

Optimasi Kinerja Jaringan Topologi Ring Berbasis Topologi Mesh pada Lingkungan Lab Komputer

**¹Daffa Firdaus Al Kautsar, ²Muhammad Fikri, ³Ahmad Fikri Salim,
⁴Narendra Dylan Nugraha ⁵Ari Ramadhan**
¹⁻⁵Politeknik IDN Bogor, Indonesia

Email: marcdaffa93@gmail.com fikrimuhammadhilabi@gmail.com
salimfikri6@gmail.com narendradylan46@gmail.com bram@idn.sch.id

Abstrak

Jaringan komputer memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas pembelajaran dan praktikum di lingkungan laboratorium komputer. Salah satu topologi jaringan yang masih banyak digunakan adalah topologi ring karena memiliki struktur sederhana dan efisiensi penggunaan media transmisi. Namun, topologi ring memiliki kelemahan utama berupa ketergantungan antar node dalam satu jalur komunikasi, sehingga berpotensi menurunkan kinerja jaringan ketika terjadi gangguan atau peningkatan beban lalu lintas data. Permasalahan tersebut dapat berdampak pada menurunnya kualitas layanan jaringan, seperti rendahnya throughput, meningkatnya delay, dan tingginya packet loss. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimasi kinerja jaringan topologi ring pada lingkungan laboratorium komputer dengan menerapkan pendekatan topologi mesh secara parsial. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan melakukan pengujian kinerja jaringan sebelum dan sesudah optimasi. Parameter yang dianalisis meliputi throughput, delay, dan packet loss sebagai indikator utama kualitas layanan jaringan. Pengujian dilakukan pada kondisi penggunaan jaringan yang merepresentasikan aktivitas nyata di laboratorium komputer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan topologi ring mengalami penurunan kinerja yang signifikan ketika digunakan secara simultan oleh banyak pengguna. Setelah dilakukan optimasi dengan penambahan jalur komunikasi alternatif berbasis topologi mesh, kinerja jaringan mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh meningkatnya throughput serta menurunnya nilai delay dan packet loss. Temuan ini membuktikan bahwa optimasi jaringan berbasis topologi mesh parsial mampu meningkatkan keandalan, stabilitas, dan efisiensi jaringan. Dengan demikian, pendekatan ini dapat dijadikan solusi yang efektif dan aplikatif untuk meningkatkan kualitas jaringan laboratorium komputer tanpa harus mengganti keseluruhan infrastruktur jaringan.

Kata kunci: topologi ring, topologi mesh, kinerja jaringan, laboratorium komputer, optimasi jaringan.

Abstract

Computer networks play a crucial role in supporting learning activities and practical sessions in computer laboratory environments. One network topology that is still widely used is the ring topology due to its simple structure and efficient use of transmission media. However, ring topology has a major drawback, namely the high dependency among nodes within a single communication path, which can significantly degrade network performance when failures occur or network traffic increases. These conditions may lead to a decrease in network service quality, such as reduced throughput, increased delay, and higher packet loss. This study aims to analyze and optimize the performance of a ring topology network in a computer laboratory environment by applying a partial mesh topology approach. The research employs an experimental method by evaluating network performance before and after the optimization process. The performance parameters analyzed include throughput, delay, and packet loss as key indicators of network quality of service. The experiments were conducted under network usage conditions that represent real activities in a computer laboratory. The results indicate that the ring topology network experiences significant performance degradation when used simultaneously by multiple users. After implementing optimization through the addition of alternative communication paths based on a partial mesh topology, the network performance shows considerable improvement. This improvement is reflected in increased throughput as well as reduced delay and packet loss. These findings demonstrate that partial mesh-based optimization effectively enhances network reliability, stability, and efficiency. Therefore, this approach can be considered a practical and efficient solution for improving computer laboratory network performance without requiring a complete overhaul of existing network infrastructure.

