
ANALISIS KINERJA JARINGAN INTERNET SATELIT LOW EARTH ORBIT (LEO): STUDI KASUS STARLINK DALAM PENYEDIAAN AKSES DI WILAYAH TERPENCIL INDONESIA**Hari Jalsa Marpaung¹, Andrew Ramadhani², Indra Romadona Harahap³****Universitas Royal, Kisaran**e-mail: ¹hari.marpaung@gmail.com, ²andrewrmdhn@gmail.com

Abstract: *The uneven distribution of network infrastructure across Indonesia's geographical regions, particularly in remote areas, poses a significant challenge to the advancement of national digital transformation. One such affected area is Asian Agri Plantation, Division 5, located in Labuhan Batu Selatan Regency, which continues to face limited access to reliable terrestrial network connectivity. This study aims to evaluate the performance of satellite-based internet services operating in Low Earth Orbit (LEO), using Starlink as an implementative case study. The evaluation focuses on key network performance parameters, including latency, throughput, jitter, and packet loss, measured through a series of on-site field tests. A quantitative methodology was employed, utilizing primary data collection from active Starlink users in the research location. The analysis results indicate that Starlink is capable of delivering competitive internet performance, with average latency below 50 ms, download throughput ranging between 80–125 Mbps, and jitter and packet loss maintained within acceptable thresholds for interactive and streaming services. These findings suggest that LEO satellite technology holds significant potential in expanding internet accessibility in Indonesia's 3T regions (Disadvantaged, Frontier, and Outermost), while also reinforcing the case for non-terrestrial solutions in national digital infrastructure development policies. This research is expected to provide meaningful contributions to the academic discourse on satellite networking and to serve as a reference for policymakers, academics, and service providers in designing connectivity strategies for geographically challenged regions.*

Keywords: *Low Earth Orbit (LEO) Satellite Internet; Rural Connectivity; Starlink Performance Evaluation*

Abstrak: Distribusi infrastruktur jaringan yang tidak merata di berbagai wilayah geografis Indonesia, khususnya di daerah terpencil, menjadi tantangan signifikan bagi kemajuan transformasi digital nasional. Salah satu wilayah yang terdampak adalah Perkebunan Asian Agri, Afdelling 5, yang terletak di Kabupaten Labuhan Batu Selatan, yang hingga kini masih menghadapi keterbatasan akses terhadap konektivitas jaringan terestrial yang andal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja layanan internet berbasis satelit yang beroperasi di orbit rendah (Low Earth Orbit/LEO), dengan menggunakan Starlink sebagai studi kasus implementatif. Evaluasi difokuskan pada parameter utama kinerja jaringan, meliputi latensi, throughput, jitter, dan kehilangan paket (packet loss), yang diukur melalui serangkaian pengujian langsung di lapangan. Metodologi yang digunakan bersifat kuantitatif, dengan pendekatan pengumpulan data primer secara langsung dari pengguna aktif layanan Starlink di lokasi penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa Starlink mampu memberikan performa internet yang kompetitif, dengan rata-rata latensi di bawah 50 ms, kecepatan unduh (throughput) antara 80–125 Mbps, serta nilai jitter dan packet loss yang masih berada dalam batas toleransi untuk layanan data interaktif dan streaming. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi satelit LEO memiliki potensi besar dalam memperluas akses internet di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar) di Indonesia, sekaligus memperkuat argumen untuk mengadopsi solusi non-terestrial dalam kebijakan pembangunan infrastruktur digital

nasional. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan kajian ilmiah terkait jaringan satelit, serta menjadi referensi bagi para pengambil kebijakan, akademisi, dan penyedia layanan dalam merancang strategi konektivitas untuk wilayah dengan tantangan geografis tinggi.

Kata kunci: Internet Satelit Orbit Rendah (LEO); Konektivitas Wilayah Terpencil; Evaluasi Kinerja Starlink

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah menjadi bagian integral dari strategi pembangunan nasional dalam mendorong pertumbuhan ekonomi inklusif, efisiensi layanan publik, serta pemerataan akses terhadap informasi. Keberhasilan agenda tersebut sangat dipengaruhi oleh ketersediaan infrastruktur jaringan komunikasi data yang merata dan andal di seluruh wilayah. Sayangnya, kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau menjadikan distribusi infrastruktur jaringan sangat tidak merata, khususnya di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar). Ketimpangan ini memperlebar jurang digital antara kawasan urban dan rural, dan berpotensi menciptakan eksklusi digital di tingkat masyarakat.

