

Analisis Kinerja Jaringan Nirkabel untuk Layanan IP CCTV Berbasis Quality of Service (QoS) di PT Lima Dara Balikpapan

Maulana Aji Pangestu^{1*}, Muhammad Fahmi Abdillah², Dicky Satrio Ikhsan Utomo³

^{1,2,3}, Teknologi Informasi, Universitas Mulia

Info Artikel

Kata Kunci:

IP CCTV
QoS
Simple Queue
Wireless
TIPHON
MikroTik.

Histori Artikel

Received 19 Desember 2023
Revised 27 April 2025
Accepted 30 April 2025
Available online 15 November 2025

*Corresponding Author

Maulana Aji Pangestu
Email Address:
maulanaaji@students.universitasmulia.ac.id

Abstrak

Penggunaan teknologi IP CCTV berbasis jaringan nirkabel (wireless) menawarkan fleksibilitas tinggi dalam sistem keamanan modern. Namun, di PT Lima Dara Balikpapan, implementasi sistem ini menghadapi kendala instabilitas koneksi akibat penggunaan bandwidth yang bercampur dengan lalu lintas data operasional lainnya. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas video pemantauan, ditandai dengan tingginya delay dan packet loss. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja jaringan dan mengimplementasikan manajemen bandwidth berbasis Quality of Service (QoS) menggunakan metode Simple Queue pada router MikroTik. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan mengukur parameter Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter menggunakan perangkat lunak Wireshark, kemudian menganalisisnya berdasarkan standar TIPHON. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum penerapan QoS, kualitas jaringan berada pada kategori "Sedang". Setelah penerapan metode Simple Queue, terjadi peningkatan kinerja yang signifikan di mana parameter Packet Loss turun mendekati 0% dan Delay menjadi lebih stabil, sehingga kualitas jaringan meningkat menjadi kategori "Bagus". Hal ini membuktikan bahwa manajemen bandwidth efektif dalam menjamin kelancaran layanan CCTV nirkabel.

1. Pendahuluan

Dalam era digitalisasi industri saat ini, sistem keamanan fisik telah bertransformasi menjadi salah satu aset vital bagi keberlangsungan operasional Perusahaan [1]. Teknologi pemantauan berbasis video atau Closed-Circuit Television (CCTV) tidak lagi sekadar alat perekam pasif, melainkan telah berevolusi menjadi sistem cerdas yang mampu memberikan pengawasan secara real-time. Pergeseran teknologi dari kamera analog menuju Internet Protocol (IP) Camera telah membuka peluang integrasi yang lebih luas dengan infrastruktur jaringan komputer, memungkinkan aksesibilitas data video dari mana saja dan kapan saja [2].

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan fleksibilitas instalasi, penggunaan jaringan nirkabel (wireless) sebagai media transmisi data CCTV menjadi pilihan yang semakin populer dibandingkan jaringan kabel (wired) [3]. Implementasi nirkabel menawarkan keunggulan signifikan dari segi efisiensi biaya dan kemudahan deployment, terutama pada lokasi-lokasi yang sulit dijangkau oleh infrastruktur kabel konvensional atau area yang sering mengalami perubahan tata letak. Fleksibilitas ini memungkinkan perusahaan untuk menempatkan titik pengawasan di lokasi strategis tanpa terkendala oleh batasan fisik kabel.

Namun, di balik kemudahan yang ditawarkan, infrastruktur jaringan nirkabel memiliki tantangan teknis tersendiri. Berbeda dengan media kabel yang memiliki lingkungan tertutup dan stabil, media udara pada jaringan nirkabel sangat rentan terhadap gangguan eksternal [4]. Faktor-faktor seperti interferensi sinyal dari perangkat lain, halangan fisik (dinding/beton), serta jarak jangkauan (coverage area) sangat mempengaruhi kualitas transmisi data. Ketidakstabilan ini menjadi isu kritis ketika jaringan digunakan untuk mentransmisikan data video streaming yang bersifat sensitif terhadap keterlambatan (delay-sensitive).

PT Lima Dara Balikpapan merupakan salah satu entitas bisnis yang mengadopsi teknologi IP CCTV berbasis wireless untuk menunjang keamanan operasionalnya. Sebagai perusahaan yang memiliki mobilitas aktivitas tinggi, pengawasan visual terhadap aset dan lingkungan kerja mutlak diperlukan. Sistem ini diharapkan mampu memberikan rekaman visual yang jernih dan kontinu agar tim keamanan dapat merespons insiden dengan cepat dan akurat [5].