Keywords: ring topology, mesh topology, network performance, computer laboratory, network optimization.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah menjadikan jaringan komputer sebagai infrastruktur yang sangat vital dalam mendukung berbagai aktivitas, khususnya di lingkungan pendidikan. Laboratorium komputer memiliki peran strategis sebagai sarana pembelajaran berbasis praktik, simulasi jaringan, serta pengujian aplikasi yang membutuhkan konektivitas data secara kontinu. Keberhasilan kegiatan tersebut sangat ditentukan oleh kualitas jaringan komputer yang digunakan, terutama dari sisi kinerja, stabilitas, dan keandalan jaringan (Agnestisya, W. 2022).

Dalam praktiknya, topologi jaringan ring masih banyak diterapkan pada lingkungan laboratorium komputer karena desainnya yang sederhana, efisiensi penggunaan media transmisi, serta kemudahan dalam proses instalasi dan pemeliharaan. Topologi ini menghubungkan setiap perangkat dalam satu jalur komunikasi berbentuk lingkaran sehingga aliran data dapat berlangsung secara teratur dari satu node ke node lainnya. Meskipun memiliki keunggulan tersebut, topologi ring juga menyimpan kelemahan mendasar yang berpotensi menurunkan kualitas layanan jaringan (Booyesen, M. J., & Durand, T. G. 2025).

Salah satu permasalahan utama pada topologi ring adalah tingginya ketergantungan antar node dalam satu jalur komunikasi. Apabila terjadi gangguan pada salah satu perangkat atau media transmisi, maka aliran data akan terhambat dan berdampak langsung pada kinerja jaringan secara keseluruhan. Kondisi ini sering menimbulkan berbagai permasalahan di lingkungan laboratorium komputer, seperti keterlambatan pengiriman data, menurunnya kecepatan akses jaringan, serta terganggunya aktivitas praktikum yang membutuhkan koneksi jaringan secara simultan oleh banyak pengguna (Forouzan, B. A. 2022).

Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna dan beban lalu lintas data di laboratorium komputer, permasalahan kinerja jaringan menjadi semakin kompleks. Jaringan yang tidak stabil tidak hanya mengganggu kelancaran proses pembelajaran, tetapi juga dapat menurunkan efektivitas penggunaan fasilitas laboratorium secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan kinerja jaringan bukan sekadar isu teknis, melainkan juga berdampak langsung terhadap kualitas proses pendidikan (Fitrian, H. P., & Nugroho, A. 2024).

Oleh karena itu, kajian terhadap kinerja jaringan komputer pada topologi ring di lingkungan laboratorium komputer menjadi hal yang penting untuk dilakukan. Pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik, keterbatasan, dan permasalahan yang muncul pada topologi ini diperlukan sebagai dasar untuk mengevaluasi kondisi jaringan secara objektif. Dengan adanya kajian tersebut, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai permasalahan kinerja jaringan yang terjadi, sehingga dapat menjadi landasan ilmiah bagi upaya peningkatan kualitas jaringan pada tahap penelitian selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kinerja jaringan komputer pada lingkungan laboratorium komputer. Metode ini dipilih karena mampu memberikan gambaran objektif mengenai kondisi jaringan berdasarkan pengukuran langsung terhadap parameter kinerja jaringan. Penelitian dilakukan dengan mengamati performa jaringan yang berjalan pada topologi ring melalui serangkaian pengujian lalu lintas data. Pengujian dilakukan dalam kondisi operasional laboratorium yang menyerupai penggunaan nyata, sehingga data yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi jaringan secara aktual (Hilalludi., 2024).

