



*ANALISIS PERFORMA PROTOKOL VIDEO **STREAMING REAL-TIME MESSAGING PROTOCOL SECURE** (RTMPS) DAN **HTTP LIVE STREAMING** (HLS) PADA JARINGAN SATELIT **LOW EARTH ORBIT** (LEO) MENGGUNAKAN **FRAMEWORK SPEECH AND MULTIMEDIA TRANSMISSION QUALITY** (STQ)*

TESIS

RAFIQ AMALUL WIDODO
2309511007

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI 2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



*ANALISIS PERFORMA PROTOKOL VIDEO **STREAMING** REAL-TIME MESSAGING PROTOCOL SECURE (RTMPS) DAN HTTP LIVE STREAMING (HLS) PADA JARINGAN SATELIT LOW EARTH ORBIT (LEO) MENGGUNAKAN FRAMEWORK SPEECH AND MULTIMEDIA TRANSMISSION QUALITY (STQ)*

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Komunikasi Broadband

**NEGERI
JAKARTA**
RAFIQ AMALUL WIDODO

2309511007

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI 2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 4 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Rafiq Amalul Widodo

NIM 2309511007



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rafiq Amalul Widodo

NIM : 2309511007

Tanda Tangan : 

Tanggal : 4 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Rafiq Amalul Widodo
NIM : 2309511007
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Analisis Performa Protokol Video *Streaming Real-Time Messaging Protocol Secure* (RTMPS) dan *HTTP Live Streaming* (HLS) Pada Jaringan Satelit *Low Earth Orbit* (LEO) Menggunakan *Framework Speech And Multimedia Transmission Quality* (STQ)

telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Senin tanggal 7 Juli tahun 2025 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Mera Kartika Delimayanti, S.Si., M.T., Ph.D. (...)

Pembimbing II : Dr. I Ketut Agung Enriko, S.T., M.Sc. (...)

Penguji I : Dr., Drs., Ahmad Tossin Alamsyah, S.T., M.T. (...)

Penguji II : Dr., Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si. (...)

Penguji III : Dr., Sutiyo, S.T., M.Eng. (...)

Depok, 7 Juli 2025

Disahkan oleh

Kepala Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Innalhamdalillah, segala puji hanya milik Allah Subhanahu wa Ta'ala. Atas rahmat dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan buku tesis ini. Penulis menyadari, tanpa bantuan dan dukungan berbagai pihak, laporan ini tidak mungkin terselesaikan dengan baik. Segala kekurangan dalam laporan ini semata-mata berasal dari penulis, karena kesempurnaan hanya milik Allah.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Isma 'Ussalimah, istri tercinta yang selalu setia mendampingi dalam setiap langkah perjalanan ini, yang dengan penuh keikhlasan memberikan dukungan, doa, dan pengorbanannya, bahkan rela mengurangi waktu kebersamaan demi tercapainya cita-cita penulis.
2. Shofiyah Adiba Widodo, anak tercinta yang selalu mengisi hari-hari penulis dan menjadi motivasi penulis untuk selalu mengembangkan diri.
3. Ibu Mera Kartika Delimayanti, S.Si., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing dan atasan kerja yang selalu mendorong penulis untuk terus maju dan berkembang di dunia akademik.
4. Bapak Dr. I Ketut Agung Enriko, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing serta mengarahkan penulis dalam penelitian ini.
5. UPA TIK Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan kesempatan dan izin serta dukungan kepada penulis untuk melanjutkan studi S2 ini di PNJ.

Akhir kata, semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan semua pihak dengan pahala yang berlimpah. Semoga laporan tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rafiq Amalul Widodo
NIM : 2309511007
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS PERFORMA PROTOKOL VIDEO STREAMING REAL-TIME MESSAGING PROTOCOL SECURE (RTMPS) DAN HTTP LIVE STREAMING (HLS) PADA JARINGAN SATELIT LOW EARTH ORBIT (LEO) MENGGUNAKAN FRAMEWORK SPEECH AND MULTIMEDIA TRANSMISSION QUALITY (STQ)

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihinformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 4 Juli 2025
Yang menyatakan

Rafiq Amalul Widodo
NIM 2309511007



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Rafiq Amalul Widodo, Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Analisis Performa Protokol Video *Streaming Real-Time Messaging Protocol Secure* (RTMPS) dan *HTTP Live Streaming* (HLS) Pada Jaringan Satelit *low earth orbit* (LEO) Menggunakan *Framework Speech And Multimedia Transmission Quality* (STQ). Penelitian ini menganalisis performa protokol video *streaming* RTMPS dan HLS pada jaringan satelit LEO menggunakan *framework* STQ. Evaluasi dilakukan pada skenario nyata berbasis platform YouTube dengan fokus pada parameter *quality of service* (QoS) dan *quality of experience* (QoE). Dari sisi QoS, protokol HLS resolusi 1080p mencatat *throughput* rata-rata sebesar 7.16 Mbps dengan koefisien variasi sebesar 31.1 persen, sedangkan RTMPS resolusi 1080p mencatat *throughput* rata-rata 4.10 Mbps dengan koefisien variasi 26.9 persen. Pada parameter *jitter*, HLS resolusi 720p menunjukkan rata-rata *jitter* 13.37 milidetik dan 39 lonjakan di atas ambang 100 milidetik, sementara RTMPS resolusi 1080p hanya mencatat *jitter* rata-rata 3.19 milidetik dengan satu lonjakan. Dari sisi QoE, HLS resolusi 720p menunjukkan performa terbaik dengan skor Mean Opinion Score (MOS) sebesar 3.34 dan rebuffer ratio nol persen. Sebaliknya, RTMPS resolusi 720p mencatat skor MOS sebesar 3.17 dengan rebuffer ratio 4.19 persen dan total freeze time selama 14.37 detik. RTMPS juga mengalami lebih banyak stall events pada resolusi bitrate menengah. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun RTMPS lebih stabil pada level jaringan, protokol HLS lebih tangguh dalam menjaga kontinuitas dan kenyamanan siaran berkat mekanisme buffering adaptif. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pemilihan strategi protokol yang optimal dalam menghadapi karakteristik kanal dinamis jaringan satelit LEO.

Kata kunci: *Quality of Service, Quality of Experience, Low Earth Orbit, RTMPS, HLS*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

Rafiq Amalul Widodo, Master of Applied Electrical Engineering Program, *Performance Analysis of Video Streaming Protocols Real-Time Messaging Protocol Secure (RTMPS) and HTTP Live Streaming (HLS) on low earth orbit (LEO) Satellite Networks Using the Speech And Multimedia Transmission Quality (STQ) Framework*. This study analyzes the performance of the RTMPS and HLS video streaming protocols over Low Earth Orbit (LEO) satellite networks using the Speech and Multimedia Transmission Quality (STQ) framework. The evaluation was conducted in a real-world scenario on the YouTube platform, focusing on quality of service (QoS) and quality of experience (QoE) parameters. In terms of QoS, HLS at 1080p resolution recorded an average throughput of 7.16 Mbps with a coefficient of variation of 31.1 percent, while RTMPS at the same resolution recorded an average throughput of 4.10 Mbps with a coefficient of variation of 26.9 percent. Regarding jitter, HLS at 720p resolution exhibited an average jitter of 13.37 milliseconds and 39 spikes exceeding the 100-millisecond threshold. In contrast, RTMPS at 1080p resolution recorded an average jitter of 3.19 milliseconds with only one spike. In terms of QoE, HLS at 720p resolution demonstrated the best performance, achieving a Mean Opinion Score (MOS) of 3.34 with a rebuffer ratio of zero percent. On the other hand, RTMPS at 720p resolution recorded a MOS of 3.17, a rebuffer ratio of 4.19 percent, and a total freeze time of 14.37 seconds. RTMPS also experienced more frequent stall events at medium-bitrate resolutions. These results indicate that, although RTMPS offers greater stability at the network level, HLS is more resilient in maintaining streaming continuity and user experience, owing to its adaptive buffering mechanism. This study contributes valuable insights into the optimal selection of streaming protocols under the dynamic conditions of LEO satellite networks.

Keywords: Quality of Service, Quality of Experience, Low Earth Orbit, RTMPS, HLS



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
HALAMAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penyajian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Teoritis.....	6
2.1.1 Protokol Streaming.....	7
2.1.2 Teknologi Jaringan Satelit LEO	12
2.1.3 Jaringan Internet Terrestrial.....	14
2.1.4 Speech and Multimedia Transmission Quality (STQ)	15
2.2 Kajian Penelitian Terdahulu	19
2.3 <i>State of the Art</i>	31



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1 Tahapan Penelitian	33
3.2 Bahan dan Alat	35
3.3 Waktu dan Lokasi Pengujian.....	42
3.4 Desain Arsitektur Pengujian Performa LEO	43
3.4.1 Parameter QoS Video <i>Live Streaming</i>	44
3.4.2 Pengukuran QoS Saat <i>Live Streaming</i>	47
3.5 Pengukuran QoE Hasil <i>Live Streaming</i>	54
3.5.1 Pengolahan dan Integrasi Data Hasil Pengukuran	57
3.5.2 Penyejajaran Temporal dan Agregasi Metrik QoS QoE.....	59
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Karakteristik Kinerja Dasar Jaringan LEO	61
4.1.1 Analisis Rute dan <i>Point of Presence</i> Jaringan Starlink.....	61
4.1.2 <i>Throughput</i> dan Latensi Awal	63
4.1.3 Analisis Rute Menuju YouTube <i>Ingest Server</i>	66
4.1.4 Pembahasan Kinerja Dasar Jaringan.....	68
4.2 Analisis QoS untuk Layanan Video	69
4.2.1 Analisis <i>Instantaneous Throughput</i>	70
4.2.2 Analisis Jitter.....	77
4.2.3 Analisis <i>Stall Events</i> dan <i>Freeze Time</i>	81
4.2.4 Analisis Parameter Video <i>Services KPI</i>	85
4.3 Analisis QoE dan Penilaian MOS	88
4.3.1 Pemodelan MOS Berbasis Metrik QoS.....	89
4.3.2 Analisis Skor MOS Terhadap Waktu dan Segmen Video	92
4.3.3 Analisis Pengaruh Transmisi Ulang (<i>Retransmission</i>) terhadap QoE.....	94
4.3.4 Analisis Parameter QoE	96
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	99
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	111



