinerja jaringan Metro Ethernet di lingkungan kampus bukan semata-mata disebabkan oleh keterbatasan kapasitas infrastruktur, melainkan lebih pada tidak adanya mekanisme pengaturan dan prioritas penggunaan bandwidth yang sistematis. Tanpa manajemen bandwidth yang terencana, keunggulan Metro Ethernet sebagai jaringan berkecepatan tinggi dan skalabel tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan manajemen bandwidth yang berbasis QoS sebagai solusi strategis untuk mengatasi ketimpangan akses, mengurangi kemacetan jaringan, dan menjamin kualitas layanan yang stabil serta merata bagi seluruh pengguna jaringan kampus (Sanjaya, Dewi, & Hilalludin, 2025).

### **Peran Manajemen Bandwidth dalam Meningkatkan Kualitas Layanan Jaringan**

Hasil kajian pustaka menunjukkan bahwa manajemen bandwidth memiliki peran yang sangat strategis dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan Metro Ethernet, khususnya di lingkungan kampus yang memiliki karakteristik trafik tinggi dan heterogen. Dalam teori manajemen jaringan komputer, bandwidth dipandang sebagai sumber daya terbatas yang harus dikelola secara efisien agar mampu melayani berbagai kebutuhan aplikasi secara bersamaan. Tanpa mekanisme pengaturan yang jelas, jaringan cenderung mengalami ketimpangan distribusi sumber daya, di mana sebagian

kecil pengguna atau aplikasi menguasai bandwidth secara berlebihan, sementara layanan penting lainnya mengalami degradasi performa (Nugroho & Setiawan, 2023).

Penerapan manajemen bandwidth memungkinkan administrator jaringan untuk melakukan pengaturan alokasi bandwidth berdasarkan tingkat kepentingan layanan dan karakteristik trafik. Melalui penentuan prioritas trafik (traffic prioritization), layanan yang bersifat kritis seperti sistem informasi akademik, pembelajaran daring, dan video conference dapat diberikan prioritas lebih tinggi dibandingkan layanan non-kritis. Konsep ini sejalan dengan teori Quality of Service (QoS) yang menekankan pentingnya diferensiasi layanan (service differentiation) dalam jaringan berbasis paket, sehingga setiap jenis aplikasi memperoleh perlakuan yang sesuai dengan kebutuhan kualitas layanannya (Pratama, 2022).

Teknik-teknik manajemen bandwidth seperti traffic shaping, bandwidth allocation, dan rate limiting berfungsi untuk mengendalikan laju pengiriman data agar tetap berada dalam batas yang telah ditentukan. Traffic shaping, misalnya, bekerja dengan cara mengatur aliran trafik agar lebih teratur dan mengurangi lonjakan data secara tiba-tiba (traffic burst). Pendekatan ini berkontribusi dalam mengurangi kemacetan jaringan dan menjaga stabilitas performa jaringan Metro Ethernet. Sementara itu, bandwidth allocation memungkinkan pembagian kapasitas jaringan secara proporsional dan adil antar pengguna maupun antar jenis layanan, sehingga mencegah terjadinya dominasi penggunaan jaringan oleh aplikasi yang bersifat bandwidth-intensive (Qadir et al., 2022).

Sejumlah penelitian terdahulu yang dikaji dalam literatur menunjukkan bahwa penerapan manajemen bandwidth secara konsisten berdampak positif terhadap peningkatan parameter Quality of Service. Peningkatan throughput yang lebih stabil mencerminkan efisiensi

pemanfaatan bandwidth, sementara penurunan nilai delay dan jitter menunjukkan bahwa jaringan mampu melayani aplikasi real-time dengan lebih baik. Selain itu, berkurangnya packet loss mengindikasikan bahwa mekanisme pengelolaan trafik berhasil mengurangi antrean berlebih pada perangkat jaringan. Temuan ini memperkuat teori QoS yang menyatakan bahwa pengendalian trafik dan prioritas layanan merupakan faktor kunci dalam menjaga kualitas jaringan berbasis Metro Ethernet (Rahman & Wibowo, 2024).

Dalam konteks lingkungan kampus, peningkatan kualitas layanan jaringan melalui manajemen bandwidth memberikan dampak langsung terhadap kelancaran aktivitas akademik dan administrasi. Pembelajaran daring dan video conference menjadi lebih stabil, sistem informasi akademik dapat diakses dengan responsif, serta layanan digital kampus berjalan secara optimal. Dengan demikian, manajemen bandwidth tidak hanya berfungsi sebagai instrumen teknis untuk membatasi penggunaan jaringan, tetapi juga sebagai strategi optimasi kinerja jaringan Metro Ethernet yang berorientasi pada peningkatan kualitas layanan, efisiensi pemanfaatan sumber daya, dan keberlanjutan infrastruktur jaringan kampus (Said & Hilalludin, 2025).