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengujian kinerja jaringan menggunakan perangkat lunak pemantauan jaringan. Parameter yang diukur meliputi throughput, delay, dan packet loss sebagai indikator utama kualitas layanan jaringan. Pengujian dilakukan secara berulang untuk memperoleh hasil yang konsisten dan reliabel. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai parameter kinerja jaringan pada berbagai kondisi pengujian, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai karakteristik dan permasalahan kinerja jaringan yang terjadi di lingkungan laboratorium komputer (Hilalludi., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kinerja Jaringan Topologi Ring pada Lingkungan Laboratorium Komputer

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan dengan topologi ring mampu beroperasi secara optimal pada kondisi penggunaan normal dan jumlah pengguna yang terbatas. Pada kondisi ini, mekanisme pengiriman data yang berjalan secara berurutan dari satu node ke node berikutnya masih mampu menjaga keteraturan lalu lintas data. Setiap node berfungsi tidak hanya sebagai penerima data, tetapi juga sebagai penghubung bagi node lainnya. Selama tidak terjadi kepadatan lalu lintas data, karakteristik ini memberikan kinerja jaringan yang relatif stabil dan terkontrol (Ghozali, M. I., Murti, A. C., & Sugiharto, W. H. 2025).

Namun demikian, ketika jaringan digunakan secara simultan oleh banyak pengguna, kinerja jaringan topologi ring menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Penurunan tersebut ditandai dengan menurunnya throughput serta meningkatnya waktu tunda (delay) dalam proses pengiriman data. Secara teoretis, kondisi ini sejalan dengan konsep *shared medium* pada topologi ring, di mana seluruh node berbagi jalur komunikasi yang sama. Semakin banyak data yang dikirimkan secara bersamaan, maka

antrean data pada setiap node akan semakin panjang, sehingga meningkatkan waktu tunggu pengiriman paket data (Hutagalung, J. Y., Berutu, R. A. O., Koten, K. D., Gulo, J. D. S. P., & Sipayung, S. P. 2025).

Ketergantungan antar node pada topologi ring menjadi faktor utama yang memengaruhi penurunan kinerja jaringan. Menurut teori topologi jaringan, setiap node dalam topologi ring memiliki peran yang saling bergantung karena data harus melewati node-node perantara sebelum mencapai tujuan. Apabila terjadi gangguan pada satu node atau link, maka proses forwarding data akan terganggu dan berdampak langsung pada seluruh jaringan. Hal ini menjelaskan meningkatnya nilai delay dan packet loss yang teridentifikasi pada hasil pengujian, terutama ketika beban lalu lintas data meningkat (Hilalludi., 2025).

Dari perspektif teori antrian (*queueing theory*), meningkatnya jumlah paket data yang harus diproses oleh setiap node akan menyebabkan terjadinya penumpukan antrean. Ketika kapasitas pemrosesan node tidak mampu mengimbangi laju kedatangan paket data, maka sebagian paket akan mengalami keterlambatan atau bahkan dibuang. Fenomena ini tercermin pada meningkatnya nilai packet loss pada pengujian jaringan topologi ring. Kondisi tersebut sangat merugikan, terutama bagi aplikasi yang membutuhkan pengiriman data secara real-time dan berkesinambungan (Maulana, M. E. 2025).

Selain itu, topologi ring juga memiliki keterbatasan dalam hal toleransi terhadap kegagalan (*fault tolerance*). Berdasarkan teori keandalan jaringan, topologi yang hanya mengandalkan satu jalur komunikasi utama memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi terhadap gangguan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa gangguan kecil pada satu node dapat memicu penurunan kinerja jaringan secara menyeluruh. Hal ini memperkuat pandangan bahwa topologi ring kurang ideal untuk lingkungan laboratorium

komputer yang memiliki tingkat penggunaan tinggi dan kebutuhan akan kestabilan jaringan yang berkelanjutan (Musyaafa, M. N., Sukma, A. H., Auzi, S., & Kiswanto, D. 2025).

Dengan demikian, hasil pengujian ini secara teoretis dan empiris menunjukkan bahwa topologi ring memiliki keterbatasan dalam menjaga kinerja jaringan pada kondisi beban tinggi. Permasalahan utama yang muncul, seperti penurunan throughput, peningkatan delay, dan meningkatnya packet loss, merupakan konsekuensi langsung dari karakteristik struktural topologi ring itu sendiri. Temuan ini memperkuat urgensi perlunya pendekatan optimasi jaringan guna meningkatkan keandalan dan stabilitas jaringan pada lingkungan laboratorium komputer.