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Keras Jaringan Internet LEO	35
Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Keras <i>Live Streamer</i>	38
Tabel 3.3 Spesifikasi Perangkat Lunak pada <i>Live Streamer</i>	41
Tabel 3.4 Spesifikasi Server P.1204	42
Tabel 3.5 Parameter QoS yang Diperhitungkan Berdasarkan STQ	46
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Unggah, Unduh, dan RTT.....	63
Tabel 4.2 Alamat IP YouTube <i>Ingest Server</i>	66
Tabel 4.3 Jumlah Paket yang Diuji pada Setiap Protokol	69
Tabel 4.4 Rangkuman Pengukuran <i>Instantaneous Throughput</i>	70
Tabel 4.5 Granular <i>Instantaneous Throughput</i>	75
Tabel 4.6 Rangkuman Pengukuran <i>Jitter</i>	79
Tabel 4.7 Statistik <i>Stall Events</i> dan <i>Freeze Time</i>	82
Tabel 4.8 Rangkuman Pengukuran KPI Layanan Video.....	86
Tabel 4.9 Sampel Data Segmen dan Perhitungan Durasi.....	89
Tabel 4.10 Sampel Data Peletakan Waktu Kumulatif	90
Tabel 4.11 Sampel Data Waktu Relatif	91
Tabel 4.12 Sampel Data Hasil Agregasi Temporal QoS dan QoE	92
Tabel 4.13 Mean MOS dan <i>Bitrate</i> Rata-rata Setiap Resolusi Video	97



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Kerja RTMPS Untuk <i>Live Streaming</i>	8
Gambar 2.2 Alur Kerja Protokol HLS.....	9
Gambar 2.3 Proses Kerja <i>Adaptive Bitrate</i> Pada Protokol HLS	10
Gambar 2.4 Pola Konstelasi Satelit Space X.	12
Gambar 2.5 Pos Permanen <i>Laser Intersatellite Links</i> (LISL) Milik SpaceX Di Fase Satu Peluncuran Satelit Starlink.....	13
Gambar 2.6 Karakterisasi Teknis F5G	14
Gambar 2.7 Arsitektur Model Prediksi Kualitas Video ITU-T P.1204 STQ	17
Gambar 3.1. Diagram Tahapan Penelitian	33
Gambar 3.2 Komponen Utama Perangkat Starlink Kit Gen 3.	36
Gambar 3.3 Instalasi Starlink Kit Gen 3	37
Gambar 3.4 Konfigurasi Perangkat Keras <i>Live Streamer</i>	40
Gambar 3.5 Arsitektur Pengujian <i>Streaming</i> Menggunakan Protokol RTMPS dan HLS Pada Jaringan LEO Starlink.	43
Gambar 3.6 Tahapan Umum Layanan Video Berbasis IP.....	45
Gambar 3.7 Skema Metodologi QoS pada Jaringan Satelit LEO Starlink	48
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> pengambilan data pada saat <i>live streaming</i>	49
Gambar 3.9 <i>Traffic Capturing</i> melalui aplikasi Wireshark.....	50
Gambar 3.10 Alur Kerja Pengukuran QoE Video Menggunakan ITU-T P.1204..	55
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> pengukuran QoE <i>no-reference</i> ITU-T P.1204.3.....	56
Gambar 4.1 Validasi Rute PoP Starlink di Indonesia.....	62
Gambar 4.2 Pengecekan ASN 45700 Milik SpaceX di Indonesia.....	63
Gambar 4.3 Grafik timeline throughput DL Starlink.....	64
Gambar 4.4 Grafik Timeline latensi throughput UL Starlink	65
Gambar 4.5 Grafik <i>Timeline</i> latensi RTT Starlink	65
Gambar 4.6 Validasi IP Tujuan <i>Live Streaming</i>	67
Gambar 4.7 Hasil pemeriksaan salah satu hostname milik Google	68
Gambar 4.8 Hasil Instantaneous Throughput 1080p HLS.	71
Gambar 4.9 Hasil <i>Instantaneous Throughput</i> 720p HLS.....	72
Gambar 4.10 Hasil <i>Instantaneous Throughput</i> 360p HLS.....	72
Gambar 4.11 Hasil <i>Instantaneous Throughput</i> 1080p RTMPS	73
Gambar 4.12 Hasil <i>Instantaneous Throughput</i> 720p RTMPS	73
Gambar 4.13 Hasil <i>Instantaneous Throughput</i> 360p RTMPS	74
Gambar 4.14 Grafik Jitter HLS.....	78
Gambar 4.15 Grafik Jitter RTMPS.....	80



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.16 Linimasa Deteksi Stall pada Protokol HLS.....	82
Gambar 4.17 Linimasa Deteksi Stall pada Protokol RTMPS.	84
Gambar 4.18 <i>Heatmap</i> MOS Menggunakan Pendekatan Spatiotemporal.....	93
Gambar 4.19 <i>Heatmap</i> Transmisi Ulang Pada Setiap Resolusi Video.....	94





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lanjutan Gambar 4.6 Validasi IP YouTube Ingest Server	111
Lampiran 2. Lanjutan Tabel 4.5 Granular <i>Instanaeous Throughput</i>	113
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Penelitain Tesis di BBPP Lembang	122
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian Tesis	123
Lampiran 5. Bukti Sertifikat Presenter dan Pengiriman Paper	124





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1. Rumus perhitungan <i>count</i> atau hitungan	46
Persamaan 3.2. Rumus perhitungan <i>event</i> atau kejadian	46
Persamaan 3.3. Rumus perhitungan <i>duration</i> atau durasi.....	47
Persamaan 3.4. Perhitungan rasio kegagalan atau <i>cut-off</i>	47
Persamaan 3.5 Perhitungan parameter VAT	51
Persamaan 3.6 Perhitungan Parameter VPD	51
Persamaan 3.7 Perhitungan Parameter VSS.....	52
Persamaan 3.8 Perhitungan Parameter VSE	52
Persamaan 3.9 Perhitungan BR_avg.....	52
Persamaan 3.10 Perhitungan Flag AF	53
Persamaan 3.11 Perhitungan Rebuffe Ratio.....	53
Persamaan 3.12 Perhitungan MOS 26 Segmen.....	57
Persamaan 3.13 Perhitungan Agregat <i>Throughput</i>	58
Persamaan 3.14 Perhitungan RTT.....	58
Persamaan 3.15 Perhitungan <i>Jitter</i>	59
Persamaan 3.16 Perhitungan Duplicate Acknowledgement.....	59
Persamaan 3.17 Perhitungan Transmisi Ulang	59

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN SINGKATAN

ABR	: <i>Adaptive Bitrate</i>
ASN	: <i>Autonomous System Number</i>
BBPP Lembang	: Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang
CDN	: <i>Content Delivery Network</i>
CMAB	: <i>Contextual Multi-Armed Bandit</i>
CV	: <i>Coefficient of Variation</i>
DASH	: <i>Dynamic Adaptive Streaming over HTTP</i>
DL	: <i>Download</i>
ETSI	: <i>European Telecommunications Standards Institute</i>
GEO	: <i>Geostationary Earth Orbit</i>
GGC	: Google Global Cache
GOP	: <i>Group of Picture</i>
HLS	: <i>HTTP Live Streaming</i>
ISL	: <i>Inter-Satellite Links</i>
ITU-T	: <i>International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector</i>
KPI	: <i>Key Performance Indicator</i>
LEO	: <i>Low Earth Orbit</i>
LVA	: <i>Live Video Analytics</i>
MOS	: <i>Mean Opinion Score</i>
NR	: <i>No-reference</i>
OBS	: <i>Open Broadcaster Software</i>
OTT	: <i>Over-The-Top</i>
PPO	: <i>Proximal Policy Optimization</i>
QoE	: <i>Quality of Experience</i>
QoS	: <i>Quality of Service</i>
QP	: <i>Quantization Parameter</i>
RTCP	: <i>Real-time Transport Control Protocol</i>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RTMP	: <i>Real-Time Messaging Protocol</i>
RTMPS	: <i>Real-Time Messaging Protocol Secure</i>
RTP	: <i>Real-time Transport Protocol</i>
RTSP	: <i>Real-Time Streaming Protocol</i>
RTT	: <i>Round-Trip Time</i>
SFTP	: <i>Secure File Transfer Protocol</i>
SSL	: <i>Secure Socket Layer</i>
STQ	: <i>Speech and Multimedia Transmission Quality</i>
TCP	: <i>Transmission Control Protocol</i>
TLS	: <i>Transport Layer Security</i>
UL	: <i>Upload</i>
VAT	: <i>Video Access Time</i>
VMAF	: <i>Video Multimethod Assessment Fusion</i>
VPD	: <i>Video Playout Duration</i>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi komunikasi satelit berperan penting dalam mendorong transformasi layanan internet secara global. Salah satu terobosan utama adalah penerapan jaringan satelit *low earth orbit* (LEO), seperti Starlink yang memiliki keunggulan dalam hal latensi rendah dan *throughput* tinggi dibandingkan *geostationary earth orbit* (GEO) [1], [2], [3]. Teknologi ini relevan dalam mendukung layanan multimedia, khususnya *streaming video real-time* yang membutuhkan stabilitas jaringan serta performa yang andal [4], [5], [6]. Namun, jaringan LEO tidak terlepas dari tantangan teknis, seperti variabilitas latensi, pergantian satelit (*handover*) [7], dan fluktuasi stabilitas koneksi yang berdampak signifikan pada *quality of service* (QoS) dan *quality of experience* (QoE) [8], [9].

