



ANALISIS PERBANDINGAN QUALITY OF SERVICE (QoS) JARINGAN SATELIT LEO DAN JARINGAN SELULER MENGGUNAKAN METODE KUANTITATIF EKSPERIMENTAL DI KABUPATEN MADIUN

Comparative Analysis Of Quality Of Service (Qos) Of Leo Satellite Network And Cellular Network Using Experimental Quantitative Method In Madiun Regency

Hadziq Naufal Bagus Ahmad Dany^{1*}, Muhammad Syaeful Fajar², MH. Ramdhani Ismar³

Program Studi Teknologi Informasi¹, Fakultas Teknik¹ Politeknik Negeri Madiun¹

Program Studi Teknologi Informasi², Fakultas Teknik² Politeknik Negeri Madiun²

Program Studi Teknologi Informasi³ Fakultas Teknik³ Politeknik Negeri Madiun³

Correspondent Author: hadziqnaufal71@gmail.com

Authors Email: hadziqnaufal71@gmail.com¹, syaefulfajar@pnm.ac.id², ramdhani@pnm.ac.id³

In Indonesian

Abstrak: Perkembangan teknologi komunikasi mendorong meningkatnya kebutuhan terhadap layanan internet yang cepat, stabil, dan mampu menjangkau berbagai wilayah. Selain jaringan seluler, layanan broadband berbasis satelit Low Earth Orbit (LEO) mulai digunakan sebagai alternatif akses internet di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja Quality of Service (QoS) layanan broadband satelit LEO menggunakan Starlink dengan jaringan seluler di Kabupaten Madiun. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental melalui pengukuran langsung pada beberapa lokasi pengujian yang merepresentasikan wilayah perkotaan, semi-urban, dan pedesaan. Parameter QoS yang dianalisis meliputi bandwidth, throughput, delay, jitter, dan packet loss berdasarkan standar TIPHON. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan seluler memiliki performa lebih baik pada parameter throughput, bandwidth, dan delay di wilayah dengan kualitas sinyal yang baik, sedangkan

In English

Abstract: The development of communication technology has driven the increasing need for fast, stable internet services that can reach various regions. In addition to cellular networks, Low Earth Orbit (LEO) satellite-based broadband services have begun to be used as an alternative internet access in areas with limited network infrastructure. This study aims to analyze and compare the Quality of Service (QoS) performance of LEO satellite broadband services using Starlink with cellular networks in Madiun Regency. The research method used is an experimental quantitative method through direct measurements at several test locations representing urban, semi-urban, and rural areas. The QoS parameters analyzed include bandwidth, throughput, delay, jitter, and packet loss based on the TIPHON standard. The results show that cellular networks have better performance in throughput, bandwidth, and delay parameters in areas with good signal quality, while LEO satellite services excel in network coverage and access stability in areas with limited cellular infrastructure. This research is expected to be a reference in selecting internet access



layanan satelit LEO unggul dalam cakupan jaringan dan kestabilan akses pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur seluler. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan teknologi akses internet sesuai kondisi wilayah dan kebutuhan pengguna.

Kata kunci: Broadband, Kabupaten Madiun, Satelit LEO, Quality of Service

technology according to regional conditions and user needs.

Keywords: *Broadband, LEO Satellite, Madiun Regency, Quality of Service*



DOI: 10.52362/jisicom.v10i1.2435

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Received: 2026-04-20. **Revised:** 2026-05-28. **Accepted:** 2026-06-01 **Issue Period:** Vol.10 No.1 (2026), Pp.259-270

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi internet dan komunikasi saat ini berlangsung sangat pesat sehingga kebutuhan masyarakat terhadap akses jaringan yang cepat, stabil, dan mampu mendukung pertukaran data semakin meningkat. Kualitas layanan jaringan atau *Quality of Service* (QoS) menjadi salah satu aspek penting dalam mengevaluasi performa jaringan komunikasi data. Parameter QoS seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss digunakan untuk mengetahui kualitas jaringan dalam mendukung aktivitas internet, terutama pada layanan multimedia dan komunikasi real-time. Seiring meningkatnya penggunaan internet, penyedia layanan jaringan dituntut untuk mampu memberikan kualitas konektivitas yang baik dan stabil bagi pengguna. Oleh karena itu, analisis QoS diperlukan sebagai acuan dalam menilai performa layanan jaringan komunikasi data [1].

Jaringan seluler hingga saat ini masih menjadi teknologi utama dalam penyediaan layanan broadband di Indonesia. Perkembangan teknologi 4G mendorong peningkatan kualitas layanan internet sehingga mampu mendukung kebutuhan komunikasi dan pertukaran data masyarakat secara lebih cepat dan efisien. Namun, kualitas layanan jaringan internet pada setiap wilayah tidak selalu sama karena dipengaruhi oleh kepadatan penduduk, jumlah bangunan, keterbatasan jangkauan Base Transceiver Station (BTS), serta kondisi lingkungan di sekitar pengguna. Kondisi tersebut dapat menyebabkan performa jaringan menjadi kurang optimal dan memengaruhi kualitas akses internet yang diterima pengguna. Oleh karena itu, pengukuran Quality of Service (QoS) diperlukan untuk mengetahui kualitas layanan jaringan berdasarkan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss [2].

Sebagai alternatif untuk mengatasi keterbatasan jaringan terrestrial, teknologi internet berbasis satelit Low Earth Orbit (LEO) mulai dikembangkan dan diimplementasikan sebagai solusi layanan broadband berkecepatan tinggi. Parameter Quality of Service (QoS) yang digunakan pada penelitian ini meliputi bandwidth, throughput, delay, dan jitter. Satelit LEO beroperasi pada orbit rendah sekitar 500–2000 km dari permukaan bumi sehingga mampu menghasilkan delay yang lebih rendah dibandingkan satelit geostasioner (GEO). Teknologi satelit Low Earth Orbit (LEO) memungkinkan layanan internet menjangkau wilayah rural dan terpencil yang belum memiliki infrastruktur jaringan komunikasi yang memadai. Jaringan satelit LEO menjadi salah satu solusi dalam menyediakan konektivitas internet pada daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan fiber optik maupun jaringan seluler konvensional [3]. Salah satu layanan internet berbasis satelit LEO yang saat ini berkembang adalah Starlink, yang menawarkan akses broadband dengan cakupan luas dan konektivitas yang relatif stabil. Selain memiliki cakupan wilayah yang luas, layanan satelit LEO juga dinilai mampu menyediakan konektivitas yang stabil untuk mendukung kebutuhan broadband modern.



Jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) saat ini berkembang sebagai bagian dari teknologi *non-terrestrial network* yang mampu menyediakan layanan broadband dengan cakupan luas dan latency yang lebih rendah dibandingkan satelit konvensional. Teknologi ini dikembangkan untuk mendukung konektivitas internet pada wilayah rural dan area yang sulit dijangkau infrastruktur jaringan darat [4].

Penelitian Distira dkk [5] menyatakan bahwa layanan internet berbasis satelit Starlink mampu memberikan kualitas jaringan yang baik pada parameter delay, jitter, throughput, dan packet loss, termasuk pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas performa jaringan satelit LEO maupun jaringan seluler berdasarkan parameter Quality of Service. Hasnidar dkk. [6] menyatakan bahwa kualitas layanan jaringan dapat dipengaruhi oleh parameter delay, di mana semakin kecil nilai delay maka semakin baik performa jaringan dalam mendukung layanan komunikasi data dan multimedia seperti video conference. Penelitian Ramadhani dkk. (2025) [3] menunjukkan bahwa jaringan satelit LEO Starlink memiliki kualitas layanan jaringan yang baik berdasarkan parameter Quality of Service (QoS), terutama dalam mendukung konektivitas internet pada wilayah pertanian dan daerah rural. Namun, performa jaringan satelit LEO masih dapat mengalami penurunan kualitas, khususnya pada parameter delay ketika kondisi cuaca hujan berlangsung. Sementara Pranata dan Dewantara (2023) [7] menunjukkan bahwa performa jaringan seluler 4G dipengaruhi oleh kondisi trafik jaringan, jumlah pengguna, serta kestabilan koneksi sehingga menghasilkan kualitas layanan yang berbeda pada setiap operator jaringan. Penelitian oleh Hu dkk. (2023) [8] menunjukkan bahwa jaringan seluler cenderung memberikan performa throughput yang lebih baik pada wilayah perkotaan karena dukungan infrastruktur base station yang lebih padat, sedangkan jaringan satelit LEO lebih unggul pada daerah suburban dan rural karena memiliki cakupan jaringan yang lebih luas serta tidak bergantung pada infrastruktur terestrial.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Pandu Laksana dkk. (2024) [9] menunjukkan bahwa jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) memiliki tingkat reliabilitas jaringan yang baik melalui penggunaan inter-satellite links (ISL) untuk mengurangi kemungkinan packet loss dan buffer overflow pada proses transmisi data. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi satelit LEO mampu meningkatkan kestabilan komunikasi data pada jaringan non-terestrial. Selain itu, Penelitian Ramadhani dkk. [3] juga menyatakan bahwa jaringan satelit LEO memiliki kualitas QoS yang baik untuk mendukung layanan internet berbasis IoT, meskipun performanya masih dipengaruhi kondisi cuaca. Ainina dan Ridwan [10] menunjukkan bahwa kualitas layanan jaringan seluler dipengaruhi oleh kestabilan sinyal, kondisi trafik pengguna, serta lingkungan pengujian, sehingga parameter throughput, delay, dan jitter digunakan sebagai indikator evaluasi Quality of Service (QoS).

Meskipun berbagai penelitian terkait QoS jaringan telah dilakukan, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada pengujian salah satu jenis jaringan secara terpisah atau menggunakan pendekatan simulasi. Penelitian mengenai perbandingan langsung antara layanan broadband satelit LEO dan jaringan seluler melalui pengukuran nyata di lapangan masih relatif terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang dilakukan pada wilayah dengan karakteristik geografis campuran antara perkotaan, semi-urban, dan pedesaan seperti Kabupaten Madiun. Kondisi tersebut menyebabkan masih terbatasnya informasi mengenai performa aktual kedua teknologi jaringan pada lingkungan penggunaan yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu memberikan gambaran objektif mengenai kualitas layanan kedua jenis jaringan tersebut berdasarkan kondisi nyata di lapangan.

Kabupaten Madiun merupakan wilayah yang memiliki karakteristik geografis beragam, mulai dari kawasan perkotaan hingga wilayah pedesaan dan dataran tinggi yang masih berpenghuni. Perbedaan kondisi geografis tersebut menyebabkan kualitas jaringan internet pada setiap wilayah juga berbeda. Kondisi ini menjadikan Kabupaten Madiun relevan sebagai lokasi penelitian untuk membandingkan performa QoS layanan broadband satelit LEO dan jaringan seluler. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja Quality of Service (QoS) kedua jenis jaringan berdasarkan parameter bandwidth, throughput, delay, jitter, dan packet loss menggunakan standar TIPHON. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan teknologi akses internet yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kondisi wilayah.

II. METODE DAN MATERI

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental untuk menganalisis dan membandingkan kinerja Quality of Service (QoS) layanan broadband satelit Low Earth Orbit (LEO) menggunakan Starlink dengan jaringan seluler di Kabupaten Madiun. Pendekatan eksperimental dilakukan melalui pengukuran langsung performa jaringan pada beberapa lokasi pengujian yang memiliki karakteristik



wilayah berbeda, mulai dari kawasan perkotaan, semi-urban, hingga pedesaan. Metode ini digunakan untuk memperoleh data QoS secara objektif berdasarkan kondisi penggunaan jaringan di lapangan.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui network testing menggunakan aplikasi Speedtest by Ookla dan Wireshark. Speedtest digunakan untuk mengukur parameter bandwidth, throughput, dan delay (latency), sedangkan Wireshark digunakan untuk menganalisis packet loss dan jitter melalui proses packet capture secara real-time [11]. Pengambilan data dilakukan secara langsung pada masing-masing jaringan dengan beberapa kali pengujian untuk memperoleh hasil yang lebih representatif terhadap kondisi jaringan sebenarnya.