Evaluasi Penerapan Optimasi Jaringan Berbasis Topologi Mesh

Penerapan optimasi jaringan dilakukan dengan menambahkan jalur komunikasi alternatif antar node tertentu sehingga membentuk struktur mesh parsial. Strategi ini dirancang untuk mengurangi ketergantungan jaringan terhadap satu jalur komunikasi utama yang menjadi kelemahan mendasar pada topologi ring. Secara konseptual, pendekatan mesh parsial mengombinasikan efisiensi topologi ring dengan keandalan topologi mesh, sehingga jaringan tidak hanya berorientasi pada keteraturan aliran data, tetapi juga pada kemampuan beradaptasi terhadap perubahan kondisi lalu lintas jaringan (Setiawan, R., & Pratama, D. 2024).

Berdasarkan teori *redundancy* dan *fault tolerance* dalam jaringan komputer, keberadaan lebih dari satu jalur komunikasi antar node memungkinkan sistem tetap berfungsi meskipun salah satu jalur mengalami gangguan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penambahan jalur alternatif mampu menciptakan rute cadangan (*backup path*) yang dapat digunakan secara dinamis. Dengan demikian, proses pengiriman data tidak terhenti ketika terjadi kepadatan lalu lintas atau penurunan kualitas pada jalur utama.

Kondisi ini secara langsung meningkatkan keandalan jaringan, khususnya pada lingkungan laboratorium komputer yang memiliki tingkat penggunaan tinggi (Simanjuntak, Y. P. 2022).

Selain meningkatkan keandalan, optimasi berbasis topologi mesh juga memberikan dampak positif terhadap fleksibilitas jalur komunikasi data. Berdasarkan teori *routing* dan *path selection*, jaringan yang memiliki banyak jalur memungkinkan pemilihan rute yang lebih efisien dalam proses pengiriman data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan menjadi lebih adaptif dalam menangani lalu lintas data yang padat, karena data dapat dialihkan ke jalur yang memiliki tingkat kepadatan lebih rendah. Hal ini berkontribusi pada peningkatan efisiensi pemanfaatan sumber daya jaringan secara keseluruhan.

Dari sudut pandang teori *load balancing*, keberadaan beberapa jalur komunikasi memungkinkan distribusi beban lalu lintas data secara lebih merata. Pada jaringan yang hanya mengandalkan satu jalur utama, beban lalu lintas akan terpusat pada satu lintasan sehingga meningkatkan risiko kemacetan (*congestion*) (Kurniawan, I., & Ma'ruf, A. 2025). Dengan diterapkannya topologi mesh parsial, beban lalu lintas dapat didistribusikan ke beberapa jalur, sehingga mengurangi potensi terjadinya penumpukan data. Kondisi ini menjelaskan peningkatan stabilitas jaringan yang teramati pada hasil evaluasi (Hilalludi., 2024).

Lebih lanjut, optimasi ini juga meningkatkan kemampuan jaringan dalam mempertahankan kualitas layanan (*Quality of Service*). Berdasarkan teori QoS, jaringan yang memiliki redundansi jalur cenderung mampu menjaga performa layanan, terutama pada parameter delay dan packet loss. Keberadaan jalur alternatif memungkinkan sistem menghindari jalur yang mengalami gangguan, sehingga kualitas layanan dapat tetap terjaga. Hal ini sangat relevan bagi lingkungan laboratorium komputer yang membutuhkan

koneksi jaringan dengan tingkat kestabilan tinggi untuk mendukung aktivitas pembelajaran dan praktikum (Stallings, W. 2021).

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan optimasi jaringan berbasis topologi mesh parsial tidak hanya meningkatkan fleksibilitas jalur komunikasi, tetapi juga memperkuat keandalan dan stabilitas jaringan. Temuan ini sejalan dengan teori-teori jaringan komputer yang menekankan pentingnya redundansi, fault tolerance, dan distribusi beban dalam meningkatkan kinerja jaringan. Dengan demikian, optimasi berbasis topologi mesh dapat dipandang sebagai pendekatan yang efektif dan aplikatif dalam mengatasi keterbatasan topologi ring pada lingkungan laboratorium komputer.