Meskipun demikian, observasi awal di lapangan menunjukkan adanya kendala kinerja pada sistem yang berjalan. Seringkali ditemukan fenomena penurunan kualitas tayangan pada monitor pemantau, seperti gambar yang patah-patah (lagging), resolusi yang tiba-tiba menurun (pixelated), atau bahkan hilangnya koneksi sesaat (intermittent connection). Gangguan semacam ini tentu sangat berisiko, karena hilangnya rekaman video beberapa detik saja dapat berakibat fatal dalam konteks investigasi keamanan.

Secara teknis, permasalahan tersebut umumnya disebabkan oleh manajemen bandwidth yang belum optimal [6]. Dalam sebuah jaringan lokal (Local Area Network), lalu lintas data video CCTV harus berbagi jalur dengan lalu lintas data operasional

lainnya (seperti akses internet karyawan atau transfer file). Ketika beban jaringan meningkat, paket data video seringkali "kalah bersaing" dengan paket data lain, menyebabkan terjadinya antrian panjang atau bahkan paket yang terbuang (packet loss) [7].

Untuk mengatasi permasalahan saturasi jaringan tersebut, diperlukan implementasi mekanisme Quality of Service (QoS). QoS adalah sekumpulan teknik untuk mengelola sumber daya jaringan dengan cara memberikan prioritas pada tipe lalu lintas data tertentu [8] [9]. Dengan menerapkan QoS, administrator jaringan dapat menjamin bahwa aliran data video mendapatkan alokasi bandwidth yang cukup dan prioritas pengiriman yang lebih tinggi dibandingkan lalu lintas data non-kritis lainnya, sehingga kualitas tayangan tetap terjaga meskipun jaringan sedang sibuk.

Dalam implementasinya pada perangkat router MikroTik, salah satu metode manajemen bandwidth yang efektif dan efisien adalah Simple Queue [10]. Metode ini memungkinkan pengaturan batas kecepatan (rate limiting) dan prioritas antrian secara spesifik berdasarkan alamat IP target. Penggunaan Simple Queue dinilai tepat untuk skenario di PT Lima Dara karena konfigurasinya yang relatif sederhana namun mampu memberikan dampak signifikan terhadap stabilitas distribusi bandwidth antar kamera CCTV.

Untuk mengukur keberhasilan implementasi QoS tersebut, diperlukan parameter ukur yang standar dan objektif. Standarisasi TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) menjadi acuan utama dalam mengevaluasi kualitas jaringan multimedia. Parameter yang diukur meliputi Throughput (kecepatan transfer data aktual), Packet Loss (jumlah paket yang gagal sampai), Delay (waktu tempuh data), dan Jitter (variasi kedatangan paket). Keempat parameter ini akan memberikan gambaran kuantitatif mengenai kesehatan jaringan sebelum dan sesudah penerapan QoS.

Beberapa penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Nofrida et al. (2018), menekankan pentingnya evaluasi trafik kamera CCTV menggunakan parameter QoS. Berangkat dari urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja jaringan nirkabel dan mengimplementasikan manajemen bandwidth berbasis QoS dengan metode Simple Queue di PT Lima Dara Balikpapan. Melalui analisis ini, diharapkan dapat dihasilkan konfigurasi jaringan yang optimal yang mampu meminimalisir gangguan teknis dan menjamin kehandalan sistem keamanan perusahaan.

2. Metode

2.1 Desain dan Lokasi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan pendekatan Action Research. Metode ini dipilih untuk menerapkan solusi teknis secara langsung pada infrastruktur jaringan yang berjalan dan mengukur dampaknya secara numerik. Penelitian dilaksanakan di PT Lima Dara Balikpapan, dengan fokus objek penelitian pada infrastruktur jaringan nirkabel (wireless) yang menghubungkan kamera IP CCTV ke server pemantauan. Observasi dilakukan pada kondisi lalu lintas jaringan real-time untuk mendapatkan data kinerja yang akurat sebelum dan sesudah penerapan manajemen bandwidth.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk menunjang proses eksperimen, digunakan seperangkat alat dan bahan yang terdiri dari perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras utama meliputi satu unit Router MikroTik (model RB941 atau setara) yang berfungsi sebagai manajemen lalu lintas data, satu unit Access Point sebagai media transmisi nirkabel, serta unit IP Camera yang terpasang di lokasi. Selain itu, digunakan satu unit laptop dengan spesifikasi prosesor Intel Core i5 dan RAM 8GB sebagai stasiun pemantau (monitoring station) dan traffic generator.