Real-Time Messaging Protocol Secure (RTMPS) dan *HTTP Live Streaming* (HLS) merupakan protokol yang banyak digunakan untuk mendukung *streaming video real-time* karena memiliki efisiensi yang tinggi dalam pengiriman data. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa RTMPS memiliki performa yang optimal pada jaringan stabil seperti Wi-Fi [10]. Namun, dalam jaringan LEO yang lebih dinamis dan kompleks, protokol ini menghadapi kendala berupa latensi tinggi, *jitter*, dan *packet loss*, terutama selama proses pergantian satelit [11]. Sejumlah pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi masalah ini, seperti adaptasi *bitrate* dinamis menggunakan *Dynamic Adaptive Streaming over HTTP* (DASH), penyimpanan sementara (*caching*) berbasis konten untuk mengurangi latensi, dan pengaturan pengiriman data secara adaptif [12], [13]. Meskipun demikian, studi yang secara khusus mengevaluasi performa RTMPS dan HLS dengan skenario nyata dalam jaringan LEO masih sedikit, sehingga diperlukan penelitian lanjutan.

Framework Speech and Multimedia Transmission Quality (STQ) menggunakan kerangka kerja komprehensif untuk mengevaluasi QoS dan QoE berdasarkan parameter seperti *video access time*, *rebuffering ratio*, *video freezing time proportion*, serta kualitas video berdasarkan persepsi pengguna [14].

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan panduan ETSI TR 101 578 dan ETSI TR 103 559, *framework* STQ juga memperhitungkan parameter lain seperti durasi *buffering*, kualitas visual, serta rasio keberhasilan (*success ratio*) sesi untuk menilai performa jaringan secara menyeluruh [15]. Selain itu, adaptasi resolusi *spatiotemporal* menunjukkan potensi untuk memvisualisasikan hasil QoE, meskipun implementasinya sebagian dilakukan pada layanan *non-streaming* [13], [16].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter-parameter kritis yang mempengaruhi QoS dan QoE pada RTMPS dan HLS di jaringan LEO dengan menggunakan *framework* STQ. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menganalisis QoS dan QoE dari video *streaming real-time* menggunakan protokol RTMPS dan HLS di jaringan satelit LEO dengan mengadopsi *framework* terstandar STQ. Sehingga menghasilkan evaluasi performa yang *robust*, baik secara objektif dan parametrik. Analisis ini juga memberikan pemahaman mendalam mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing protokol dalam mendukung skenario *live streaming*, serta menyajikan rekomendasi strategis untuk optimalisasi parameter jaringan dan pemilihan protokol yang sesuai dengan kondisi operasional.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Apa saja parameter yang memengaruhi jaringan satelit LEO terhadap performa RTMPS dan HLS dalam menjaga kestabilan dan kualitas video *streaming*?
2. Bagaimana performa RTMPS dan HLS dalam mendukung video *streaming* pada jaringan satelit LEO berdasarkan parameter yang tercantum dalam metode STQ?
3. Bagaimana hubungan antara QoS dan QoE dalam layanan video *streaming* berbasis RTMPS dan HLS di jaringan satelit LEO melalui pendekatan STQ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi parameter yang mempengaruhi jaringan satelit LEO

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terhadap performa RTMPS dan HLS dalam menjaga kestabilan dan kualitas video *streaming*.

2. Menganalisis performa RTMPS dan HLS dalam mendukung video *streaming* pada jaringan satelit LEO berdasarkan parameter yang tercantum di *framework* STQ.
3. Menilai hubungan antara QoS dan QoE pada layanan video *streaming* berbasis RTMPS dan HLS di jaringan satelit LEO melalui pendekatan STQ.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penyedia jaringan internet berbasis LEO yang digunakan adalah Starlink.
2. *Software* yang digunakan untuk *streaming* adalah *Open Broadcaster Software* (OBS) Studio.
3. Pengujian dilakukan pada *platform* YouTube.
4. Pengujian dilakukan dengan resolusi video 360p, 720p, dan 1080p untuk menjaga konsistensi dalam perbandingan performa di platform yang telah disebutkan sebelumnya.
5. Pengujian dilakukan pada koneksi jaringan satelit LEO dengan kecepatan rata-rata unduh 40 Mbps dan kecepatan unggah 20 Mbps.
6. Jenis konten video yang diuji dibatasi pada kategori video *live streaming* dengan durasi 4 sampai 6 menit untuk memastikan terukurnya performa yang akurat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan pemahaman secara mendalam tentang performa RTMPS dan HLS pada jaringan satelit LEO, khususnya terkait parameter teknis seperti *latensi*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*.
2. Membantu penyedia layanan *streaming* dan penyedia infrastruktur jaringan internet dalam mengambil keputusan terkait konfigurasi teknis yang ideal untuk menjaga kestabilan dan kualitas video *streaming*.
3. Mengidentifikasi batasan dan tantangan dalam penggunaan RTMPS

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan HLS di jaringan satelit LEO, sehingga dapat menjadi dasar penelitian lanjutan atau pengembangan solusi teknis di masa mendatang.

1.6 Sistematika Penyajian

Penyusunan tesis ini diuraikan ke dalam lima bab yang terstruktur secara sistematis untuk memaparkan keseluruhan proses dan hasil penelitian.

Bab I: Pendahuluan, menguraikan konteks penelitian yang mencakup latar belakang mengenai kemajuan teknologi satelit LEO, tantangannya dalam mendukung *video streaming*, serta peran protokol RTMPS dan HLS. Bab ini juga merumuskan masalah, tujuan, batasan, dan manfaat penelitian, serta diakhiri dengan sistematika penyajian tesis.

Bab II: Tinjauan Pustaka, memaparkan landasan teori yang relevan, mencakup kajian mendalam mengenai protokol *streaming* (RTMPS dan HLS), teknologi jaringan satelit LEO, jaringan internet terrestrial, serta kerangka kerja evaluasi *Speech and Multimedia Transmission Quality* (STQ). Bab ini juga mengkaji penelitian-penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) dan menetapkan kebaruan (*state of the art*) dari penelitian ini.

Bab III: Metodologi Penelitian, menjelaskan secara rinci rancangan dan tahapan penelitian yang dilaksanakan. Pembahasan meliputi alur penelitian, spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, waktu dan lokasi pengujian, serta desain arsitektur pengujian. Bab ini juga menguraikan metode pengukuran parameter QoS dan QoE berdasarkan standar *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) dan *International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector* (ITU-T), termasuk proses pengolahan dan integrasi data hasil pengukuran.

Bab IV: Hasil Penelitian dan Pembahasan, menyajikan dan menganalisis seluruh data yang diperoleh dari hasil pengujian. Bab ini diawali dengan pemaparan karakteristik kinerja dasar jaringan LEO yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan analisis mendalam terhadap parameter-parameter QoS dan dampaknya terhadap layanan video. Analisis kemudian diperdalam dengan pemodelan *Mean Opinion*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Score (MOS) sebagai representasi kuantitatif QoE, serta diakhiri dengan pembahasan yang mensintesis seluruh temuan.

Bab V: Simpulan dan Saran, merupakan bab penutup yang merangkum simpulan dari keseluruhan hasil penelitian dan analisis. Bab ini juga memberikan saran yang dapat dipertimbangkan untuk implementasi praktis serta sebagai acuan untuk pengembangan penelitian lanjutan di masa mendatang.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan simpulan dari seluruh rangkaian analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, yang mengkaji performa layanan video *live streaming* menggunakan protokol HLS dan RTMPS pada jaringan satelit LEO. Simpulan disusun berdasarkan temuan utama dari pengukuran dan pemodelan QoS serta QoE yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya. Selain itu, bab ini juga memuat saran untuk implementasi praktis dan arah penelitian lanjutan guna meningkatkan kualitas layanan streaming pada jaringan satelit LEO.

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah mengevaluasi performa layanan *live streaming* video pada jaringan satelit LEO dengan mengkaji dua protokol transmisi, yaitu HLS dan RTMPS. Resolusi video yang digunakan adalah 1080p, 720p, dan 360p dengan 30 fps. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jaringan Starlink mampu menyediakan konektivitas dengan *throughput downlink* rata-rata 104 Mbps, *uplink* 20 Mbps, dan latensi rata-rata 27 ms. Keberadaan PoP domestik di Jakarta dengan nomor ASN 45700 berkontribusi signifikan terhadap rendahnya latensi end-to-end sehingga dapat mendekati kualitas jaringan terestrial. Dengan demikian, Starlink menunjukkan potensi yang kuat dalam mendukung aplikasi *real-time* seperti *video streaming*, khususnya di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur *fixed broadband*.

Evaluasi QoS dalam penelitian ini mengikuti parameter yang didefinisikan dalam standar ETSI TR 103 488, TR 101 578, dan TR 103 559, yang meliputi metrik dasar seperti *instantaneous throughput*, jitter, RTT, dan frekuensi *retransmission*. Selain ada juga parameter khusus yang menilai QoS layanan *streaming* yakni *video access time* (VAT), *video playback duration* (VPD), *rebuffering duration* (VSS) dan *rebuffering counts* (VSE), *rebuffering ratio*, *average bitrate*, dan *access failure flag* (AF). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kanal *uplink* Starlink mengalami fluktuasi *throughput*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan *jitter* yang cukup tinggi, terutama saat terjadi *satellite handover*, sehingga menimbulkan tantangan tersendiri dalam menjaga kualitas transmisi video secara berkelanjutan.