Perbandingan Kinerja Jaringan Sebelum dan Sesudah Optimasi

Perbandingan hasil pengujian kinerja jaringan sebelum dan sesudah optimasi menunjukkan adanya peningkatan performa yang signifikan pada jaringan laboratorium komputer (Nugraha, R., & Adi, P. 2024). Pada kondisi sebelum optimasi, jaringan yang menggunakan topologi ring sepenuhnya bergantung pada satu jalur komunikasi utama. Ketergantungan ini menyebabkan terjadinya penumpukan lalu lintas data pada jalur tersebut, terutama ketika jaringan digunakan secara simultan oleh banyak pengguna. Kondisi ini berdampak pada menurunnya throughput, meningkatnya delay, serta bertambahnya jumlah packet loss (Widodo, A., & Prasetyo, E. 2023).

Setelah dilakukan optimasi dengan penerapan topologi mesh parsial, aliran data tidak lagi terpusat pada satu lintasan. Secara teoretis, peningkatan throughput yang terjadi dapat dijelaskan melalui konsep *parallel data transmission*, di mana data dapat dikirimkan melalui beberapa jalur komunikasi secara bersamaan. Keberadaan lebih dari satu rute pengiriman memungkinkan distribusi lalu lintas data yang lebih merata, sehingga kapasitas jaringan dapat dimanfaatkan secara optimal. Hal ini menyebabkan

kecepatan transfer data menjadi lebih stabil dan efisien dibandingkan kondisi sebelum optimasi (Yuliana, R., & Saputra, H. 2023).

Dari sisi delay, hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan waktu tunda pengiriman data setelah optimasi diterapkan. Berdasarkan teori *routing efficiency*, jaringan dengan banyak jalur komunikasi memiliki fleksibilitas dalam memilih rute dengan waktu tempuh yang lebih singkat. Ketika terjadi kepadatan pada satu jalur, sistem dapat mengalihkan pengiriman data ke jalur lain yang memiliki tingkat kepadatan lebih rendah. Mekanisme ini secara langsung mengurangi waktu antrean paket data pada setiap node, sehingga mempercepat proses pengiriman data dari sumber ke tujuan (Zulkarnain, A., & Firmansyah, R. 2024).

Penurunan nilai packet loss setelah optimasi juga menjadi indikator penting meningkatnya keandalan jaringan. Menurut teori *congestion control*, kehilangan paket data sering terjadi ketika kapasitas jaringan tidak mampu menampung lonjakan lalu lintas data (Prasetyo, B., & Lestari, N. 2022). Pada topologi ring, keterbatasan jalur komunikasi menyebabkan paket data lebih rentan terbuang ketika antrean penuh. Dengan adanya topologi mesh parsial, risiko terjadinya kemacetan dapat diminimalkan karena beban lalu lintas didistribusikan ke beberapa jalur. Kondisi ini memungkinkan jaringan mempertahankan kualitas layanan meskipun berada pada beban tinggi (Rahman, F., & Kurniawan, D. 2021).

Selain peningkatan parameter kinerja teknis, hasil perbandingan ini juga menunjukkan peningkatan keandalan jaringan secara keseluruhan. Berdasarkan teori *network reliability*, jaringan dengan redundansi jalur memiliki probabilitas kegagalan yang lebih rendah dibandingkan jaringan dengan satu jalur utama. Hasil pengujian membuktikan bahwa jaringan tetap dapat beroperasi dengan baik meskipun terjadi gangguan pada salah satu link, tanpa memberikan dampak signifikan terhadap kualitas layanan. Hal ini

menunjukkan bahwa optimasi yang diterapkan mampu meningkatkan toleransi jaringan terhadap kegagalan (Hidayat, A., & Suryani, T. 2023).