Dari sisi perangkat lunak, konfigurasi router dilakukan menggunakan aplikasi Winbox. Untuk keperluan pengukuran dan penangkapan paket data (packet sniffing), digunakan perangkat lunak Wireshark Network Analyzer. Analisis data juga didukung oleh peramban web (web browser) untuk mengakses antarmuka IP Camera dan pengujian konektivitas.

2.3 Alur Penelitian

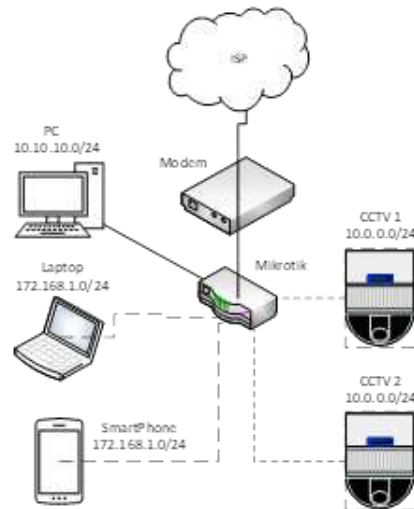
Tahapan penelitian disusun secara sistematis yang diawali dengan Analisis Kebutuhan, yaitu mengidentifikasi topologi jaringan eksisting dan titik-titik kamera yang mengalami gangguan kualitas. Tahap kedua adalah Perancangan Sistem, di mana skema Quality of Service (QoS) didesain menggunakan metode Simple Queue. Pada tahap ini, ditentukan alokasi bandwidth minimum (limit-at) dan maksimum (max-limit) yang akan diberikan khusus untuk lalu lintas video CCTV.

2.4 Implementasi dan Konfigurasi.

Pada tahap ini, konfigurasi diterapkan pada router MikroTik. Langkah-langkah meliputi pengaturan alamat IP, konfigurasi wireless interface, dan penerapan aturan antrian (queuing rules) pada menu Queues. Target alamat IP dari kamera CCTV didaftarkan ke dalam daftar prioritas agar paket datanya tidak dikesampingkan saat terjadi lonjakan trafik jaringan.

2.5 Skenario Pengujian Pengujian

Dilakukan dalam dua skenario utama untuk mendapatkan data perbandingan (before-after).



Gambar 1. Topologi Jaringan

- Skenario 1 (Tanpa QoS): Pengukuran dilakukan pada jaringan nirkabel standar tanpa adanya manajemen bandwidth. Pada kondisi ini, jaringan dibebani dengan lalu lintas latar belakang (background traffic) seperti unduhan file besar atau streaming video lain untuk mensimulasikan kondisi jam sibuk (peak hour).
- Skenario 2 (Dengan QoS Simple Queue): Pengukuran dilakukan dengan kondisi beban trafik yang sama, namun fitur QoS Simple Queue telah diaktifkan.

2.6 Teknik Analisis Data

Data yang ditangkap oleh Wireshark kemudian diekstraksi untuk menghitung empat parameter utama QoS sesuai standar TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks), yaitu:

- Throughput: Kecepatan rata-rata transfer data yang berhasil sampai ke tujuan.
- Packet Loss: Persentase paket data yang gagal mencapai tujuan akibat antrean penuh atau interferensi.
- Delay (Latensi): Waktu yang dibutuhkan paket data untuk menempuh perjalanan dari sumber ke tujuan.
- Jitter: Variasi kedatangan paket data yang disebabkan oleh ketidakstabilan antrean.

Hasil perhitungan keempat parameter ini kemudian dikategorikan berdasarkan indeks standar TIPHON (Sangat Bagus, Bagus, Sedang, atau Buruk) untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas metode yang diterapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pra-Implementasi

Hasil dan pembahasan Penelitian ini berfokus pada analisis dan implementasi QoS pada SMART IP CCTV menggunakan jaringan wireless. SMART IP CCTV adalah alat yang memungkinkan Anda untuk merekam suatu peristiwa atau kejadian dan dapat terhubung dengan jaringan wireless dan dapat di lihat melalui aplikasi. Berikut adalah perhitungan parameter QoS seperti Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter menggunakan Aplikasi Wireshark. Berikut adalah hasil dari Analisis parameter QoS:

Tabel 1. Pengujian

Parameter	Hari / Tanggal	Nilai	Kategori
Throughput	Senin/ 31 Juli 2023	0,93%	Buruk
Packet Loss	Senin/ 31 Juli 2023	19,3%	Sedang
Delay	Senin /31 Juli 2023	28 ms	Sangat Bagus
Jitter	Senin/ 31 Juli 2023	29 ms	Bagus
Parameter	Hari / Tanggal	Nilai	Kategori
Throughput	Selasa/ 01 Agustus 2023	9,42%	Buruk
Packet Loss	Selasa/ 01 Agustus 2023	3%	Bagus

Delay	Selasa/ 01 Agustus 2023	2,9%	Sangat Bagus
Jitter	Selasa/ 01 Agustus 2023	2,4%	Bagus
Parameter	Hari / Tanggal	Nilai	Kategori
Throughput	Rabu/ 02 Agustus 2023	15%	Buruk
Packet Loss	Rabu/ 02 Agustus 2023	3,38%	Bagus
Delay	Rabu/ 02 Agustus 2023	1,71 ms	Sangat Bagus
Jitter	Rabu/ 02 Agustus 2023	1,71 ms	Bagus

Pengukuran kinerja jaringan tahap awal dilakukan selama tiga hari berturut-turut, yaitu mulai Senin, 31 Juli 2023 hingga Rabu, 2 Agustus 2023. Pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan data baseline kinerja jaringan nirkabel eksisting saat digunakan untuk layanan CCTV tanpa adanya manajemen bandwidth. Data diambil pada jam kerja operasional untuk merepresentasikan kondisi beban lalu lintas yang nyata.

Berdasarkan data yang tersaji pada tabel di atas, terlihat bahwa performa jaringan mengalami fluktuasi yang signifikan dan cenderung tidak memenuhi standar kelayakan untuk layanan multimedia real-time. Sorotan utama permasalahan terletak pada parameter Throughput dan Packet Loss.

1. Analisis Throughput: Selama tiga hari pengamatan, parameter Throughput secara konsisten berada dalam kategori "Buruk". Nilai terendah tercatat pada hari Senin (31/07) sebesar 0,93%, kemudian sedikit meningkat pada hari Selasa (01/08) menjadi 9,42%, dan Rabu (02/08) sebesar 15%. Rendahnya persentase throughput ini mengindikasikan bahwa kapasitas bandwidth yang tersedia tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk pengiriman data video. Hal ini menjadi penyebab utama mengapa tayangan CCTV seringkali mengalami penurunan kualitas resolusi.
2. Analisis Packet Loss: Parameter Packet Loss menunjukkan ketidakstabilan yang mengkhawatirkan. Pada hari pertama, tingkat kehilangan paket mencapai 19,3% yang masuk dalam kategori "Sedang". Meskipun pada hari Selasa dan Rabu angka ini membaik menjadi sekitar 3% (kategori "Bagus"), lonjakan hingga 19% pada hari Senin membuktikan bahwa jaringan sangat rentan terhadap gangguan atau lonjakan trafik (traffic burst). Dalam konteks CCTV, packet loss sebesar 19% akan menyebabkan gambar patah-patah (stuttering) atau bahkan freeze yang parah.
3. Analisis Delay dan Jitter: Sebaliknya, parameter Delay dan Jitter menunjukkan hasil yang relatif baik dengan kategori dominan "Sangat Bagus" dan "Bagus". Rata-rata delay yang tercatat cukup rendah (di kisaran 28 ms hingga 1,71 ms). Namun, nilai latensi yang rendah ini menjadi kurang berarti ketika Throughput sangat rendah dan Packet Loss tinggi, karena meskipun paket data sampai dengan cepat, banyak paket yang hilang atau rusak di perjalanan.

Secara keseluruhan, data pra-implementasi menunjukkan bahwa jaringan nirkabel eksisting memiliki kelemahan fatal pada aspek efisiensi penyaluran data (Throughput) dan stabilitas paket (Packet Loss). Kondisi ini mengonfirmasi hipotesis bahwa tanpa manajemen bandwidth (QoS), lalu lintas data CCTV kalah bersaing dengan lalu lintas data lainnya, sehingga diperlukan penerapan metode Simple Queue untuk memperbaiki kualitas layanan tersebut.