Implementasi Quality of Service (QoS) pada jaringan komunikasi data bertujuan untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan dengan mengurangi latency, jitter, dan packet loss serta meningkatkan throughput pada layanan yang sensitif terhadap delay seperti video streaming dan VoIP [12].

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop yang mendukung koneksi Wi-Fi dan Ethernet, perangkat internet satelit Starlink Gen 3 (V4), smartphone sebagai hotspot jaringan seluler, kabel Ethernet (LAN), serta perangkat pendukung daya listrik. Laptop digunakan sebagai perangkat utama pengujian dan analisis jaringan, sedangkan Starlink Gen 3 digunakan sebagai layanan broadband satelit Low Earth Orbit (LEO) yang dibandingkan dengan jaringan seluler pada lokasi penelitian. Pengujian dilakukan melalui koneksi wireless (Wi-Fi) dan wired (Ethernet) untuk memperoleh hasil pengukuran yang lebih objektif dan akurat.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sistem operasi Windows, Speedtest by Ookla, Wireshark, serta Microsoft Excel atau Google Spreadsheet. Speedtest by Ookla digunakan untuk mengukur bandwidth, throughput, dan delay (latency), sedangkan Wireshark digunakan untuk melakukan packet capture dan analisis jitter serta packet loss. Selanjutnya, data hasil pengujian diolah menggunakan Microsoft Excel atau Google Spreadsheet dalam bentuk tabel dan grafik untuk mendukung proses analisis Quality of Service (QoS).

Klasifikasi tersebut digunakan sebagai dasar Parameter Quality of Service (QoS) yang digunakan pada penelitian ini meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss berdasarkan standar TIPHON. Parameter tersebut digunakan untuk menganalisis kualitas layanan jaringan berdasarkan kemampuan transmisi data, kestabilan komunikasi, serta tingkat kehilangan paket data selama proses pengujian berlangsung [3]. Untuk memperoleh nilai masing-masing parameter QoS, digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

2. 1. Throughput

Throughput merupakan jumlah data yang berhasil diterima dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan throughput dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Total data yang diterima (bit)}}{\textit{Waktu transmisi (detik)}}$$

Keterangan:

- Throughput = kecepatan transfer data (bps)
- Total Data Diterima = jumlah data yang diterima selama pengujian (bit)
- Waktu Transmisi = waktu pengiriman data (detik)

2.2. Delay

Delay atau latency merupakan waktu tempuh paket data dari pengirim menuju penerima. Nilai delay dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\textit{Delay} = \textit{Waktu diterima} - \textit{Waktu dikirim}$$

Keterangan:

- Delay = waktu keterlambatan paket data (ms)
- Waktu Terima = waktu saat paket diterima
- Waktu Kirim = waktu saat paket dikirim

2.3. Jitter

Jitter merupakan variasi delay antar paket data yang diterima selama proses transmisi berlangsung. Perhitungan jitter dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\textit{Jitter} = | \textit{Delay}_n - \textit{Delay}_{n-1} |$$

Keterangan:

- Jitter = variasi delay paket data (ms)
- Delay_n = delay paket ke-n
- Delay_(n-1) = delay paket sebelumnya



- Jumlah Paket = total paket yang dianalisis

2.4. Packet Loss

Packet loss merupakan persentase paket data yang hilang selama proses transmisi jaringan berlangsung. Nilai packet loss dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Packet Loss = \frac{\text{Paket hilang}}{\text{Paket dikirim}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Packet Loss = persentase kehilangan paket (%)
- Paket Hilang = jumlah paket yang tidak diterima
- Total Paket Dikirim = jumlah seluruh paket yang dikirim

Penelitian dilaksanakan di beberapa wilayah Kabupaten Madiun yang merepresentasikan kondisi geografis berbeda, yaitu kawasan perkotaan, semi-urban, dan pedesaan. Lokasi pengujian meliputi Pahlawan Street Center (PSC) Kota Madiun, Alun-Alun Caruban, Monumen Kresak, Serayu, dan Desa Klagon. Pemilihan lokasi dilakukan untuk mengetahui performa kedua jenis jaringan pada kondisi wilayah yang berbeda serta untuk memperoleh hasil perbandingan QoS yang lebih objektif.

Skenario pengujian dilakukan dengan menghubungkan perangkat pengujian ke jaringan satelit LEO dan jaringan seluler secara bergantian pada lokasi yang sama. Setiap pengujian dilakukan menggunakan metode yang sama agar hasil pengukuran dapat dibandingkan secara langsung. Proses pengujian meliputi pengukuran bandwidth, throughput, dan delay menggunakan Speedtest, kemudian dilanjutkan dengan packet capture menggunakan Wireshark untuk memperoleh nilai jitter dan packet loss. Data hasil pengujian kemudian dicatat dan dihitung nilai rata-ratanya untuk merepresentasikan kondisi jaringan pada masing-masing lokasi penelitian. Teknik analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran QoS dari kedua jenis jaringan berdasarkan nilai rata-rata setiap parameter. Hasil pengukuran dianalisis untuk mengetahui keunggulan dan keterbatasan masing-masing jaringan pada kondisi wilayah yang berbeda. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menginterpretasikan hasil pengukuran berdasarkan kualitas layanan jaringan yang diperoleh selama proses pengujian.

Standar pengukuran pada penelitian ini mengacu pada standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) untuk evaluasi Quality of Service (QoS) jaringan komunikasi data. Standar tersebut digunakan sebagai acuan dalam menilai kualitas jaringan berdasarkan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Setiap parameter QoS diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas layanan seperti sangat bagus, bagus, sedang, dan buruk sesuai standar TIPHON. Klasifikasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menganalisis dan membandingkan hasil pengujian QoS antara jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada setiap lokasi pengujian [2].