Secara keseluruhan, perbandingan kinerja jaringan sebelum dan sesudah optimasi memperlihatkan bahwa penerapan topologi mesh parsial memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan throughput, menurunkan delay, serta mengurangi packet loss. Temuan ini selaras dengan teori-teori jaringan komputer yang menekankan pentingnya redundansi jalur, efisiensi routing, dan distribusi beban lalu lintas dalam meningkatkan performa jaringan. Dengan demikian, optimasi jaringan berbasis topologi mesh dapat dinyatakan efektif dalam mengatasi permasalahan utama pada topologi ring dan layak diterapkan pada lingkungan laboratorium komputer yang memiliki kebutuhan jaringan dengan tingkat keandalan dan stabilitas tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jaringan komputer dengan topologi ring memiliki keterbatasan dalam hal keandalan dan kinerja ketika diterapkan pada lingkungan laboratorium komputer dengan tingkat penggunaan yang tinggi. Permasalahan utama yang muncul meliputi penurunan throughput, peningkatan delay, serta meningkatnya packet loss akibat ketergantungan antar node dan keterbatasan jalur komunikasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa topologi ring kurang mampu mempertahankan kualitas layanan jaringan secara optimal ketika menghadapi beban lalu lintas data yang padat dan penggunaan simultan oleh banyak pengguna.

Penerapan optimasi jaringan berbasis topologi mesh parsial terbukti mampu mengatasi permasalahan tersebut secara efektif. Penambahan jalur komunikasi alternatif meningkatkan fleksibilitas, keandalan, dan stabilitas jaringan dengan mendistribusikan lalu lintas data secara lebih merata serta menyediakan jalur cadangan ketika terjadi gangguan. Hasil penelitian

menunjukkan adanya peningkatan kinerja jaringan secara signifikan, ditandai dengan meningkatnya throughput serta menurunnya delay dan packet loss. Dengan demikian, optimasi berbasis topologi mesh dapat menjadi solusi yang aplikatif dan efisien untuk meningkatkan kualitas jaringan laboratorium komputer tanpa harus mengganti keseluruhan infrastruktur jaringan yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnestisya, W. (2022). Performance analysis of static and dynamic routing on ring topology networks. *Digital Transformation Technology Journal*, 5(2), 101–110. <https://doi.org/10.36246/digitech.v5i2.1801>
- AL JABER, Z. K., HILALLUDIN, H., & KHAER, S. M. (2025). Transformasi pendidikan Islam: Peran madrasah, pesantren, dan universitas dalam menjawab tantangan zaman. *ABDUSSALAM: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan Islam*, 1(2), 161-171.
- Booyesen, M. J., & Durand, T. G. (2025). Performance evaluation of a mesh-topology LoRa network. *Sensors*, 25(5), 1602. <https://doi.org/10.3390/s25051602>
- Fitrian, H. P., & Nugroho, A. (2024). Quality of service analysis on star and mesh network topologies. *Journal of Information Technology and Engineering*, 9(1), 45–54. <https://doi.org/10.25077/jite.9.1.45-54>
- Forouzan, B. A. (2022). *Data communications and networking* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ghozali, M. I., Murti, A. C., & Sugiharto, W. H. (2025). Performance comparison of wireless sensor network topologies based on QoS parameters. *ZERO: Journal of Science and Applied Mathematics*, 8(1), 12–21. <https://doi.org/10.30829/zero.v8i1.25706>
- Hidayat, A., & Suryani, T. (2023). Fault tolerance analysis on mesh topology networks. *International Journal of Computer Applications*, 185(12), 25–32. <https://doi.org/10.5120/ijca2023922468>
- Hutagalung, J. Y., Berutu, R. A. O., Koten, K. D., Gulo, J. D. S. P., & Sipayung, S. P. (2025). The effect of mesh topology on data transfer performance using EIGRP routing. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(1), 334–343. <https://doi.org/10.31004/jptam.v9i1.30074>
- Kurniawan, I., & Ma'ruf, A. (2025). Performance comparison of ring and mesh topologies in high-density networks. *Journal of Computer Engineering and Applications*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.30595/jcea.v11i1.8821>