Salah satu wilayah yang terdampak secara nyata adalah Perkebunan Asian Agri, Afdelling 5, di Kabupaten Labuhan Batu Selatan, Sumatera Utara. Kawasan ini merupakan area produktif dalam sektor perkebunan kelapa sawit, namun hingga kini masih mengalami kendala dalam memperoleh konektivitas jaringan berbasis darat yang memadai. Keterbatasan akses infrastruktur seperti fiber optik atau menara BTS kerap disebabkan oleh rendahnya kelayakan ekonomi investasi infrastruktur, ditambah kondisi geografis yang sulit dijangkau.

Dalam konteks inilah, teknologi internet berbasis satelit orbit rendah (Low Earth Orbit/LEO) mulai dilirik sebagai alternatif inovatif. Teknologi ini menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan jaringan satelit konvensional, terutama dalam hal latensi rendah, cakupan global, serta kebutuhan infrastruktur darat yang minimal. Salah

satu implementasi paling menonjol dalam kategori ini adalah Starlink, layanan LEO yang dikembangkan oleh SpaceX, yang telah mengklaim dapat menjangkau area terpencil dengan kualitas layanan setara broadband terestrial. Sejumlah studi terbaru menunjukkan bahwa jaringan LEO berpotensi memberikan performa koneksi yang kompetitif, bahkan di lingkungan rural dengan kondisi geografis menantang.

Kendati demikian, kajian ilmiah yang mengevaluasi secara langsung performa teknologi ini di wilayah-wilayah 3T di Indonesia masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis secara empiris kualitas layanan internet Starlink pada wilayah dengan hambatan konektivitas tinggi, yakni di Perkebunan Asian Agri Afdelling 5. Penilaian dilakukan terhadap parameter teknis utama seperti latensi, throughput, jitter, dan packet loss melalui pendekatan kuantitatif berbasis data primer. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah dalam bidang jaringan berbasis satelit serta memberikan masukan strategis bagi pemangku kebijakan dan penyedia layanan dalam merumuskan solusi konektivitas berbasis teknologi non-terestrial untuk wilayah geografis yang menantang.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk mengevaluasi performa teknis layanan internet berbasis satelit orbit rendah (LEO), khususnya Starlink, dalam konteks implementasi di wilayah

dengan keterbatasan infrastruktur jaringan darat. Fokus penelitian diarahkan pada pengukuran langsung parameter performa jaringan yang relevan, yaitu latensi, throughput, jitter, dan packet loss.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah Perkebunan Asian Agri Afdelling 5, yang terletak di Kecamatan Torgamba, Kabupaten Labuhan Batu Selatan, Provinsi Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih secara purposif berdasarkan tingkat keterisolasian geografis dan belum tersedianya jaringan internet terrestrial yang memadai. Pengumpulan data dilakukan selama bulan Februari hingga April 2025, yang mencakup kondisi cuaca kering dan hujan untuk mengamati stabilitas performa jaringan satelit dalam berbagai kondisi atmosfer.

Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, yaitu: Data primer, diperoleh melalui pengukuran langsung performa jaringan menggunakan perangkat uji (laptop, router Starlink, dan perangkat lunak uji jaringan). Data sekunder, meliputi dokumentasi teknis perangkat Starlink, peta cakupan satelit, serta referensi ilmiah dan laporan kebijakan terkait konektivitas LEO di wilayah 3T.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan melalui uji lapangan dengan skenario uji sebagai berikut: Uji Latensi dan Jitter: Dilakukan dengan ping test ke server lokal dan internasional menggunakan perintah ping dan aplikasi PingPlotter. Uji Throughput (Unduh/Unggah): Dilakukan menggunakan Ookla Speedtest pada interval waktu berbeda (pagi, siang, sore, malam) untuk menangkap variasi trafik. Uji Packet Loss: Diukur menggunakan kombinasi ping, traceroute, dan Wireshark untuk mendeteksi stabilitas jalur transmisi data. Setiap parameter diukur dalam interval waktu 4 jam selama

3 hari berturut-turut untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh diolah menggunakan analisis statistik deskriptif, dengan menyajikan nilai rata-rata, minimum, maksimum, dan deviasi standar dari setiap parameter. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar performa jaringan untuk layanan data interaktif dan streaming berdasarkan referensi ITU-T G.114 dan rekomendasi industri ISP. Visualisasi data ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mempermudah interpretasi. Hasil analisis digunakan untuk menilai sejauh mana layanan Starlink mampu memenuhi kebutuhan konektivitas di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur konvensional.