Tabel 1. Persentase dan nilai Quality of Service (QoS)

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 s/d 4	95 s/d 100	Sangat Baik
3 s/d 3,79	75 s/d 94,75	Baik
2 s/d 2,99	50 s/d 74,75	Cukup
1 s/d 1,99	25 s/d 49,75	Buruk

Sumber: Adaptasi dari [2]

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

3.1. Gambaran Umum Pengujian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan kualitas layanan jaringan atau Quality of Service (QoS) pada penggunaan internet berbasis satelit Low Earth Orbit (LEO) menggunakan Starlink dan jaringan seluler di Kabupaten Madiun. Pengujian dilakukan secara langsung pada beberapa lokasi dengan

karakteristik wilayah yang berbeda, yaitu PSC (Pahlawan Street Center) Kota Madiun, Alun-Alun Caruban, Monumen Kresek, Serayu, dan Desa Klangan Kecamatan Saradan. Pemilihan lokasi tersebut bertujuan supaya hasil pengujian dapat merepresentasikan kondisi jaringan pada wilayah perkotaan, semi-perkotaan, hingga wilayah dengan keterbatasan akses jaringan seluler.

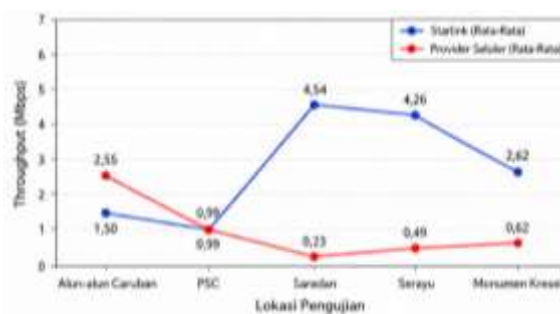
Secara umum, PSC Kota Madiun dan Alun-Alun Caruban memiliki kualitas infrastruktur jaringan yang relatif baik karena berada di pusat aktivitas masyarakat dan didukung oleh infrastruktur telekomunikasi yang memadai. Sementara itu, Monumen Kresek, Serayu, dan Desa Klangan memiliki kondisi geografis yang lebih menantang, seperti wilayah perbukitan, kawasan hutan, dan area dengan keterbatasan sinyal seluler. Perbedaan kondisi lingkungan tersebut digunakan untuk melihat bagaimana performa jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada berbagai kondisi wilayah di Kabupaten Madiun.

Pengujian dilakukan menggunakan dua metode koneksi, yaitu wired (Ethernet) dan wireless (Wi-Fi), untuk mengetahui pengaruh jenis koneksi terhadap performa jaringan. Parameter Quality of Service (QoS) yang dianalisis meliputi throughput, delay (latency), jitter, dan packet loss. Proses pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi Speedtest by Ookla dan Wireshark dengan skenario pengujian yang sama pada masing-masing jaringan agar hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara objektif. Data hasil pengujian kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui perbedaan performa antara jaringan satelit LEO dan jaringan seluler berdasarkan kondisi lokasi pengujian.

3.2. Analisis Throughput

Throughput merupakan jumlah data yang berhasil ditransmisikan melalui jaringan dalam satuan waktu tertentu dan umumnya dinyatakan dalam bit per second (bps). Parameter throughput digunakan untuk mengetahui kemampuan aktual jaringan dalam mentransfer data selama proses komunikasi berlangsung. Semakin besar nilai throughput yang diperoleh, maka semakin baik kemampuan jaringan dalam menangani trafik data dan mendukung aktivitas pengguna. Pada penelitian ini, pengukuran throughput dilakukan melalui pengujian kualitas jaringan menggunakan parameter Quality of Service (QoS) pada jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) dan jaringan seluler di beberapa lokasi pengujian di Kabupaten Madiun. Pengukuran dilakukan dengan menganalisis performa jaringan berdasarkan parameter throughput untuk mengetahui kemampuan jaringan dalam melakukan proses transmisi data selama pengujian berlangsung [2].

Pada bagian ini ditampilkan grafik perbandingan throughput jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada masing-masing lokasi pengujian. Grafik disusun berdasarkan nilai rata-rata throughput hasil pengujian wired dan wireless sehingga dapat memperlihatkan perbedaan performa kedua jaringan pada kondisi wilayah yang berbeda.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Throughput

Berdasarkan grafik throughput yang ditampilkan, terlihat adanya perbedaan performa antara jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada setiap lokasi pengujian. Untuk memperjelas hasil pengukuran throughput pada masing-masing jaringan dan metode koneksi, data hasil pengujian disajikan kembali dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Throughput

Lokasi	LEO (Starlink) Wired	LEO (Starlink) Wireless	Seluler (Telkomsel)	Seluler (Telkomsel)
Serayu	5,21 Mbps	3,53 Mbps	761 Kbps	215 Kbps
PSC Kota Madiun	1,13 Mbps	842 Kbps	1,20 Mbps	785 Kbps



Alun-Alun Caruban	1,16 Mbps	1,85 Mbps	4,89 Mbps	215 Kbps
Monumen Kresek	5,21 Mbps	31 Kbps	761 Kbps	473 Kbps
Desa Klamong	6,55 Mbps	2,53 Mbps	213 Kbps	244 Kbps

Berdasarkan standar interpretasi Quality of Service (QoS), hasil throughput menunjukkan bahwa jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) memiliki performa yang lebih baik dan lebih stabil dibandingkan jaringan seluler pada beberapa lokasi pengujian. Sebagian besar throughput Starlink termasuk kategori baik hingga sangat baik, sedangkan jaringan seluler pada beberapa lokasi masih berada pada kategori cukup hingga buruk, terutama pada koneksi wireless.