### **Strategi Optimasi Jaringan Metro Ethernet Berbasis Manajemen Bandwidth**

Berdasarkan hasil analisis literatur, optimasi jaringan Metro Ethernet di lingkungan kampus menuntut penerapan strategi manajemen bandwidth yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga terstruktur dan berorientasi jangka panjang. Dalam teori manajemen jaringan, optimasi dipahami sebagai upaya memaksimalkan kinerja jaringan melalui pemanfaatan sumber daya yang tersedia secara efisien tanpa harus selalu menambah kapasitas fisik jaringan. Oleh karena itu, kebijakan manajemen bandwidth yang dirancang



secara sistematis menjadi fondasi utama dalam menjaga stabilitas dan kualitas layanan jaringan kampus yang dinamis dan padat pengguna (Stallings, 2021).

Salah satu strategi utama yang direkomendasikan dalam literatur adalah pengelompokan layanan jaringan berdasarkan tingkat prioritas. Pendekatan ini sejalan dengan konsep service classification dalam teori Quality of Service (QoS), yang menekankan pentingnya klasifikasi trafik berdasarkan karakteristik dan kebutuhan kualitas layanan. Layanan akademik utama seperti pembelajaran daring, sistem informasi akademik, dan video conference ditempatkan pada prioritas tertinggi karena memiliki peran krusial dalam mendukung proses pendidikan (Sugari & Hilalludin, 2025). Layanan administrasi berada pada prioritas menengah, sementara layanan umum seperti akses hiburan dan media sosial ditempatkan pada prioritas lebih rendah. Dengan skema ini, alokasi bandwidth dapat disesuaikan secara proporsional sehingga layanan-layanan kritis tetap berjalan optimal meskipun terjadi lonjakan trafik (Suryadi & Kurniawan, 2021).

Selain pengelompokan layanan, literatur juga menekankan pentingnya penerapan mekanisme manajemen bandwidth yang adaptif. Strategi ini mengacu pada konsep dynamic bandwidth management, di mana alokasi bandwidth dapat disesuaikan secara fleksibel berdasarkan kondisi jaringan dan pola penggunaan. Melalui penerapan teknik seperti traffic shaping dan rate limiting yang dikombinasikan dengan kebijakan prioritas, jaringan Metro Ethernet dapat merespons perubahan beban trafik secara lebih efektif. Pendekatan ini membantu mengurangi risiko kemacetan jaringan dan menjaga nilai parameter QoS tetap berada dalam batas yang dapat diterima (Wang et al., 2023).

Pemantauan kinerja jaringan secara berkelanjutan juga menjadi elemen penting dalam strategi optimasi jaringan Metro Ethernet. Dalam teori network monitoring and control, monitoring trafik berfungsi sebagai dasar

pengambilan keputusan dalam pengelolaan jaringan. Dengan memantau parameter seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss, administrator jaringan dapat mengidentifikasi potensi bottleneck serta mengevaluasi efektivitas kebijakan manajemen bandwidth yang diterapkan. Informasi hasil monitoring memungkinkan dilakukannya penyesuaian kebijakan secara dinamis, sehingga jaringan dapat beradaptasi terhadap kebutuhan pengguna yang terus berubah (Yani & Putra, 2024).

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa kombinasi antara pengelompokan layanan berbasis prioritas, penerapan manajemen bandwidth yang adaptif, dan pemantauan jaringan secara berkelanjutan mampu menjawab permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini. Strategi tersebut tidak hanya menjamin kualitas layanan jaringan yang stabil dan merata bagi seluruh pengguna kampus, tetapi juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya jaringan secara keseluruhan. Dengan demikian, optimasi jaringan Metro Ethernet berbasis manajemen bandwidth menjadi pendekatan yang efektif dan berkelanjutan dalam mendukung transformasi digital di lingkungan kampus tanpa harus melakukan penambahan kapasitas bandwidth secara signifikan (Zhang et al., 2022).

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil kajian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa permasalahan kinerja jaringan Metro Ethernet di lingkungan kampus tidak semata-mata disebabkan oleh keterbatasan kapasitas bandwidth, melainkan lebih dipengaruhi oleh tidak optimalnya pengelolaan dan distribusi bandwidth antar pengguna dan layanan. Ketidakseimbangan pemanfaatan bandwidth, dominasi aplikasi yang bersifat bandwidth-intensive, serta tidak adanya prioritas layanan menyebabkan terjadinya kemacetan jaringan dan penurunan kualitas layanan. Kondisi ini berdampak langsung pada menurunnya performa layanan akademik yang bersifat krusial, seperti

pembelajaran daring, sistem informasi akademik, dan video conference, yang menuntut stabilitas dan kualitas jaringan yang tinggi.