Dari sisi QoE, pengukuran dilakukan menggunakan model prediktif ITU-T P.1204.3 yang berbasis fitur *bitstream* (*bitrate*, *framerate*, resolusi), dikombinasikan dengan metrik QoS yang terukur untuk setiap segmen video. Selanjutnya, skor MOS per segmen diagregasi secara temporal guna mendapatkan gambaran performa secara spatiotemporal. Hasil agregasi ini memberikan pemahaman mendalam mengenai dinamika kualitas pengalaman pengguna seiring waktu.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi protokol HLS pada resolusi 720p memberikan performa paling optimal. Skor MOS tertinggi sebesar 3,34 (*fair*) dicapai dengan *bitrate* moderat 1144,67 kbps, tanpa terdeteksi *stall event* maupun *freeze time* yang signifikan. Meskipun parameter QoS seperti *jitter* dan *throughput* menunjukkan variabilitas tinggi pada protokol ini, mekanisme *buffering* dan adaptasi *bitrate* yang dimiliki HLS terbukti efektif dalam meredam dampak fluktuasi kanal satelit. Artinya, kestabilan QoE pada HLS lebih ditentukan oleh strategi penyesuaian protokol daripada kualitas kanal itu sendiri.

Sebaliknya, RTMPS yang dirancang untuk latensi rendah menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap dinamika kanal LEO. Pada resolusi 720p, RTMPS membutuhkan *bitrate* sebesar 1511,42 kbps untuk mencapai skor MOS yang hampir setara yakni 3,17. Performa RTMPS tetap mengalami lebih banyak *stall events* dan *retransmission*. Hal ini dipicu karena tidak ada mekanisme *rebuffering* pada RTMPS yang menyebabkan degradasi QoE secara signifikan.

Temuan juga menunjukkan bahwa penggunaan resolusi 1080p pada kedua protokol tidak menjamin peningkatan kualitas pengalaman. Justru, beban *bitrate* yang tinggi pada jalur *uplink* memperbesar risiko *retransmission* dan delay, yang berdampak pada penurunan skor MOS. Sementara itu, resolusi 360p gagal memberikan kualitas visual yang memadai meskipun menggunakan *bitrate* kecil, dan tetap mengalami gangguan transmisi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa parameter QoS seperti throughput dan jitter penting sebagai indikator performa kanal, namun tidak cukup untuk memprediksi QoE tanpa mempertimbangkan desain protokol dan strategi adaptasinya. Oleh karena itu, pemilihan protokol dan resolusi video perlu disesuaikan secara cermat dengan karakteristik kanal uplink, guna memastikan kontinuitas layanan dan kepuasan pengguna pada kondisi jaringan satelit LEO yang dinamis dan fluktuatif.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk implementasi praktis maupun arah penelitian lanjutan. Untuk penerapan layanan *live streaming* pada jaringan satelit LEO, protokol HLS dengan resolusi 720p dan 30 fps disarankan sebagai pilihan utama. Kombinasi ini telah terbukti memberikan QoE yang paling stabil, dengan efisiensi *bandwidth* yang baik serta ketahanan terhadap dinamika kanal satelit yang fluktuatif.

Selain itu, pengujian lebih lanjut sebaiknya memperhatikan variasi jenis konten video, seperti adegan yang sangat dinamis (misalnya lalu lintas kota, keramaian publik) maupun konten yang lebih statis (seperti berita atau siaran studio). Variasi konten ini memengaruhi performa *buffering*, adaptasi *bitrate*, dan tingkat sensitivitas perseptual pengguna terhadap degradasi kualitas. Pengujian juga disarankan dilakukan di berbagai lingkungan geografis seperti daerah pusat kota, pegunungan, pesisir pantai, dan hutan tropis untuk merepresentasikan kondisi kanal yang berbeda-beda akibat pengaruh topografi. Dengan pendekatan ini, performa protokol dapat dievaluasi secara lebih komprehensif dalam berbagai kondisi propagasi sinyal khas jaringan satelit LEO.

Dalam pengukuran QoE, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pengukuran metrik objektif lainnya seperti VMAF. Model ini dirancang untuk merepresentasikan persepsi kualitas visual pengguna akhir, khususnya pada konten video beresolusi tinggi dan *live streaming*. Pengambilan data juga tidak hanya terbatas pada platform YouTube, tetapi perlu diperluas ke platform *live streaming* lainnya



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

seperti Twitch, Facebook Live, atau layanan lainnya, untuk memperoleh gambaran performa protokol dalam konteks lintas platform.

Penerapan sistem *real-time* monitoring terhadap parameter-parameter QoS utama, seperti throughput, jitter, dan frekuensi transmisi ulang, juga perlu dipertimbangkan. Dengan sistem monitoring ini, gangguan layanan akibat fenomena seperti *satellite handover* dapat dideteksi lebih awal, sehingga memungkinkan aktivasi mekanisme adaptasi *bitrate* atau resolusi secara otomatis guna mempertahankan kualitas layanan.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ma *et al.*, “LEO Satellite Network Access in the Wild: Potentials, Experiences, and Challenges,” *IEEE Netw*, 2024, doi: 10.1109/MNET.2024.3391271.
- [2] A. Hegarty, E. Omerdic, P. Trslić, D. Tormey, G. Dooly, and D. Toal, “A Practical Comparison of GEO and LEO Satellite Communication Systems for Remote Presence Control of an ROV,” in *OCEANS 2023 - Limerick, OCEANS Limerick 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023. doi: 10.1109/OCEANSLimerick52467.2023.10244445.
- [3] H. Zhao, H. Fang, F. Wang, and J. Liu, “Realtime Multimedia Services over Starlink: A Reality Check,” in *NOSSDAV 2023 - Proceedings of the 2023 33rd Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, Association for Computing Machinery, Inc, Jun. 2023, pp. 43–49. doi: 10.1145/3592473.3592562.
- [4] J. Zhao and J. Pan, “Low-Latency Live Video Streaming over a Low-Earth-Orbit Satellite Network with DASH,” in *MMSys 2024 - Proceedings of the 2024 ACM Multimedia Systems Conference*, Association for Computing Machinery, Inc, Apr. 2024, pp. 109–120. doi: 10.1145/3625468.3647616.
- [5] M. Uitto and A. Heikkinen, “Evaluation of live video streaming performance for low latency use cases in 5G,” in *2021 Joint European Conference on Networks and Communications and 6G Summit, EuCNC/6G Summit 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jun. 2021, pp. 431–436. doi: 10.1109/EuCNC/6GSummit51104.2021.9482605.
- [6] S. Idland *et al.*, “Can video streaming improve first aid for injured patients? A prospective observational study from Norway,” *BMC Emerg Med*, vol. 24, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s12873-024-01010-0.
- [7] Y. Komatsu, D. Cavendish, D. Nobayashi, and T. Ikenaga, “Multipath TCP Video Streaming Hand-Offs on LEO Satellite/5G Cellular Networks,” in *2024 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing, PACRIM 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024. doi: 10.1109/PACRIM61180.2024.10690202.
- [8] A. Aloman, A. I. Ispas, P. Ciotirnae, R. Sanchez-Iborra, and M. D. Cano, “Performance Evaluation of Video Streaming Using MPEG DASH, RTSP, and