Sesuai dengan hasil pengujian throughput yang telah dilakukan terlihat bahwa performa jaringan pada setiap lokasi memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Pada wilayah perkotaan seperti PSC Kota Madiun dan Alun-Alun Caruban, jaringan seluler cenderung memiliki nilai throughput yang lebih tinggi dibandingkan jaringan satelit LEO. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh infrastruktur jaringan seluler yang lebih baik, keberadaan BTS yang lebih banyak, serta kualitas sinyal yang relatif stabil pada wilayah perkotaan dengan cakupan jaringan yang optimal.

Pada wilayah dengan kondisi geografis yang lebih menantang seperti Monumen Kresek, Serayu, dan Desa Klamong Kecamatan Saradan, performa jaringan seluler dapat mengalami fluktuasi akibat keterbatasan cakupan sinyal dan pengaruh lingkungan sekitar. Pada kondisi tersebut, jaringan satelit LEO menunjukkan performa throughput yang relatif stabil karena koneksi tidak terlalu bergantung pada infrastruktur jaringan darat. Namun demikian, kualitas jaringan satelit LEO masih dapat mengalami penurunan performa ketika kondisi cuaca hujan terjadi selama proses komunikasi data berlangsung [3].

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa metode koneksi wired cenderung menghasilkan nilai throughput yang lebih stabil dibandingkan koneksi wireless. Hal ini disebabkan koneksi wired menggunakan media kabel Ethernet sehingga dapat meminimalkan interferensi sinyal dan gangguan transmisi data yang umumnya terjadi pada koneksi nirkabel. Sebaliknya, koneksi wireless lebih mudah dipengaruhi oleh hambatan fisik, jarak perangkat, serta interferensi jaringan di sekitar lokasi pengujian.

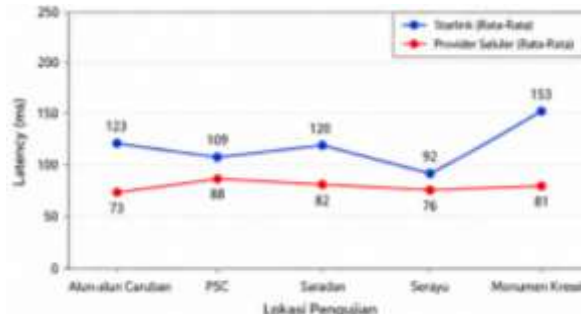
Secara umum, jaringan seluler memiliki keunggulan throughput pada wilayah dengan infrastruktur jaringan yang baik dan tingkat cakupan sinyal yang tinggi. Namun, jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam menjaga kestabilan akses internet pada wilayah dengan keterbatasan jaringan seluler. Dengan demikian, kedua jenis jaringan memiliki karakteristik performa throughput yang berbeda tergantung pada kondisi geografis dan kualitas infrastruktur jaringan di masing-masing lokasi pengujian.

3.3. Analisis Delay

Delay atau latency merupakan waktu yang dibutuhkan paket data untuk berpindah dari pengirim ke penerima dalam suatu jaringan komunikasi. Nilai delay digunakan untuk mengetahui seberapa cepat respon jaringan dalam melakukan proses transmisi data. Semakin kecil nilai delay yang diperoleh, maka semakin baik kualitas jaringan dalam mendukung layanan komunikasi real-time. Sebaliknya, nilai delay yang tinggi dapat menyebabkan keterlambatan respon jaringan sehingga menurunkan kualitas layanan internet yang diterima pengguna. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai delay pada jaringan satelit LEO dapat meningkat ketika kondisi cuaca hujan dibandingkan saat cuaca cerah [3]. Pada penelitian ini, pengukuran delay dilakukan menggunakan aplikasi Speedtest by Ookla pada jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) dan jaringan seluler dengan metode wired dan wireless di beberapa lokasi pengujian di Kabupaten Madiun.

Nilai delay yang rendah menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan kualitas pengalaman pengguna pada layanan real-time seperti video conference dan online gaming. Penelitian Adhastian dan Wibowo (2024) [13] menyebutkan bahwa optimasi QoS mampu menurunkan latency dan jitter sehingga kualitas layanan jaringan menjadi lebih baik bagi pengguna aplikasi real-time.

Pada bagian ini ditampilkan grafik perbandingan delay jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada masing-masing lokasi pengujian. Grafik disusun berdasarkan nilai rata-rata delay hasil pengujian wired dan wireless sehingga dapat memperlihatkan tingkat respon jaringan pada kondisi wilayah yang berbeda.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Delay

Berdasarkan grafik delay yang ditampilkan, terlihat adanya perbedaan nilai delay antara jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada setiap lokasi pengujian. Untuk memperjelas hasil pengukuran delay pada masing-masing jaringan dan metode koneksi, data hasil pengujian disajikan kembali dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Delay

Lokasi	LEO (Starlink) Wired	LEO (Starlink) Wireless	Seluler (Telkomsel)	Seluler (Telkomsel)
Serayu	92 ms	92 ms	74 ms	78 ms
PSC Kota Madiun	86 ms	132 ms	62 ms	114 ms
Alun-Alun Caruban	165 ms	82 ms	68 ms	78 ms
Monumen Kresek	92 ms	214 ms	74 ms	88 ms
Desa Klangan	94 ms	145 ms	81 ms	82 ms

Berdasarkan standar interpretasi Quality of Service (QoS), hasil pengujian delay menunjukkan bahwa sebagian besar jaringan satelit LEO dan jaringan seluler masih berada pada kategori sangat baik hingga baik. Jaringan seluler cenderung memiliki nilai delay yang lebih rendah dan lebih stabil dibandingkan jaringan satelit LEO, terutama pada wilayah perkotaan dan koneksi wireless tertentu.