Penerapan manajemen bandwidth yang terstruktur dan berkelanjutan terbukti menjadi strategi yang efektif dalam mengoptimalkan kinerja jaringan Metro Ethernet di lingkungan kampus. Melalui pengelompokan layanan berbasis prioritas, penerapan teknik pengendalian trafik, serta pemantauan kinerja jaringan secara berkala, kualitas layanan jaringan dapat dijaga tetap stabil dan merata tanpa harus menambah kapasitas bandwidth secara signifikan. Dengan demikian, manajemen bandwidth tidak hanya berperan sebagai solusi teknis, tetapi juga sebagai pendekatan strategis dalam mendukung keberlanjutan infrastruktur jaringan kampus dan memperkuat transformasi digital di bidang pendidikan tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2022). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24(1), 234–275. <https://doi.org/10.1109/COMST.2021.3090960>
- Cisco Systems. (2021). *Quality of Service design overview*. Cisco Press.
- Cisco Systems. (2023). *Enterprise campus network design guide*. Cisco Press.
- Forouzan, B. A. (2021). *Data communications and networking* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hassan, M. M., Lin, K., Yue, X., & Wan, J. (2021). A survey on wireless sensor network for Internet of Things. *Computer Networks*, 181, 107493. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107493>
- Hidayat, R., & Prasetyo, E. (2022). Analisis quality of service pada jaringan Metro Ethernet menggunakan metode traffic shaping. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(3), 521–530. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202293456>
- Hilalludin, H. (2025). Anak Muda, Media Sosial, Dan Agama Yang Cair: Fenomenologi Hijrah Digital Di Indonesia. *AL-BAYAN: JURNAL HUKUM DAN EKONOMI ISLAM*, 5(1), 40-54.
- Hilalludin, H. (2026). Implementasi Kebijakan Moderasi Beragama Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *An-Nuriyah: Journal Of Islamic Technology And Informatics Education*, 2(01), 84-99.
- Hilalludin, H., Supratama, R., & Addzaky, K. U. (2025). A REVIEW AND ANALYSIS OF THE SCOPE OF AQIDAH AKHLAQ SUBJECTS IN ISLAMIC

- ELEMENTARY SCHOOLS. *Jurnal Pendidikan Dasar Dan Pengembangan Pembelajaran*, 1(1), 1-10.
- IEEE Standards Association. (2022). *IEEE standard for Ethernet (IEEE 802.3)*. IEEE.
- Kaur, K., Singh, K., & Ghumman, N. (2021). Performance evaluation of QoS parameters for real-time traffic. *International Journal of Network Management*, 31(4), e2164. <https://doi.org/10.1002/nem.2164>
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). *Computer networking: A top-down approach* (8th ed.). Pearson Education.
- Liu, Y., Li, J., & Chen, X. (2023). Bandwidth management and traffic optimization in large-scale enterprise networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 208, 103508. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2022.103508>
- Mahmood, Z., & Hill, R. (2021). *Cloud computing for enterprise architectures*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67868-5>
- Nugroho, A., & Setiawan, D. (2023). Implementasi manajemen bandwidth untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan kampus. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 6(2), 112–121.
- Pratama, I. P. A. E. (2022). *Handbook jaringan komputer dan komunikasi data*. Informatika Bandung.
- Qadir, J., Ali, A., Rasool, R. U., Zwitter, A., Sathiaselvan, A., & Crowcroft, J. (2022). Crisis analytics: Big data-driven crisis response. *Journal of Network and Computer Applications*, 188, 103111. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103111>
- Rahman, F., & Wibowo, S. (2024). Evaluasi performa jaringan Metro Ethernet berbasis Quality of Service pada institusi pendidikan tinggi. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 8(1), 45–54. <https://doi.org/10.29207/resti.v8i1.5678>
- Said, G. H. N., & Hilalludin, H. (2025). Analisis Efektivitas Pembiayaan Murabahah terhadap Pemberdayaan UMKM di Indonesia. *AL HILALI: Jurnal Perbankan dan Ekonomi Islam*, 1(1), 31-41.
- Sanjaya, R., Dewi, A. L., & Hilalludin, H. (2025). Inovasi Digital Pada Perbankan Syariah: Peluang Dan Tantangan Dalam Era Ekonomi 4.0. *AL HILALI: Jurnal Perbankan Dan Ekonomi Islam*, 1(1), 16-30.
- Stallings, W. (2021). *Foundations of modern networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and cloud*. Pearson Education.
- Sugari, D., & Hilalludin, H. (2025). Optimalisasi Fungsi Masjid Sebagai Pusat Ibadah, Pendidikan, dan Sosial Masyarakat Melalui Program Pengabdian di Masjid Al-Muttaqin Semin, Gunungkidul. *IQOMAH: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(01), 50-63.
- Suryadi, D., & Kurniawan, A. (2021). Manajemen bandwidth menggunakan queue tree untuk optimalisasi jaringan kampus. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(4), 189–197. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.13567>

- Wang, Y., Chen, Z., & Li, H. (2023). Traffic classification and QoS optimization in Ethernet-based networks. *Computer Communications*, 198, 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.11.004>
- Yani, A., & Putra, R. (2024). Analisis penerapan QoS untuk mendukung pembelajaran daring berbasis jaringan kampus. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 5(1), 33–42.
- Zhang, Q., Luo, J., & Chen, Y. (2022). Network congestion control and bandwidth optimization for high-speed Ethernet networks. *IEEE Access*, 10, 45678–45689. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3167890>