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- RTMP in Mobile Networks,” in *Proceedings - 2015 8th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference, WMNC 2015*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Feb. 2016, pp. 144–151. doi: 10.1109/WMNC.2015.12.
- [9] J. Yang, “Adaptive Sending Rate Regulation for RTC Video Telephony over Low-earth-orbit Satellite Networks,” in *2023 9th International Conference on Computer and Communications, ICC3 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 332–336. doi: 10.1109/ICC359590.2023.10507609.
- [10] R. Kuna, J. Suljug, and S. Rimac-Drlje, “Towards Content-Optimized Selection of Video Spatiotemporal Resolution for HTTP Adaptive Video Streaming,” in *Proceedings Elmar - International Symposium Electronics in Marine*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024, pp. 93–96. doi: 10.1109/ELMAR62909.2024.10694492.
- [11] J. Zhang, Y. Yang, H. Sang, Z. Gao, and T. Song, “Content-Aware Proportional Caching for Efficient Data Delivery over Satellite Network,” in *Proceedings - IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 4890–4895. doi: 10.1109/GLOBECOM54140.2023.10437961.
- [12] Y. Li, S. Wang, X. Zhang, C. Zhou, and S. Ma, “HIGH EFFICIENCY LIVE VIDEO STREAMING WITH FRAME DROPPING.”
- [13] P. H. Lin and W. Liao, “Space-Centric Adaptive Video Streaming with Quality of Experience Optimization in Low Earth Orbit Satellite Networks,” in *IEEE International Conference on Communications*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 3419–3424. doi: 10.1109/ICC45041.2023.10279238.
- [14] STQ, “TR 103 559 - V1.2.1 - Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Best practices for robust network QoS benchmark testing and scoring,” 2023.
- [15] STQ, “TR 101 578 - V1.3.1 - Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects of TCP-based video services like YouTube™,” 2018. [Online]. Available: <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [16] L. Nuñez and R. M. Toasa, "Performance evaluation of RTMP, RTSP and HLS protocols for IPTV in mobile networks."
- [17] F. Tashtarian, A. Bentaleb, A. Erfanian, H. Hellwagner, C. Timmerer, and R. Zimmermann, "HxL3: Optimized Delivery Architecture for HTTP Low-Latency Live Streaming," *IEEE Trans Multimedia*, vol. 25, pp. 2585–2600, 2023, doi: 10.1109/TMM.2022.3148587.
- [18] J. G. Min and Y. Lee, "High-Quality HTTP Live Streaming System for Limited Communication Bandwidth," in *Proceedings - International SoC Design Conference, ISOCC 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Oct. 2020, pp. 113–114. doi: 10.1109/ISOCC50952.2020.9333086.
- [19] D. Diaz, D. Stolarz, and J. Aguerre, "Toward Real-Time Video Streaming Over WebRTC Data Channels to Support Supplementary Video Codecs and Formats in the Browser," in *2024 IEEE International Conference and Expo on Real Time Communications at IIT, RTC 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024, pp. 39–45. doi: 10.1109/RTC62204.2024.10739162.
- [20] Y. Shaengchart and T. Kraiwanit, "Starlink satellite project impact on the Internet provider service in emerging economies," *Research in Globalization*, vol. 6, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.resglo.2023.100132.
- [21] W. E. Shabrina, D. Wisaksono Sudiharto, E. Ariyanto, and M. Al Makky, "The QoS Improvement Using CDN for Live Video Streaming with HLS," in *Proceeding - ICoSTA 2020: 2020 International Conference on Smart Technology and Applications: Empowering Industrial IoT by Implementing Green Technology for Sustainable Development*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Feb. 2020. doi: 10.1109/ICoSTA48221.2020.1570613984.
- [22] L. Izhikevich, R. Enghardt, T.-Y. Huang, and R. Teixeira, "A Global Perspective on the Past, Present, and Future of Video Streaming over Starlink," Sep. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2409.09846>
- [23] D. Laniewski, E. Lanfer, S. Beginn, J. Dunker, M. Duckers, and N. Aschenbruck, "Starlink on the Road: A First Look at Mobile Starlink Performance in Central Europe," in *8th Network Traffic Measurement and Analysis Conference (TMA)*, Dresden: IEEE, 2024, pp. 1–8. doi: 10.23919/TMA62044.2024.10559110.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [24] T. Elgamel, B. Chen, and K. Nahrstedt, "Teleconsultant: Communication and analysis of wearable videos in emergency medical environment," in *MM 2017 - Proceedings of the 2017 ACM Multimedia Conference*, Association for Computing Machinery, Inc, Oct. 2017, pp. 1241–1242. doi: 10.1145/3123266.3127920.
- [25] I. del Portillo, B. G. Cameron, and E. F. Crawley, "A technical comparison of three low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband," *Acta Astronaut*, vol. 159, pp. 123–135, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.actaastro.2019.03.040.
- [26] D. Chmieliauskas and S. Paulikas, "Real-Time Uplink Video Streaming over 4G and 5G: QoE and Network Metrics Dataset," in *Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering - Proceedings of the 11th IEEE Workshop, AIEEE 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024. doi: 10.1109/AIEEE62837.2024.10586711.
- [27] J. Y. Jung, J. W. Lee, and E. H. Hyun, "Performance analysis according to segment length and buffer length in adaptive video streaming," in *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN*, IEEE Computer Society, 2023, pp. 383–385. doi: 10.1109/ICUFN57995.2023.10199224.
- [28] M. Zhang, J. Li, H. Zhao, L. Shen, and J. Liu, "StarStream: Live Video Analytics over Space Networking," in *MM 2024 - Proceedings of the 32nd ACM International Conference on Multimedia*, Association for Computing Machinery, Inc, Oct. 2024, pp. 7909–7917. doi: 10.1145/3664647.3680785.
- [29] VideoSDK, "RTP vs RTMP vs RTMPS: Understanding the Differences in Streaming Protocols - VideoSDK." Accessed: May 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.videosdk.live/developer-hub/rtmp/rtp-vs-rtmp-vs-rtmps>
- [30] D. Laniewski, E. Lanfer, B. Meijerink, R. van Rijswijk-Deij, and N. Aschenbruck, "WetLinks: a Large-Scale Longitudinal Starlink Dataset with Contiguous Weather Data," 2024.
- [31] S. Hs and M. Supreeth, "Starlink Satellite Internet Service." [Online]. Available: www.ijrpr.com
- [32] Author, "How to do HLS streaming in OBS (Open Broadcast Studio)." Accessed: May 25, 2025. [Online]. Available:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

<https://obsproject.com/forum/resources/how-to-do-hls-streaming-in-obs-open-broadcast-studio.945/>

- [33] Authors, “Adaptive bitrate streaming,” Wikipedia.
- [34] A. Kaur and S. Singh, “A Survey of Streaming Protocols for Video Transmission,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Aug. 2021, pp. 186–191. doi: 10.1145/3484824.3484892.
- [35] D. Laniewski, E. Lanfer, S. Beginn, J. Dunker, M. Dückers, and N. Aschenbruck, “Starlink on the Road: A First Look at Mobile Starlink Performance in Central Europe,” Mar. 2024, doi: 10.23919/TMA62044.2024.10559110.
- [36] M. A. Dewanto, “PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS) PADA MATERI SPECIAL SERVICE TOOLS SISWA KELAS X TKRO,” vol. 7, no. 2, pp. 75–80, [Online]. Available: <http://journal2.um.ac.id/index.php/jto>
- [37] H. Fang *et al.*, “Streaming Media over LEO Satellite Networking: A Measurement-Based Analysis and Optimization,” *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, Sep. 2024, doi: 10.1145/3694976.
- [38] D. Laniewski, E. Lanfer, S. Beginn, J. Dunker, M. Duckers, and N. Aschenbruck, “WetLinks: A Large-Scale Longitudinal Starlink Dataset with Contiguous Weather Data,” in *8th Network Traffic Measurement and Analysis Conference (TMA)*, IEEE, Jun. 2024. doi: 10.23919/TMA62044.2024.10558998.
- [39] J. Zhang, Y. Yang, H. Sang, Z. Gao, and T. Song, “Content-Aware Proportional Caching for Efficient Data Delivery over Satellite Network,” in *Proceedings - IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 4890–4895. doi: 10.1109/GLOBECOM54140.2023.10437961.
- [40] A. U. Chaudhry and H. Yanikomeroglu, “Temporary Laser Inter-Satellite Links in Free-Space Optical Satellite Networks,” *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 3, pp. 1413–1427, 2022, doi: 10.1109/OJCOMS.2022.3198391.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [41] A. U. Chaudhry and H. Yanikomeroglu, "Laser Intersatellite Links in a Starlink Constellation: A Classification and Analysis," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 16, no. 2, pp. 48–56, Jun. 2021, doi: 10.1109/MVT.2021.3063706.
- [42] H. F. Bermudez, J. M. Martinez-Caro, R. Sanchez-Iborra, J. L. Arciniegas, and M. D. Cano, "Live video-streaming evaluation using the ITU-T P.1203 QoE model in LTE networks," *Computer Networks*, vol. 165, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.comnet.2019.106967.
- [43] R. A. Widodo and D. A. Wulandari, "Tantangan dan Peluang Implementasi Fiber-to-the-room (FTTR) bagi Pendidikan Tinggi di Indonesia," 2024.
- [44] ETSI, "GR F5G 001 - V1.1.1 - Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Generation Definition Release #1," 2020. [Online]. Available: <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- [45] A. Yadav¹, M. Agarwal², S. Agarwal³, and S. Verma, "Internet From Space Anywhere and Anytime-Starlink." [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4160260>
- [46] W. Zhang, Z. Xu, and S. A. Jyothi, "An In-Depth Investigation of LEO Satellite Topology Design Parameters," in *Proceedings of the 2nd International Workshop on LEO Networking and Communication*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2024, pp. 1–6. doi: 10.1145/3697253.3697263.
- [47] Z. Li, W. M. Zhang, W. Chen, Y. Hu, and W. Lu, "LEO Satellite Network Resilience Analysis: A Focus on Critical Satellites," in *LEONET 2024 - Proceedings of the 2nd ACM Workshop on LEO Networking and Communication, Part of: ACM MobiCom 2024*, Association for Computing Machinery, Inc, Nov. 2024, pp. 13–18. doi: 10.1145/3697253.3697267.
- [48] STQ, "TR 103 488 - V1.1.1 - Speech and Multimedia Transmission Quality (STQ); Guidelines on OTT Video Streaming; Service Quality Evaluation Procedures," 2019.
- [49] STQ, "TR 103 702 - V1.2.1 - Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS parameters and test scenarios for assessing network capabilities in 5G performance measurements," 2024.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [50] STQ, “Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Reference benchmarking, background traffic profiles and KPIs; Part 1: Reference benchmarking, background traffic profiles and KPIs for VoIP and FoIP in fixed networks,” 2025. [Online]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/etsi/>
- [51] STQ, “TR 102 714 - V1.1.1 - Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Multimedia quality measurement; End-to-end quality measurement framework,” 2011. [Online]. Available: http://portal.etsi.org/chaircor/ETSI_support.asp
- [52] ITU-T, “ITU-T Y.1540 (2019) Amd. 2 (03/2023) Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters Amendment 2 – Revised Annex B: Additional search algorithms for IP-based capacity parameters and methods of measurement.” [Online]. Available: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>
- [53] STQ, “TR 101 578 - V1.3.1 - Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects of TCP-based video services like YouTube™,” 2018. [Online]. Available: <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- [54] R. R. R. Rao and Steve G-ring, “Bitstream-based Model Standard for 4K/UHD: ITU-T P.1204.3 – Model Details, Evaluation, Analysis and Open Source Implementation,” IEEE, 2020.
- [55] P 1204, “ITU-T Video quality assessment of streaming services over reliable transport for resolutions up to 4K with access to full bitstream information.” [Online]. Available: <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>
- [56] Q. Chen, L. Yang, Y. Zhao, Y. Wang, H. Zhou, and X. Chen, “3-ISL Topology: Routing Properties and Performance in LEO Mega-Constellation Networks,” *IEEE Trans Aerosp Electron Syst*, 2024, doi: 10.1109/TAES.2024.3512535.
- [57] R. Halimatussa, diyah Teknik Elektro, T. Telekomunikasi, and P. Negeri Sriwijaya Jalan Srijaya Negara, “Analisis QoS Video dan Audio Streaming Dengan RTMP (Real Time Messaging Protokol),” *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 77–90, 2020.
- [58] S. Hs and M. Supreeth, “Starlink Satellite Internet Service.” [Online]. Available: www.ijrpr.com