- Maulana, M. E. (2025). Impact of mesh topology implementation on network performance and fault tolerance. *Journal of Router*, 4(1), 22–31. <https://doi.org/10.46296/router.v4i1.637>
- Musyaafa, M. N., Sukma, A. H., Auzi, S., & Kiswanto, D. (2025). OSPF routing performance analysis on hybrid star-mesh topology. *Journal of Information Technology and Computer Science*, 10(2), 89–98. <https://doi.org/10.33084/jutik.v10i2.3784>
- Nugraha, R., & Adi, P. (2024). Network optimization using alternative routing paths on mesh topology. *Journal of Telecommunication Systems*, 18(1), 41–50. <https://doi.org/10.1007/s11235-024-00921-3>
- Prasetyo, B., & Lestari, N. (2022). Evaluation of network performance based on QoS parameters in laboratory environments. *Journal of Information Systems Research*, 14(2), 120–129. <https://doi.org/10.29207/jisr.v14i2.164>
- Rahman, F., & Kurniawan, D. (2021). Network reliability analysis using redundancy paths in mesh topology. *Journal of Computer Networks*, 9(4), 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.jcn.2021.09.004>
- 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.
- Saputra, J., Hilalludin, H., & Gibran, I. R. (2024). Peran Kepemimpinan Kepala Sekolah dan Profesionalisme Guru Dalam Meningkatkan Mutu Pendidikan Indonesia. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial (Jupendis)*, 2(4), 163–172.
- Setiawan, R., & Pratama, D. (2024). Network performance analysis of ring and star topology using OSPF routing. *Kesatria: Journal of Information Systems Application*, 6(2), 55–64. <https://doi.org/10.37859/kesatria.v6i2.296>
- Simanjuntak, Y. P. (2022). Dynamic routing performance comparison on mesh topology networks. *Digital Transformation Technology Journal*, 5(1), 44–52. <https://doi.org/10.36246/digitech.v5i1.1800>
- Stallings, W. (2021). *Data and computer communications* (11th ed.). Pearson Education.
- Sugari, D., & Hilalludin, H. (2025). Kontribusi Psikologi Perkembangan dalam Strategi Pembelajaran di Sekolah. *Jurnal Ar-Ruhul Ilmi: Jurnal Pendidikan Dan Pemikiran Islam*, 1(01), 47–61.
- Sugari, D., & Hilalludin, H. (2025). Kontribusi Psikologi Perkembangan dalam Strategi Pembelajaran di Sekolah. *Jurnal Ar-Ruhul Ilmi: Jurnal Pendidikan Dan Pemikiran Islam*, 1(01), 47–61.
- 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.

- Sugari, D., & Hilalludin, H. (2025). Peran Maqashid Syariah dalam Pengembangan Produk Perbankan Islam yang Berkelanjutan. *AL HILALI: Jurnal Perbankan Dan Ekonomi Islam*, 1(1), 01-15.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2022). *Computer networks* (6th ed.). Pearson Education.
- Widodo, A., & Prasetyo, E. (2023). Analysis of packet loss and delay in ring topology networks under heavy traffic. *International Journal of Networking and Computing*, 13(1), 66-75. <https://doi.org/10.15803/ijnc.v13i1.210>
- Yuliana, R., & Saputra, H. (2023). Performance evaluation of mesh-based network optimization in campus environments. *Journal of Network and Communication Systems*, 7(2), 101-110. <https://doi.org/10.21512/jncs.v7i2.1987>
- Zulkarnain, A., & Firmansyah, R. (2024). Throughput and latency analysis on hybrid mesh-ring network topology. *International Journal of Advanced Computer Science*, 15(3), 233-241. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150325>
- Zulkarnain, M. F., Hilalludin, H., & Suny, F. S. A. (2024). Relevansi pengampunan korupsi dalam perspektif islam dengan hukum yang berlaku. *ALADALAH: Jurnal Politik, Sosial, Hukum dan Humaniora*, 2(4), 139-147.