3.2 Implementasi Konfigurasi Manajemen Bandwidth

Implementasi dimulai dengan konfigurasi dasar pada router MikroTik untuk menghubungkan jaringan lokal (Local Area Network) dengan jaringan publik (Internet). Kamera IP CCTV dikonfigurasi menggunakan alamat IP statis untuk memastikan stabilitas koneksi. Manajemen bandwidth diterapkan menggunakan fitur Simple Queue. Dalam skenario ini, dialokasikan limit-at (garansi bandwidth) sebesar 2 Mbps khusus untuk lalu lintas data CCTV, sementara lalu lintas data lain (background traffic) dibatasi pada max-limit tertentu agar tidak memonopoli kapasitas jaringan. Prioritas antrean diatur sedemikian rupa sehingga paket data dari IP CCTV diproses lebih dahulu dibandingkan paket data umum.

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Packet Marks	Total Max Limit
0	TOTAL BANDWIDTH	10.0.0.0/24	30M	30M		
1	IP CCTV	10.0.0.24	2M	2M		
2	LAN	10.10.10.0/24	4M	4M		
2	MOBILE	172.16.1.0/24	20M	20M		

Gambar 2. Hasil Simple Queue

Analisis Kinerja Jaringan Tanpa QoS (Skenario 1) Pengukuran tahap pertama dilakukan pada kondisi jaringan eksisting tanpa penerapan QoS. Pada skenario ini, jaringan dibebani dengan aktivitas unduhan file besar dan streaming video dari perangkat klien lain. Hasil penangkapan paket data menggunakan Wireshark menunjukkan adanya degradasi performa yang signifikan.

- Packet Loss: Terjadi kehilangan paket data rata-rata di atas 3%, yang secara visual menyebabkan tampilan video pada monitor menjadi patah-patah (stuttering) atau artifacting.
- Delay & Jitter: Variasi kedatangan paket (jitter) tercatat cukup tinggi akibat antrean paket yang tidak teratur di router. Hal ini menyebabkan latency yang fluktuatif, sehingga tayangan CCTV tidak real-time (mengalami jeda beberapa detik). Berdasarkan indeks standar TIPHON, kinerja jaringan pada tahap ini masuk dalam kategori "Sedang" hingga "Buruk", yang mengindikasikan bahwa jaringan tidak layak untuk layanan video kritis.

Analisis Kinerja Jaringan Dengan QoS Simple Queue (Skenario 2) Pengukuran tahap kedua dilakukan setelah aturan Simple Queue diaktifkan. Dengan beban trafik latar belakang yang sama, hasil pengukuran menunjukkan peningkatan performa yang drastis. Mekanisme antrean terbukti berhasil menahan laju data pengganggu dan meloloskan paket data CCTV.

- Throughput: Aliran data CCTV menjadi stabil di angka rata-rata sesuai bitrate kamera, tanpa adanya penurunan tajam (drop) meskipun jaringan sedang sibuk.
- Packet Loss: Persentase paket hilang turun signifikan mendekati 0%, yang berdampak pada kualitas gambar yang jernih dan mulus tanpa freeze.
- Delay: Waktu tunda pengiriman paket menjadi lebih rendah dan konsisten (<150 ms), memenuhi standar rekomendasi untuk video streaming.

Tabel 2. Hasil Implementasi

Parameter	Nilai	Kategori
Throughput	100%	Sangat Bagus
Packet Loss	0%	Sangat Bagus
Delay	1,08%	Sangat Bagus
Jitter	1,08%	Sangat Bagus
Throughput	100%	Sangat Bagus
Packet Loss	0%	Sangat Bagus
Delay	1,08%	Sangat Bagus
Jitter	1,08%	Sangat Bagus

Rekapitulasi Perbandingan Standar TIPHON Berdasarkan analisis komparatif data Wireshark, penerapan QoS mampu meningkatkan kualitas layanan jaringan secara keseluruhan.

- Parameter Throughput mengalami kestabilan, menjamin ketersediaan bandwidth bagi CCTV.
- Parameter Packet Loss membaik dari kategori "Sedang" menjadi "Sangat Bagus" (indeks TIPHON 4).
- Parameter Delay dan Jitter berhasil ditekan ke angka minimum, sehingga masuk dalam kategori "Bagus" (indeks TIPHON 3). Hal ini membuktikan bahwa metode Simple Queue efektif dalam mengisolasi trafik prioritas dari gangguan trafik beban lainnya di lingkungan PT Lima Dara.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan implementasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan Quality of Service (QoS) menggunakan metode Simple Queue pada jaringan nirkabel di PT Lima Dara Balikpapan memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kinerja layanan IP CCTV. Sebelum penerapan QoS, tingginya lalu lintas data pada jaringan