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [59] R. A. Widodo, M. K. Delimayanti, and A. Wulandari, "DDoS Attacks Detection With Deep Learning Approach Using Convolutional Neural Network," *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, vol. 8, no. 2, p. 235, Aug. 2024, doi: <https://doi.org/10.30871/jaic.v8i2.8242>.
- [60] S. Pekhterev, "The Bandwidth Of The StarLink Constellation and the assessment of its potential subscriber base in the USA." Accessed: May 01, 2025. [Online]. Available: <http://www.satmagazine.com/story.php?number=1026762698>
- [61] J. Garcia, S. Sundberg, and A. Brunstrom, "Fine-Grained Starlink Throughput Variation Examined With State-Transition Modeling," IEEE, 2024. doi: 10.23919/WONS60642.2024.10449629.
- [62] Q. Chen, G. Giambene, L. Yang, C. Fan, and X. Chen, "Analysis of Inter-Satellite Link Paths for LEO Mega-Constellation Networks," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 70, no. 3, pp. 2743–2755, Mar. 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3058126.
- [63] Ookla, "Indonesia Speedtest Connectivity Report H2 2024."
- [64] D. Laniewski, E. Lanfer, and N. Aschenbruck, "Measuring Mobile Starlink Performance: A Comprehensive Look," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2025, doi: 10.1109/OJCOMS.2025.3539836.
- [65] M. Choi *et al.*, "Caching, transcoding, delivery and learning for advanced video streaming services," Aug. 01, 2024, *Korean Institute of Communications and Information Sciences*. doi: 10.1016/j.ict.2024.05.012.
- [66] A. Taneja, D. Bhattacharjee, S. Guha, and V. N. Padmanabhan, "On viewing SpaceX Starlink through the Social Media Lens," Jul. 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2307.13441>
- [67] YouTube, "Choose live encoder settings, bitrates, and resolutions." Accessed: May 02, 2025. [Online]. Available: <https://support.google.com/youtube/answer/2853702?authuser=1>
- [68] W. Liu *et al.*, "Efficient Satellite-Ground Interconnection Design for Low-orbit Mega-Constellation Topology," *IEEE Trans Mob Comput*, 2024, doi: 10.1109/TMC.2024.3490575.

Hak Cipta :

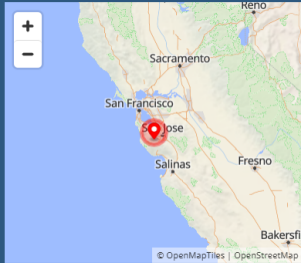
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lanjutan Gambar 4.6 Validasi IP YouTube Ingest Server

IP Details For: 74.125.138.134

Decimal:	1249741446
Hostname:	yi-in-f134.1e100.net
ASN:	15169
ISP:	Google LLC
Services:	Datacenter
Country:	United States
State/Region:	California
City:	Mountain View
Latitude:	37.3861 (37° 23' 9.78" N)
Longitude:	-122.0838 (122° 5' 1.85" W)

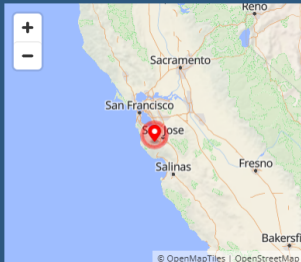


[CLICK TO CHECK BLACKLIST STATUS](#)

(Lanjutan)

IP Details For: 108.177.122.116

Decimal:	1823570548
Hostname:	ym-in-f116.1e100.net
ASN:	15169
ISP:	Google LLC
Services:	Datacenter
Country:	United States
State/Region:	California
City:	Mountain View
Latitude:	37.3861 (37° 23' 9.78" N)
Longitude:	-122.0838 (122° 5' 1.85" W)



[CLICK TO CHECK BLACKLIST STATUS](#)

(Lanjutan)



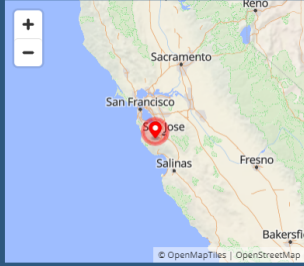
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

IP Details For: 74.125.24.117

Decimal:	1249712245
Hostname:	sf-in-f117.1e100.net
ASN:	15169
ISP:	Google LLC
Services:	Datacenter
Country:	United States
State/Region:	California
City:	Mountain View
Latitude:	37.3861 (37° 23' 9.78" N)
Longitude:	-122.0838 (122° 5' 1.85" W)

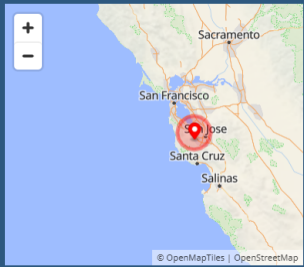


[CLICK TO CHECK BLACKLIST STATUS](#)

(Lanjutan)

IP Details For: 64.233.170.134

Decimal:	1089055366
Hostname:	sg-in-f134.1e100.net
ASN:	15169
ISP:	Google LLC
Services:	Datacenter
Country:	United States
State/Region:	California
City:	Mountain View
Latitude:	37.3861 (37° 23' 9.78" N)
Longitude:	-122.0838 (122° 5' 1.85" W)

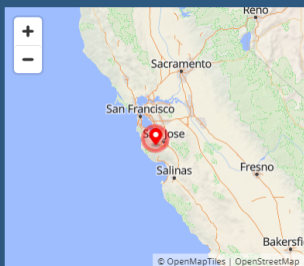


[CLICK TO CHECK BLACKLIST STATUS](#)

(Lanjutan)

IP Details For: 172.253.124.134

Decimal:	2902293638
Hostname:	ys-in-f134.1e100.net
ASN:	15169
ISP:	Google LLC
Services:	Datacenter
Country:	United States
State/Region:	California
City:	Mountain View
Latitude:	37.3861 (37° 23' 9.78" N)
Longitude:	-122.0838 (122° 5' 1.85" W)



[CLICK TO CHECK BLACKLIST STATUS](#)

(Lanjutan)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Lanjutan Tabel 4.5 Granular *Instantaneous Throughput*

(Lanjutan)

Sec	<i>Throughput</i>					
	1080p HLS	720p HLS	360p HLS	1080p RTMPS	720p RTMPS	360p RTMPS
14	5.42468	0.778312	1.509464	4.07584	0.429512	0.496112
15	3.795008	0.952616	0.530168	4.164728	1.063248	0.997368
16	8.771448	1.592808	1.74876	4.695608	0.963736	0.801824
17	7.036152	0.573672	0.530168	4.339336	1.0912	0.778216
18	8.229912	0.909672	1.51676	4.011192	1.547816	1.373416
19	7.161472	0.565992	0	4.35784	1.86936	1.072192
20	8.502072	1.30748	2.10916	4.8674	1.16936	1.582112
21	6.99152	1.094	0.530176	3.584616	0.788872	1.562184
22	10.23004	0.305008	1.55992	4.362288	1.356536	1.581568
23	9.190272	1.524192	0.530176	4.70336	1.724528	0.402904
24	7.480864	0.564088	1.558536	4.994264	1.392352	0.510256
25	10.379256	1.322032	0.530176	4.168544	1.051872	0.530656
26	8.012352	1.08408	1.567504	5.229584	1.0054	0.533248
27	8.848296	0.612432	0	4.072552	1.291048	0.661736
28	5.440408	1.519168	2.11672	5.407616	1.280032	0.940768
29	4.512184	0.563632	0.530176	3.932616	1.151864	1.54912
30	4.521968	2.165856	1.645568	4.508168	2.064056	2.050216
31	6.430272	1.634544	0.530176	4.702032	2.214912	3.682648
32	8.417088	1.451968	1.48132	4.821856	3.605936	2.160888
33	4.190376	1.092616	0.530176	3.85196	1.643176	1.378824
34	6.042616	0.786488	1.58304	3.757984	2.1582	1.130096
35	5.527192	1.093096	0	4.1684	1.34512	0.82124
36	3.37056	0.475568	2.25372	4.473592	0.899536	0.91868
37	4.213328	1.514104	0.530176	3.24364	0.811264	1.136576
38	3.997744	0.561256	1.42716	3.77212	1.019032	0.984216
39	0.641096	1.472416	0.530176	4.121848	1.210672	1.0034
40	4.205928	1.093096	1.536432	3.971384	1.833072	1.342208
41	4.543088	0.454992	0.530176	4.021392	2.202312	1.654496
42	6.25608	1.623104	1.654272	4.845312	2.252176	2.12372
43	8.416832	0.712048	0	5.64288	0.7916	3.0674
44	6.117392	1.618656	2.092656	6.020776	1.04652	1.544648
45	7.117312	1.660096	0.530176	3.541704	1.325912	1.660248
46	5.423504	2.162784	1.523192	4.292504	1.340544	1.96592



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(lanjutan)

47	4.063344	0.610024	0.530176	3.13816	1.458368	1.568304
48	4.181808	1.55776	1.611328	3.8994	1.78888	1.847784
49	4.496384	0.562688	0.530176	4.456224	2.57752	1.691472
50	3.79712	0.85776	1.594416	6.2548	1.313696	1.874152
51	3.086704	1.780712	0	3.955696	1.073024	1.538824
52	3.273632	0.555976	1.268128	4.908528	0.910776	1.783216
53	2.708472	1.413072	1.529552	4.085576	0.679864	1.671408
54	5.975312	1.092616	1.783392	4.439376	0.9308	1.909856
55	5.871896	0.729232	0.390864	3.6258	0.696424	1.658624
56	5.881816	1.62124	1.781136	4.751848	0.49836	1.742344
57	8.151224	0.557416	0.390864	3.694808	0.662904	1.652936
58	6.68944	2.15856	1.668728	5.02884	0.75276	1.847264
59	8.766504	1.625536	0	3.77388	0.937112	1.86944
60	7.017824	1.253024	2.142912	4.496352	1.728816	1.681832
61	7.960056	1.082624	0.39844	3.797848	0.969184	1.78936
62	6.616456	1.041392	1.656768	4.646976	0.379232	1.605776
63	7.555392	1.622144	0.39844	3.752488	0.44672	1.541904
64	6.7156	0.844496	1.735336	4.099992	0.468296	1.957392
65	8.631072	1.202384	0.39844	4.506408	0.379768	1.225248
66	7.822592	0.771176	1.737896	4.047384	0.667552	0.903176
67	10.238832	1.319136	0	2.152832	0.852456	1.116048
68	8.949008	1.23324	2.0238	2.527432	1.90576	1.172224
69	8.018224	0.592664	0.39844	3.419056	1.41988	1.51828
70	10.913016	0.83812	1.723	3.936032	2.173008	1.278928
71	3.91652	1.11064	0.39844	4.704032	2.037816	1.028368
72	10.777728	1.622144	1.648384	6.131528	2.384824	0.917112
73	4.1766	0.21056	0.39844	6.5076	1.920408	0.80528
74	10.77312	1.618416	1.766696	6.519632	1.053112	0.67576
75	5.169024	0.710608	0.000432	3.424912	1.358032	0.82816
76	10.7736	1.234392	2.139568	5.239536	1.164632	0.9052
77	4.308256	0.558848	0.39844	3.999912	1.532176	0.521152
78	10.76832	1.61712	1.750152	5.004872	1.225216	0.659616
79	4.102192	2.15928	0.39844	3.770808	1.635784	0.582152
80	10.768752	1.597064	1.678904	3.187368	0.893464	0.719584
81	4.181976	1.093096	0.39844	3.336608	1.313464	0.787512
82	10.234464	0.798208	1.75124	3.864152	1.408064	1.045264
83	4.512208	1.623104	0	4.626648	1.168184	1.693808