Sesuai dengan hasil pengujian delay yang telah dilakukan, terlihat bahwa jaringan seluler secara umum memiliki nilai delay yang lebih rendah dibandingkan jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO), khususnya pada wilayah perkotaan seperti PSC Kota Madiun dan Alun-Alun Caruban. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh infrastruktur jaringan seluler yang lebih dekat dengan pengguna sehingga waktu tempuh paket data menjadi lebih singkat dan respon jaringan menjadi lebih cepat.

Sementara itu, jaringan satelit LEO cenderung memiliki nilai delay yang lebih tinggi dibandingkan jaringan seluler karena proses transmisi data harus melalui komunikasi antara perangkat pengguna dengan satelit sebelum diteruskan ke server tujuan. Delay pada jaringan juga dipengaruhi oleh jarak transmisi, media komunikasi, serta proses pengolahan data pada jaringan [6]. Meskipun demikian, satelit LEO tetap memiliki latency yang lebih rendah dibandingkan satelit geostasioner (GEO) karena orbitnya lebih dekat dengan permukaan bumi sehingga waktu tempuh sinyal menjadi lebih singkat.

Pada wilayah dengan kondisi geografis yang cukup sulit seperti Monumen Kresek, Serayu, dan Desa Klangan Kecamatan Saradan, nilai delay jaringan seluler mulai mengalami peningkatan akibat kualitas sinyal yang tidak stabil dan keterbatasan infrastruktur jaringan. Pada kondisi tersebut, jaringan satelit LEO menunjukkan performa delay yang relatif lebih konsisten karena tidak terlalu dipengaruhi oleh jarak terhadap BTS atau kondisi cakupan jaringan seluler di sekitar lokasi pengujian.

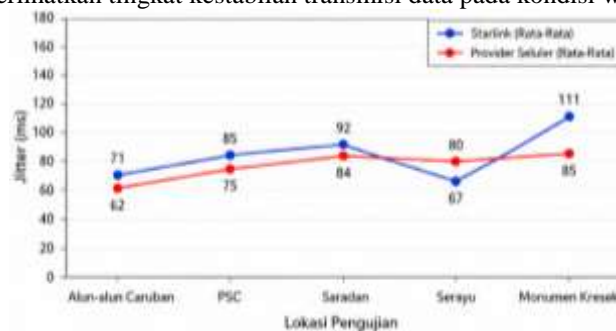
Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa koneksi wired cenderung menghasilkan nilai delay yang lebih stabil dibandingkan koneksi wireless. Hal ini disebabkan koneksi kabel Ethernet mampu meminimalkan interferensi sinyal dan mengurangi variasi waktu transmisi data yang biasanya terjadi pada jaringan nirkabel. Secara umum, jaringan seluler memiliki keunggulan dalam parameter delay pada wilayah dengan kualitas sinyal yang baik, sedangkan jaringan satelit LEO tetap mampu memberikan kualitas delay yang cukup stabil pada wilayah dengan keterbatasan akses jaringan terestrial.

3.4. Analisis Jitter

Jitter merupakan variasi waktu kedatangan paket data yang diterima oleh pengguna selama proses transmisi berlangsung. Nilai jitter digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan jaringan dalam mengirimkan

paket data secara berurutan. Nilai jitter yang rendah menunjukkan kestabilan transmisi data pada jaringan, sedangkan nilai jitter yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan real-time seperti VoIP, video conference, dan streaming multimedia akibat variasi waktu kedatangan paket data yang tidak teratur [8]. Pada penelitian ini, pengukuran jitter dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark melalui proses packet capture pada jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) dan jaringan seluler dengan metode wired dan wireless di beberapa lokasi pengujian di Kabupaten Madiun.

Pada bagian ini ditampilkan grafik perbandingan jitter jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada masing-masing lokasi pengujian. Grafik disusun berdasarkan nilai rata-rata jitter hasil pengujian wired dan wireless sehingga dapat memperlihatkan tingkat kestabilan transmisi data pada kondisi wilayah yang berbeda.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Jitter

Berdasarkan grafik jitter yang ditampilkan, terlihat adanya perbedaan kestabilan jaringan antara jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada setiap lokasi pengujian. Untuk memperjelas hasil pengukuran jitter pada masing-masing jaringan dan metode koneksi, data hasil pengujian disajikan kembali dalam bentuk tabel berikut,

Tabel 4. Hasil Pengujian Jitter

Lokasi	LEO (Starlink) Wired	LEO (Starlink) Wireless	Seluler (Telkomsel)	Seluler (Telkomsel)
Serayu	69 ms	64 ms	78 ms	81 ms
PSC Kota Madiun	64 ms	105 ms	51 ms	98 ms
Alun-Alun Caruban	86 ms	56 ms	42 ms	81 ms
Monumen Kresek	69 ms	152 ms	78 ms	92 ms
Desa Klargon	72 ms	112 ms	83 ms	85 ms

Berdasarkan standar interpretasi Quality of Service (QoS), hasil pengujian jitter menunjukkan bahwa sebagian besar jaringan satelit LEO dan jaringan seluler berada pada kategori cukup hingga buruk. Jaringan seluler wired cenderung memiliki nilai jitter yang lebih stabil dibandingkan koneksi wireless, sedangkan jaringan Starlink wireless pada beberapa lokasi mengalami peningkatan jitter yang cukup tinggi.

Sesuai dengan hasil pengujian jitter yang telah dilakukan, terlihat bahwa kestabilan jaringan pada setiap lokasi memiliki perbedaan yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, kualitas sinyal, serta metode koneksi yang digunakan. Pada wilayah perkotaan seperti PSC Kota Madiun dan Alun-Alun Caruban, jaringan seluler umumnya memiliki nilai jitter yang lebih kecil dibandingkan jaringan satelit LEO. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan seluler pada wilayah dengan infrastruktur yang baik mampu menjaga kestabilan transmisi data secara lebih konsisten.

Sementara itu, Pada wilayah dengan kondisi geografis yang lebih menantang seperti Monumen Kresek, Serayu, dan Desa Klargon Kecamatan Saradan, nilai jitter jaringan seluler dapat mengalami peningkatan akibat fluktuasi kualitas sinyal dan kestabilan koneksi jaringan. Jitter merupakan variasi waktu kedatangan paket data selama proses transmisi, sehingga semakin kecil nilai jitter maka semakin baik kualitas jaringan yang dihasilkan [3].