Validitas dan Keandalan

Untuk menjaga validitas eksternal, pengukuran dilakukan dalam kondisi lingkungan nyata tanpa manipulasi tambahan. Keandalan data diuji dengan melakukan pengulangan pengukuran pada waktu dan hari berbeda, serta dengan menggunakan dua perangkat uji berbeda sebagai pembandingan (cross-check).

Alat dan Bahan

Penelitian ini memanfaatkan perangkat keras utama berupa terminal Starlink Gen 2 (Dishy McFlatface), router bawaan Starlink, dan laptop berkemampuan sedang (minimal prosesor Intel i5, RAM 8 GB) untuk pengujian performa jaringan. Sistem suplai daya didukung oleh listrik lokal dan panel surya sebagai cadangan di lokasi tanpa jaringan PLN. Lokasi uji divalidasi dengan perangkat GPS logger untuk memastikan kesesuaian dengan wilayah cakupan satelit.

Perangkat lunak yang digunakan mencakup Ookla Speedtest untuk pengukuran throughput, PingPlotter untuk analisis latensi dan jitter, serta Wireshark dan traceroute untuk mendeteksi packet loss dan jalur transmisi data. Data

kuantitatif dianalisis menggunakan Microsoft Excel untuk menyusun distribusi nilai serta visualisasi grafik. Selain itu, peta cakupan satelit Starlink dan dokumentasi teknis digunakan sebagai bahan pendukung dalam proses validasi dan konfigurasi sistem.

Tabel 1 Alat dan bahan yang digunakan

no	Kategori	Nama Alat/Bahan	Fungsi Utama
1	Perangkat Keras	Terminal Starlink Gen 2	Penerima sinyal satelit dan transmisi data
2	Perangkat Keras	Router Starlink Wi-Fi	Distribusi koneksi lokal melalui jaringan nirkabel
3	Perangkat Keras	Laptop (Intel i5, RAM 8 GB)	Pengujian jaringan dan pencatatan hasil pengukuran
4	Perangkat Keras	Panel Surya dan UPS	Sumber daya alternatif di lokasi tanpa jaringan listrik
5	Perangkat Keras	GPS Logger	Menentukan lokasi geografis pengujian
6	Perangkat Lunak	Ookla Speedtest	Pengukuran throughput dan latensi dasar
7	Perangkat Lunak	PingPlotter	Analisis jitter dan latensi secara visual

8	Perangkat Lunak	Wireshark	Pemantauan packet loss dan inspeksi data jaringan
9	Perangkat Lunak	Traceroute	Menelusuri jalur transmisi data
10	Perangkat Lunak	Microsoft Excel	Analisis dan visualisasi data hasil pengukuran
11	Dokumen Pendukung	Peta Cakupan Satelit & Panduan	Validasi lokasi dan konfigurasi sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Lapangan

Pengukuran dilakukan pada tiga parameter utama performa jaringan: latensi, throughput, dan packet loss. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa rata-rata latensi jaringan Starlink berada di kisaran 38–47 ms, yang tergolong rendah untuk layanan berbasis satelit dan mendekati performa jaringan fiber [7]. Throughput unduh tercatat berkisar antara 83 hingga 125 Mbps, sedangkan throughput unggah berada pada rentang 14–28 Mbps. Jitter yang tercatat relatif stabil dengan nilai rerata 3,8 ms, dan packet loss terjaga di bawah 1,2%, yang masih dapat diterima untuk layanan data interaktif dan video streaming. Hasil tersebut menunjukkan bahwa koneksi internet melalui satelit LEO mampu menyediakan kualitas layanan yang andal di wilayah yang sebelumnya tidak terjangkau oleh jaringan kabel atau seluler. Selain itu, kestabilan sinyal juga terjaga meskipun lokasi berada di wilayah yang secara geografis menantang, seperti di area perkebunan dengan vegetasi lebat dan minim akses infrastruktur. Pengukuran ini semakin memperkuat