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(lanjutan)

84	9.837384	0.075352	2.113696	5.16084	1.48148	2.223312
85	5.592992	1.495072	0.39844	5.389008	1.270744	3.358384
86	10.242192	1.092616	1.756312	5.586672	1.959808	1.80616
87	4.277968	0.79896	0.410168	3.610968	2.009264	1.20828
88	9.712848	1.450272	1.703704	4.197408	2.366224	1.326416
89	5.199416	1.101352	0.410168	4.098032	1.37296	1.66896
90	10.2456	0.501216	1.750488	4.207736	2.06428	1.384008
91	4.635872	1.63328	0	3.759904	0.934744	1.728888
92	9.976704	1.62288	2.521464	3.955664	0.870904	1.778136
93	5.9756	2.158224	0.410168	4.443672	1.062312	1.130096
94	10.23792	0.805408	1.382056	4.8448	1.083216	1.295648
95	6.168384	1.652376	0.410168	4.168232	1.153744	1.442072
96	7.454024	0.553096	1.688904	4.276	2.114992	1.603592
97	6.93476	0.87684	0.410168	3.7396	2.472144	0.81536
98	5.971728	1.419168	1.716712	4.149936	1.678072	0.829232
99	7.99876	1.099816	0	4.782872	1.281336	0.899544
100	5.174352	1.166848	2.219008	4.544328	1.511136	0.884536
101	7.324112	2.154048	0.410168	3.763432	1.26736	1.112312
102	5.552544	1.190424	1.83296	4.532384	1.56376	1.161464
103	7.843536	1.228504	0.410168	3.85916	1.223816	1.418152
104	6.10084	0.574696	1.75372	4.333432	1.758952	2.098744
105	6.415656	1.512152	0.410168	4.455264	2.062448	1.996464
106	5.188824	1.093576	1.520376	4.599864	1.92908	1.789904
107	5.240904	0.612936	0	3.819808	3.2684	1.645536
108	3.914728	1.617696	2.140784	5.249552	1.24152	1.761816
109	5.90076	0.281808	0.410168	3.467032	1.205744	1.54616
110	5.828824	1.519736	1.800712	4.593312	0.868696	2.004912
111	4.109808	0.824296	0.410168	4.196512	0.691608	1.694504
112	2.756616	0.855344	1.724616	4.993088	0.55056	1.78056
113	0.942568	1.17724	0.421464	3.927752	0.860064	1.788096
114	8.506104	2.16288	1.856848	5.276392	1.310024	2.010408
115	6.3658	1.62192	0	3.969256	2.152272	1.334392
116	7.12192	0.781168	1.969672	5.272272	1.370184	1.583896
117	7.967824	1.624064	0.421464	3.677488	1.573	1.474136
118	8.36096	0.67476	1.670232	3.94336	1.89304	1.487992
119	7.52968	1.106088	0.421464	4.827208	2.002536	1.506848
120	8.766552	1.092664	1.172704	4.949256	1.560392	1.453568



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Lanjutan)

121	6.728688	0.438064	1.507496	4.369016	2.019152	1.212992
122	9.163776	1.62448	1.640632	4.470336	2.073624	1.294312
123	6.26688	0.420456	0	3.277816	1.768256	1.371432
124	8.629248	1.501928	2.142032	4.734	1.92856	1.749416
125	6.045256	1.091656	0.2892	3.54664	1.460296	1.079568
126	9.170592	0.586448	1.851888	3.59624	1.462896	1.066312
127	5.94584	2.155296	0.300496	4.206624	1.8108	1.156048
128	9.168624	1.619712	2.097024	4.844536	1.767448	0.92184
129	5.864256	1.785864	0.307488	5.233672	1.747368	0.960056
130	8.899104	1.095976	1.868976	5.118624	2.079168	0.949968
131	6.449616	0.894888	0.006992	4.185208	1.855608	1.18
132	8.769288	1.741536	1.852352	5.254928	2.659824	1.067104
133	6.33092	0.555016	0.300496	3.112616	3.134936	1.195016
134	9.169968	1.213176	1.819456	3.521744	2.34872	1.279224
135	5.399952	0.559328	0.300496	4.376824	1.738496	1.953064
136	9.439584	1.620912	1.84808	5.189728	2.182328	2.543592
137	6.577368	1.748816	0.300496	4.892832	1.821728	2.134072
138	9.976992	1.520864	2.067952	5.00352	1.74956	1.570856
139	4.931736	0.562688	0	3.728208	1.697016	1.030008
140	9.576504	1.159176	2.210368	4.285864	1.656064	0.600696
141	6.039032	1.083104	0.300496	3.390464	2.132856	0.65996
142	9.177696	0.692472	1.535552	4.216192	1.90696	0.671048
143	5.987696	1.737824	0.300496	4.22904	2.04608	0.790464
144	9.579384	0.26936	1.981816	4.410896	2.34384	1.419496
145	5.279912	1.944488	0.300496	3.88052	1.942416	1.509792
146	9.308232	0.560768	1.824768	4.682144	1.5104	1.044544
147	5.442072	1.207056	0	4.143536	1.837304	0.954744
148	8.631984	1.094536	2.089824	5.030928	1.458976	0.80596
149	6.219024	0.67604	0.300496	3.828848	1.665304	1.142072
150	9.84828	1.615776	1.815392	4.842816	1.276416	0.951056
151	6.231872	0.816672	0.300496	3.343472	1.908128	1.016656
152	9.976464	1.097792	1.82896	5.8688	2.038432	1.012776
153	5.119744	1.623056	0.311792	3.366784	1.79884	1.202032
154	10.380504	0.142056	1.795632	3.468248	1.862856	1.52884
155	3.996624	2.156256	0	0.21904	2.23576	2.218008
156	7.697016	2.15808	2.170352	0.758176	2.405392	1.551816
157	7.234448	1.319032	0.311792	1.547928	3.001128	1.35876



(Lanjutan)

158	8.25052	1.097416	1.781616	2.313048	4.303008	1.549208
159	6.921032	1.031264	0.311792	2.325128	3.702312	1.639152
160	8.426008	1.624064	1.985976	2.742544	2.375688	2.013576
161	6.557232	0.041888	0.311792	3.520216	1.387696	1.636544
162	7.443296	1.641192	1.710568	4.246536	0.989352	1.760968
163	6.249432	0.95992	0	4.824576	1.012776	1.542136
164	6.167704	1.755288	2.172768	5.580912	1.323184	1.53548
165	8.03388	2.16168	0.311792	6.58492	1.308032	1.613192
166	5.945392	0.968424	1.917784	6.750376	1.090768	1.399104
167	9.09812	1.093096	0.311792	3.616632	1.516088	1.497968
168	5.723896	1.087368	2.036016	5.300616	1.902632	1.187704
169	8.804592	1.092616	0.311792	3.98428	2.43844	1.342664
170	6.222584	0.692232	1.599616	5.337576	1.858344	1.102896
171	5.099368	1.616736	0	3.807608	1.3654	1.162328
172	6.92368	0.673256	2.116048	4.695584	1.390464	1.28884
173	7.087976	1.053208	0.311792	3.4106	1.265368	1.767752
174	8.53084	1.092136	2.006344	3.080464	1.48988	2.048352
175	7.56796	0.69108	0.311792	3.437744	1.624176	1.571864
176	6.877648	1.617312	1.919776	2.319472	1.695128	1.853288
177	6.505496	0.301264	0.311792	2.868312	0.815752	1.772328
178	6.311664	0.990352	1.947912	3.55684	1.225008	1.020968
179	6.576688	0.962456	0	4.544056	1.231904	0.561128
180	8.383112	1.622576	2.213152	4.064008	1.3826	0.546784
181	6.898872	0.126664	0.323088	4.15976	1.424696	0.508608
182	8.631312	1.617016	1.891808	4.924488	2.696888	0.543512
183	7.338992	1.092616	0.323088	5.20364	1.173976	0.643672
184	9.307848	2.02764	1.643576	4.02944	1.240384	0.827632
185	6.964928	1.752696	0.323088	3.111536	1.294976	0.773888
186	7.463832	0.742144	1.761016	3.493584	1.712184	1.098952
187	7.253664	1.671456	0.007472	3.204328	1.561472	1.07228
188	9.040488	0.556936	1.841216	3.3988	1.697864	0.673816
189	7.48744	1.19972	0.588224	3.895872	1.89876	0.532328
190	9.588808	1.083104	1.730576	4.354536	1.207072	0.625944
191	7.854976	0.565664	0.217104	5.655792	1.734832	0.66244
192	8.08864	2.157216	1.9636	4.454032	1.40624	0.679752
193	8.093608	1.636096	0.217584	3.781192	1.925848	0.781352
194	7.257656	1.93152	1.821584	5.067392	1.946528	0.505104