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa koneksi wired cenderung menghasilkan nilai jitter yang lebih stabil dibandingkan koneksi wireless. Penggunaan kabel Ethernet mampu meminimalkan interferensi sinyal dan mengurangi variasi waktu kedatangan paket data yang sering terjadi pada jaringan nirkabel.

Sebaliknya, koneksi wireless lebih mudah dipengaruhi oleh hambatan fisik, jarak perangkat, serta interferensi jaringan di sekitar lokasi pengujian.

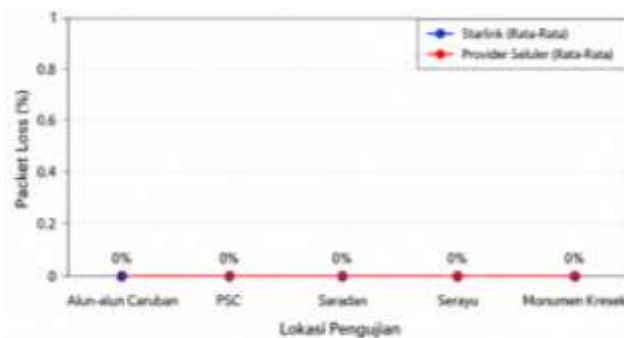
Secara umum, jaringan seluler memiliki kestabilan jitter yang lebih baik pada wilayah dengan kualitas sinyal yang optimal. Namun, jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) tetap mampu memberikan performa jitter yang cukup stabil pada wilayah dengan keterbatasan akses jaringan terestrial, sehingga masih dapat mendukung layanan komunikasi data pada berbagai kondisi lingkungan pengujian.

3.5. Analisis Packet Loss

Packet loss merupakan kegagalan transmisi paket data ketika paket yang dikirim melalui jaringan tidak sampai ke tujuan penerima. Parameter packet loss digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan jaringan dalam proses pengiriman data. Semakin kecil nilai packet loss, maka semakin baik kualitas jaringan yang dihasilkan. Sebaliknya, nilai packet loss yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan jaringan, seperti koneksi tidak stabil, buffering, serta gangguan pada layanan komunikasi real-time dan multimedia [2]. Pada penelitian ini, pengukuran packet loss dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark melalui proses analisis paket data pada jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) dan jaringan seluler dengan metode wired dan wireless di beberapa lokasi pengujian di Kabupaten Madiun.

Selain itu, penggunaan inter-satellite link (ISL) pada jaringan satelit LEO juga dapat meningkatkan keandalan jaringan dan membantu mengurangi kemungkinan terjadinya packet loss selama proses transmisi data berlangsung [14].

Pada bagian ini ditampilkan grafik perbandingan packet loss jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada masing-masing lokasi pengujian. Grafik disusun berdasarkan nilai rata-rata packet loss hasil pengujian wired dan wireless sehingga dapat memperlihatkan tingkat keandalan transmisi data pada kondisi wilayah yang berbeda.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Packet Loss

Berdasarkan grafik packet loss yang ditampilkan, terlihat adanya perbedaan tingkat kehilangan paket data antara jaringan satelit LEO dan jaringan seluler pada setiap lokasi pengujian. Untuk memperjelas hasil pengukuran packet loss pada masing-masing jaringan dan metode koneksi, data hasil pengujian disajikan kembali dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Packet Loss

Lokasi	LEO (Starlink) Wired	LEO (Starlink) Wireless	Seluler (Telkomsel)	Seluler (Telkomsel)
Serayu	0%	0%	0%	0%
PSC Kota Madiun	0%	0%	0%	0%
Alun-Alun Caruban	0%	0%	0%	0%
Monumen Kresek	0%	0%	0%	0%
Desa Klanganon	0%	0%	0%	0%

Berdasarkan standar interpretasi Quality of Service (QoS), nilai packet loss sebesar 0% pada seluruh lokasi pengujian termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses transmisi data pada jaringan satelit LEO maupun jaringan seluler berlangsung secara stabil tanpa menunjukkan terjadinya packet loss selama proses pengujian dilakukan.



Sesuai dengan hasil pengujian packet loss yang telah dilakukan, terlihat bahwa sebagian besar lokasi pengujian masih menunjukkan nilai packet loss yang relatif kecil. Hal ini menandakan bahwa jaringan satelit LEO maupun jaringan seluler masih mampu menjaga proses transmisi data dengan cukup baik pada kondisi pengujian yang dilakukan. Pada wilayah perkotaan seperti PSC Kota Madiun dan Alun-Alun Caruban, jaringan seluler cenderung memiliki nilai packet loss yang lebih rendah karena didukung oleh kualitas sinyal dan infrastruktur jaringan yang lebih stabil.

Sementara itu, Pada kondisi geografis tertentu, nilai packet loss jaringan seluler dapat meningkat akibat keterbatasan kualitas sinyal dan kestabilan jaringan komunikasi data. Packet loss menunjukkan adanya paket data yang hilang selama proses transmisi jaringan berlangsung. Semakin kecil nilai packet loss yang diperoleh, maka semakin baik tingkat keandalan jaringan dalam melakukan proses pengiriman data [3].

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa koneksi wired cenderung menghasilkan nilai packet loss yang lebih kecil dibandingkan koneksi wireless. Penggunaan kabel Ethernet mampu menjaga kestabilan transmisi data dan meminimalkan gangguan interferensi yang biasanya terjadi pada koneksi nirkabel. Sebaliknya, koneksi wireless lebih mudah dipengaruhi oleh hambatan fisik, interferensi sinyal, serta kondisi lingkungan di sekitar lokasi pengujian.