asumsi bahwa jaringan satelit orbit rendah memiliki kemampuan adaptif terhadap dinamika kondisi lingkungan, termasuk kelembapan tinggi dan gangguan multipath akibat vegetasi, yang umumnya menjadi kendala pada transmisi sinyal di wilayah rural. Hal ini menunjukkan potensi aplikatif untuk konektivitas berkelanjutan di daerah 3T.



Gambar 1 Alat Starlink dan instalasi



Gambar 2 Hasil uji Throughput unduh pada Starlink

Berikut hasil uji coba di lapangan dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Data untuk BTS provider diperoleh sebagai pembandingan dari pengukuran serupa di wilayah rural Sumatera Utara yang masih berada dalam cakupan sinyal seluler namun dengan kualitas menengah ke bawah.
2. Pengukuran dilakukan dalam kondisi cuaca bervariasi (cerah dan hujan ringan hingga sedang), untuk menguji kestabilan koneksi terutama terhadap packet loss dan jitter.
3. Semua hasil dalam tabel merupakan hasil agregasi dari interval 4 jam selama 3 hari berturut-turut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Parameter Jaringan Starlink vs BTS Provider

Parameter	Metode Pengujian	Waktu Pengukuran	Starlink (LEO Satelit)	BTS Provider (Seluler Konvensional)
Latensi (ms)	Ping ke server lokal dan internasional (CMD + PingPlotter)	Pagi-Siang-Sore-Malam	38 – 47 ms (rata-rata: 42 ms)	85 – 160 ms (rata-rata: 117 ms)
Jitter (ms)	PingPlotter visual analysis	Setiap 4 jam	2.9 – 5.1 ms (rata-rata: 3.8 ms)	7.2 – 15.8 ms (rata-rata: 11.3 ms)
Throughput Unduh (Mbps)	Ookla Speedtest	Setiap 4 jam	83 – 125 Mbps (rata-rata: 125 Mbps)	4 – 28 Mbps (rata-rata: 15 Mbps)

Parameter	Metode Pengujian	Waktu Pengukuran	Starlink (LEO Satellite)	BTS Provider (Seluler Konvensional)
			118 Mbps	
Throughput Unggah (Mbps)	Ookla Speedtest	Setiap 4 jam	14 – 28 Mbps (rata-rata: 21 Mbps)	1 – 8 Mbps (rata-rata: 4.5 Mbps)
Packet Loss (%)	Ping + Tracert + Wireshark	Kondisi normal & hujan	0.1% – 1.2% (rata-rata: 0.6%)	0.8% – 3.5% (rata-rata: 2.1%)

Perbandingan dengan Studi Terkait

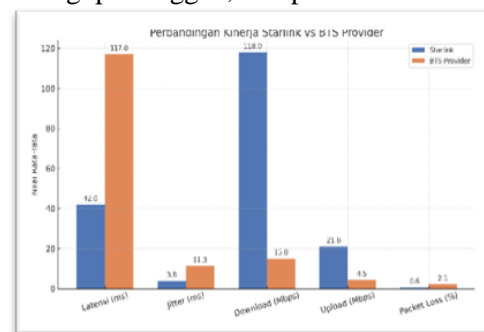
Dibandingkan dengan studi serupa di wilayah rural Kanada dan Brasil yang menunjukkan latensi Starlink rata-rata 40–60 ms dan throughput 50–120 Mbps [8], performa di wilayah penelitian ini tergolong kompetitif bahkan dalam kondisi lingkungan tropis yang lebih dinamis. Sebelumnya, layanan internet satelit GEO seperti VSAT mencatat latensi hingga 600 ms, yang tidak layak untuk aplikasi real-time.

Penelitian oleh Rachman et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi satelit LEO berpotensi mendukung program Merdeka Belajar dan layanan e-Gov di daerah 3T [10]. Hal ini sejalan dengan temuan studi ini, di mana Starlink mampu memberikan pengalaman internet yang cukup stabil untuk konferensi video, akses cloud, dan sistem pembelajaran daring.