menyebabkan packet loss dan delay yang tinggi, sehingga menurunkan kualitas pemantauan keamanan. Setelah implementasi Simple Queue, parameter kinerja jaringan (Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter) mengalami perbaikan dan memenuhi standar kategori "Bagus" menurut indeks TIPHON. Dengan demikian, konfigurasi ini direkomendasikan untuk diterapkan secara permanen guna menjamin stabilitas sistem keamanan perusahaan. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk membandingkan metode Simple Queue dengan metode antrian lain yang lebih dinamis seperti Per Connection Queue (PCQ) atau Hierarchical Token Bucket (HTB), terutama jika jumlah kamera CCTV bertambah banyak. Selain itu, disarankan pula untuk melakukan pengujian pada kondisi cuaca yang berbeda, mengingat media transmisi nirkabel cukup sensitif terhadap faktor lingkungan

Referensi

- [1] M. Y. Purwanto and A. Wijayanto, "PEMANFAATAN SOFTWARE AS A SERVICE SEBAGAI CLOUD STORAGE BERUPA DROPBOX PADA PT BEATRICE RAYA UTAMA," *JAITS J. Appl. Inf. Technol. Solut.*, vol. 1, no. 2, pp. 23–26, 2024.
- [2] A. Wijayanto, W. Nur, and R. Zabrina, "Penerapan Hybrid Cloud dan External Radius Server untuk Optimalisasi Manajemen Jaringan Implementation of Hybrid Cloud and External Radius Server for Network Management Optimization," vol. 7, no. 2, pp. 13–22, 2024.
- [3] A. Rahman, M. I. Anshari, and A. Wijayanto, "PEMANFAATAN SYSTEM AMARTA UNTUK SPLICING CORE PADA PT . PLN ICON PLUS," vol. 1, no. 2, pp. 13–17, 2024.
- [4] Y. Kristiyanto and E. E, "Analysis of Deauthentication Attack on IEEE 802.11 Connectivity Based on IoT Technology Using External Penetration Test," *CommIT (Communication Inf. Technol. J.*, vol. 14, no. 1, p. 45, May 2020, doi: 10.21512/commit.v14i1.6337.
- [5] D. Omar, J. Alessandro, Y. Servanda, and A. Wijayanto, "Komparasi Penggunaan AC-OF-SM-1B (Kabel Dc 1 Seling) Dengan AC-OF-SM-1-3SL (Kabel Dc 3 Seling) Dalam Keamanan Jaringan Kabel Fiber Optik," vol. 03, no. 01, pp. 36–41, 2025.
- [6] A. Wijayanto, I. Riadi, and Y. Prayudi, "TAARA Method for Processing on the Network Forensics in the Event of an ARP Spoofing Attack," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 7, no. 2, pp. 208–217, Mar. 2023, doi: 10.29207/resti.v7i2.4589.
- [7] M. F. Abdillah, A. Wijayanto, and W. H. Pamungkas, "Virtual Local Area Network for Optimizing Network Performance using Simplified Form of Action Research," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 9, no. 4, pp. 1897–1905, 2025, doi: 10.30871/jaic.v9i4.10141.
- [8] A. Wijayanto, "Mengenal Cybersecurity: Perlindungan Data Pribadi Dan Privasi Di Sma Negeri 1 Samboja," *J. Mulia*, vol. 3, no. 2, pp. 165–172, 2024, doi: 10.47002/jpm.v3i2.867.
- [9] D. S. Valian Yoga Pudya Ardhana, Yusuf Wahyu Setiya Putra, Riska Dwi Handayani, M Dermawan Mulyodiputro, Ahmad Fauzi Anggi Ariesta Kusuma, Agus Wijayanto, Danang Tejo Kumoro, Dwi Astuti, Wahyu Priyoatmoko, *Konsep Dasar Teknologi Informasi*. Mega Press Nusantara, 2024. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=siceEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA40&dq=info:yJ3VO-l_-1cJ:scholar.google.com&ots=MZ-mgLTW_K&sig=XcaFGmSVbjVFZ5-aSTDnZdTIIgA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [10] I. Koulouras, I. Bobotsaris, S. V. Margariti, E. Stergiou, and C. Stylios, "Assessment of SDN Controllers in Wireless Environment Using a Multi-Criteria Technique," *Information*, vol. 14, no. 9, p. 476, Aug. 2023, doi: 10.3390/info14090476.