Secara umum, kedua jaringan masih menunjukkan performa packet loss yang cukup baik pada sebagian besar lokasi pengujian. Jaringan seluler memiliki performa yang lebih baik pada wilayah dengan kualitas sinyal yang optimal, sedangkan jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) tetap mampu memberikan kestabilan transmisi data pada wilayah dengan keterbatasan jaringan terestrial di Kabupaten Madiun.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jaringan satelit Low Earth Orbit (LEO) menggunakan Starlink dan jaringan seluler sama-sama mampu memberikan kualitas layanan jaringan yang baik pada kondisi wilayah yang berbeda di Kabupaten Madiun. Penelitian ini berhasil menganalisis dan membandingkan performa kedua jaringan berdasarkan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss menggunakan metode kuantitatif eksperimental melalui pengujian langsung di beberapa lokasi penelitian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan seluler memiliki performa yang lebih optimal pada wilayah dengan kualitas infrastruktur dan cakupan sinyal yang baik, terutama pada parameter throughput dan delay. Sementara itu, jaringan satelit LEO menggunakan Starlink menunjukkan performa yang cukup stabil dan mampu menyediakan akses internet pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan seluler. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua teknologi jaringan memiliki keunggulan masing-masing sesuai dengan kondisi geografis dan kebutuhan pengguna.

Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa metode koneksi wired cenderung menghasilkan performa jaringan yang lebih stabil dibandingkan koneksi wireless karena mampu meminimalkan interferensi dan gangguan transmisi data. Secara keseluruhan, kedua jaringan masih mampu memberikan kualitas layanan yang termasuk dalam kategori baik berdasarkan standar TIPHON pada sebagian besar lokasi pengujian.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi dalam pengembangan layanan broadband serta menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan teknologi akses internet yang sesuai dengan kondisi wilayah. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengujian dengan cakupan wilayah yang lebih luas, jumlah sampel yang lebih banyak, serta penambahan parameter pengujian lain agar hasil penelitian menjadi lebih komprehensif.

REFERENSI

- [1] H. Adi Saputra and G. Mahendra Saputra, "QoS Analysis of 4G Networks Using Wireshark Application (Case Study: Tepian Samarinda, Taman Samarinda, and Taman Cerdas) Pohny [in Indonesian]," *Pros. Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 13–18, 2020.
- [2] Pujakesuma, "Analisis Kualitas Jaringan Internet di SMK Negeri 1 Tembilahan Menggunakan Metode Quality of Service," *KLIK Kaji. Ilm.* ..., vol. 3, no. 6, pp. 798–805, 2023, doi: 10.30865/klik.v3i6.897.
- [3] E. H. Ramadhani, I. K. A. Enriko, A. T. Alamsyah, M. A. U. Nuha, and E. L. I. P. Sari, *Comparative Analysis of QoS Between LEO Satellite and Cellular Internet Networks for IoT Smart Farming*, vol. 2025. Atlantis Press International BV, 2025. doi: 10.2991/978-94-6463-878-3_53.
- [4] O. Kodheli *et al.*, "Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 23, no. 1, pp. 70–109, 2021, doi: 10.1109/COMST.2020.3028247.
- [5] Muhammad Wahyu Distira, Karnadi, and Apriansyah, "Starlink Network Technology Analysis Using Quality



- of Service Analysis Method (Case Study: Karya Jaya Village, Kertapati),” *J. Teknol. Dan Open Source*, vol. 8, no. 2, pp. 1128–1135, 2025, doi: 10.36378/jtos.v8i2.5147.
- [6] H. S., P. Purnawansyah, and F. Fattah, “Analisis Perbandingan Quality of Service (QoS) Pada Jaringan 4G Terhadap Layanan Video Conference,” *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 2, no. 2, pp. 78–82, 2021, doi: 10.33096/busiti.v2i2.751.
- [7] E. J. Pranata and Rizki Dewantara, “Analisis Dan Pengukuran Quality Of Service (Qos) Jaringan 4G (Operator Telkomsel, XI, Dan Indosat),” *Cyber Secur. dan Forensik Digit.*, vol. 6, no. 2, pp. 69–75, 2024, doi: 10.14421/csecurity.2023.6.2.4246.
- [8] B. Hu *et al.*, “LEO Satellite vs. Cellular Networks: Exploring the Potential for Synergistic Integration,” *Conex. Companion 2023 - Companion 19th Int. Conf. Emerg. Netw. Exp. Technol.*, pp. 45–51, 2023, doi: 10.1145/3624354.3630588.
- [9] P. Laksana, A. F. Isnawati, and A. R. Noermartyas, “Comparative Analysis of QoS VSAT IP and VSAT Star Telkomsat,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 3, pp. 113–119, 2024, doi: 10.25077/jnte.v13n3.1258.2024.
- [10] H. Ainina, “Analisis Quality of Service Jaringan Internet 4G Dengan Parameter Throghput , Delay Dan Jitter Pada,” vol. 8, pp. 33–41, 2024.
- [11] A. R. Maulana, H. Walidainy, M. Irhamsyah, F. Fathurrahman, and A. Bintang, “Analisis Quality of Service (Qos) Jaringan Internet Pada Website E-Learning Univiersitas Syiah Kuala Berbasis Wireshark,” *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 27–30, 2021, doi: 10.24815/kitektro.v6i2.22284.
- [12] A. Wijaya *et al.*, “Implementasi Quality of Service (QoS) menggunakan Wireshark pada Jaringan Wireless LAN,” *Digit. Transform. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 296–303, 2024, doi: 10.47709/digitech.v4i1.4030.
- [13] P. Adhastian and P. Wibowo, “QCI Optimization to Minimize Latency and Enhance User Experience,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 82–91, 2024, doi: 10.25077/jnte.v13n2.1193.2024.
- [14] J. Choi, “Enhancing Reliability in LEO Satellite Networks via High-Speed Inter-Satellite Links,” *IEEE Wirel. Commun. Lett.*, vol. 13, no. 8, pp. 2200–2204, 2024, doi: 10.1109/LWC.2024.3406567.