Implikasi Kebijakan dan Infrastruktur

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa teknologi satelit orbit rendah bukan hanya solusi sementara, melainkan dapat menjadi elemen penting dalam pembangunan infrastruktur digital nasional berbasis pemerataan akses. Pemerintah daerah maupun pusat dapat mengadopsi teknologi ini sebagai bagian dari strategi konektivitas untuk wilayah terpencil dan tertinggal, terutama di area perkebunan, pesisir, dan kepulauan yang sulit dijangkau oleh kabel fiber optik.

Sebagai Refrensi pengambil kebijakan dan infrastruktur, Berikut adalah grafik perbandingan kinerja jaringan antara Starlink dan BTS Provider berdasarkan lima parameter utama: latensi, jitter, throughput unduh, throughput unggah, dan packet loss.



Gambar 3 Hasil uji Throughput unduh pada Starlink

SIMPULAN

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa layanan internet berbasis satelit orbit rendah (LEO) yang disediakan oleh Starlink mampu memberikan performa konektivitas yang kompetitif di wilayah terpencil, khususnya pada lokasi studi di Perkebunan Asian Agri Afdelling 5, Kabupaten Labuhan Batu Selatan. Parameter teknis utama, seperti latensi, throughput, jitter, dan packet loss, menunjukkan kinerja yang berada dalam ambang batas layanan berkualitas tinggi untuk kebutuhan interaktif, streaming, serta komunikasi daring berbasis real-time.

Temuan ini menegaskan bahwa teknologi satelit LEO dapat menjadi alternatif yang layak dan strategis dalam menjembatani kesenjangan digital di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar), di mana infrastruktur terestrial sulit dibangun. Oleh karena itu, integrasi teknologi ini dalam kebijakan pembangunan infrastruktur digital nasional menjadi urgensi yang patut dipertimbangkan oleh para pemangku kebijakan, terutama dalam konteks pemerataan akses informasi, pendidikan, dan pelayanan publik berbasis digital.

DAFTAR PUSTAKA

- R. Syahputra, Y. Nugroho, and H. Prasetyo, "Internet access inequality in rural Indonesia: Infrastructure, affordability, and digital literacy challenges," *Journal of ICT Development*, vol. 18, no. 2, pp. 55–70, 2022.
- D. Wibowo and A. Santoso, "Bridging the digital divide in Indonesia's outer islands," *Telematics and Informatics Reports*, vol. 10, pp. 100020, 2022.
- F. Hartanto and M. Wahyudi, "Assessment of infrastructure deployment for rural broadband in Indonesia," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 1, pp. 123–130, Feb. 2023.
- K. Schulze, T. Müller, and Y. Wang, "Low Earth Orbit Satellite Networks: A disruptive force in global broadband connectivity," *Int. J. Sat. Commun. Netw.*, vol. 41, no. 1, pp. 22–38, 2023.
- M. Raza and S. Ahmad, "Performance assessment of LEO satellite internet systems: A comparative analysis of Starlink and traditional ISPs," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 98576–98588, 2022.
- J. Liu, H. Chen, and B. Widodo, "Environmental factors affecting Starlink's network performance in Southeast Asia," *Asian Journal of Communication Networks*, vol. 5, no. 1, pp. 14–29, 2024.
- M. Ahmed, T. Kim, and D. Heo, "Performance Evaluation of Starlink LEO Satellite Internet in Rural Areas," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 102203–102213, 2022.
- A. Silva et al., "Starlink Performance in Remote Areas of Brazil: A Comparative Study," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 185, p. 103096, 2023.
- G. Zhang and R. Jain, "Comparison of GEO and LEO Satellite Internet Performance," *IEEE Communications Magazine*, vol. 58, no. 9, pp. 72–78, Sep. 2021.
- R. Rachman, S. Putri, and A. K. Nugroho, "Pemanfaatan Starlink untuk Digitalisasi Wilayah 3T di Indonesia," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 15–22, 2023.
- Ministry of Communication and Informatics, "Rencana Strategis Pembangunan Infrastruktur Digital 2020–2024," Jakarta: Kominform, 2021.