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Lanjutan)

195	8.911776	1.099336	0.01336	3.8238	1.532464	0.45772
196	8.024056	0.742936	1.63492	4.903464	1.270472	0.492832
197	9.065432	1.091656	0.745696	3.313616	1.86916	0.530408
198	7.098672	0.654088	1.874568	4.242232	2.052248	0.738944
199	6.867128	1.588	0.210128	4.525456	1.639328	0.693168
200	5.027208	0.565088	2.02968	4.161176	2.051256	0.967576
201	6.13804	1.292576	0.216024	4.076048	2.248576	1.40716
202	8.284632	1.615432	1.915672	4.441464	2.548416	1.122776
203	7.568832	0.02788	0.013376	3.967528	1.53108	1.22424
204	7.850592	1.65208	1.858072	4.513344	1.14704	1.702
205	8.773968	0.55552	0.513856	4.01584	1.466256	1.302808
206	7.424408	1.896928	1.79992	4.622128	1.457488	1.353032
207	9.163056	2.15952	0.214384	3.976224	1.617024	2.0648
208	7.89504	1.142704	1.937416	4.580392	1.734048	1.942704
209	9.165168	1.098888	0.221424	3.370936	1.964656	1.762992
210	7.7878	1.037384	1.839328	3.682928	1.383216	1.98696
211	8.170328	1.093616	0.0258	4.09804	1.306792	1.458584
212	8.630968	0.608568	2.239736	5.199808	1.797264	0.786968
213	7.291792	1.617704	0.315768	4.374824	1.816	1.01512
214	9.301024	0.25456	1.854328	4.884184	1.514872	0.571168
215	6.77172	2.158184	0.238656	4.02328	1.910192	0.714072
216	9.438816	0.099704	1.966016	4.51348	2.29624	0.94548
217	5.344392	1.720008	0.249608	3.905896	2.832656	0.893664
218	10.777728	0.692136	1.852648	4.62916	3.08708	1.305416
219	4.457568	1.19148	0.013408	4.161328	3.216952	2.037456
220	10.780752	1.622632	2.271688	4.484056	1.491384	1.140008
221	5.601688	0.283664	0.249608	3.965016	0.830704	1.247688
222	10.772592	1.837328	1.823536	3.45288	1.390056	1.485704
223	3.753544	0.556992	0.238656	0.97756	1.502608	1.760288
224	10.771584	1.066688	0.915312	0.081712	1.268896	1.490128
225	5.000304	1.489984	1.188328	0.050608	1.523136	1.510656
226	10.78056	1.616736	1.909528	0.435904	1.316192	1.609136
227	4.074656	2.161584	0.007472	1.098224	1.991528	1.86944
228	10.385688	0.942688	2.135304	0.723472	2.551192	2.494728
229	5.302912	1.562	0.266128	1.312008	2.889584	2.584536
230	10.778016	0.564664	1.816712	2.230872	4.829976	1.733512
231	3.795784	1.45684	0.259136	2.76356	2.58292	1.447224

(Lanjutan)

232	10.246272	1.08364	1.78224	4.065696	1.611664	2.365416
233	4.093272	0.548688	0.259136	6.193216	1.246576	0.902664
234	10.244592	2.156792	1.853464	7.673768	1.630104	1.085616
235	4.887192	1.62	0.000432	4.94556	1.723008	1.175104
236	10.2432	1.856984	2.08472	4.945512	1.449712	1.138304
237	4.564968	1.097952	0.249128	3.207624	1.796288	1.079208
238	10.24392	1.211392	1.959512	5.286576	1.92428	1.326856
239	5.631016	1.095072	0.244016	3.3914	1.257448	1.72436
240	10.244352	0.640136	1.947896	4.155688	1.045392	2.03036
241	4.995664	1.56332	0.261248	3.060032	0.608088	1.597224
242	9.9696	0.564184	1.747504	3.68064	0.648016	1.772624
243	3.96316	1.563296	0	4.605736	0.7134	0.778008
244	9.699408	0.564184	2.157112	4.595144	0.601776	0.834968
245	6.101336	1.184232	0.255312	5.09568	0.840936	0.82412
246	9.718192	1.08316	1.900952	5.602216	0.837256	0.954472
247	6.334544	0.916376	0.255312	5.466544	1.121216	0.922272
248	9.696912	1.08364	1.858392	4.079408	0.837672	1.055624
249	4.34148	1.04288	0.266608	3.945208	0.404512	1.522584
250	9.162912	1.484168	1.83116	4.355968	0.422968	2.190008
251	6.775256	0.562496	0.006992	4.844728	0.501384	1.728176
252	9.700368	1.179424	2.160584	5.037336	0.520256	2.048056
253	4.295784	1.095072	0.266608	3.7566	0.62204	2.465704
254	9.706128	2.160624	1.804296	4.729136	1.108808	2.553584
255	6.048992	1.619952	0.259568	3.086448	1.593376	1.869608
256	9.693072	1.0992	1.969904	2.146	2.464536	1.84556
257	6.388008	1.62316	0.266128	1.2036	4.528712	1.067088
258	10.237056	0.818232	1.777232	1.658072	5.218256	1.011504
259	3.195384	1.174768	0	1.89284	2.448048	0.8054
260	9.70272	1.104368	2.146112	2.370168	1.545248	0.643096
261	5.66508	0.644584	0.274664	3.095368	1.784776	0.779432
262	9.445632	1.62124	1.861368	3.819032	1.538136	1.019368
263	6.330816	0.888544	0.243536	4.426744	1.674728	0.843064
264	9.714672	1.172672	1.933352	4.541616	1.771376	0.93816
265	5.715912	1.093152	0.243536	3.546384	2.799568	0.794208
266	9.709104	0.549776	1.897064	4.424752	3.548448	0.909216
267	6.932984	2.157224	0.007472	3.813032	2.101608	1.12312
268	9.703632	1.61856	2.032248	4.460128	1.73092	1.15492

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Lanjutan)

269	4.883496	1.97552	0.281648	4.308712	1.609616	1.0354
270	10.248336	0.560832	1.905736	5.162696	1.462832	1.130896
271	4.937584	1.624856	0.22736	3.841864	1.427304	0.444968
272	9.308856	1.092672	1.927912	4.295184	2.095016	0.4012
273	5.712112	0.69944	0.221424	3.128712	2.298672	0.396544
274	9.167712	1.62316	1.929944	3.241344	1.381008	0.332792
275	4.94768	0.899552	0.007472	3.7744	1.292824	0.450696
276	7.71524	1.61952	2.176584	4.427584	1.107544	0.378608
277	7.545336	2.15952	0.221424	5.171896	0.375808	0.53244
278	9.709728	1.432968	1.924904	5.674624	0.06152	1.147712
279	6.089024	0.561304	0.221424	6.139256	0.132944	1.546824
280	10.2408	1.679488	1.876376	4.614504	0.059744	1.741216
281	4.57836	0.553632	0.23272	3.334744	0.119056	1.549536
282	9.177952	1.255824	2.061392	4.548304	0.179664	1.208712
283	5.791552	0.560936	0.007472	3.46248	0.353496	1.20088
284	9.840504	1.180056	1.978448	5.193896	0.242288	1.580992
285	4.93176	1.62316	0.225248	3.565784	0.324528	1.565176
286	10.381464	0.567632	2.225928	4.336304	0.384208	1.438048
287	5.652552	1.62364	0.238656	4.132768	0.47084	1.517768
288	10.243344	0.172416	1.741648	4.578592	0.350448	1.645488
289	5.84708	1.84096	0.225248	3.85252	0.520576	1.397928
290	9.580392	1.096992	1.881256	4.631904	0.598864	1.593976
291	5.632072	0.84612	0.000432	3.82084	0.559392	1.492896
292	9.718848	1.093152	2.15412	4.338496	1.110872	1.067768
293	5.90124	0.551488	0.23272	4.38436	1.36184	1.161776
294	9.707136	1.084024	1.907464	5.216184	2.963976	1.201216
295	5.330952	0.652104	0.225248	3.605816	2.583064	1.220208
296	8.90736	1.937288	2.018256	5.257952	1.362112	1.6028
297	5.870856	0.029968	0.23272	3.736976	1.648416	1.39104
298	9.447024	0.106392	1.895288	4.15728	1.354208	1.654696
299	5.61836	0.881264	0	4.254608	1.863	0.726152
300	8.902272	0.903112	2.23096	3.337576	1.516176	1.114216
301	7.062152	1.581952	0.238656	3.76992	1.840512	0.864736
302	9.84276	0.552672	1.705032	4.213568	2.142552	0.877048
303	4.199536	1.217864	0.23272	4.78756	1.87124	1.09944
304	8.90496	1.583896	2.008464	4.090072	1.210048	1.600352
305	6.947032	0.564664	0.238656	4.296352	1.136728	1.244752



(Lanjutan)

306	9.30612	1.161184	1.83428	4.662296	0.798464	1.235384
307	6.020352	1.094592	0.007472	5.319736	1.028808	1.221704
308	10.385688	0.3488	2.140904	3.727448	1.107248	1.732632
309	4.115136	0	0.249952	3.278864	1.274928	1.33336
310	10.785552	0	1.936912	3.679336	2.406408	0.850016
311	4.665232	0	0.191208	3.829288	2.95876	0.931376
312	11.056992	0	1.780752	3.022232	1.421864	1.193328
313	5.561704	0	0.467624	3.4424	1.219152	0.964288



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian Tesis di BBPP Lembang





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Surat Izin Penelitian Tesis



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
Jalan Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Telepon (021) 7270036, Hunting, Fax (021) 7270034
Laman: <http://www.pnj.ac.id>, Pos-el: humas@pnj.ac.id

Nomor : 030/PL3.A.2/HM.01/2025 3 Maret 2025
Lampiran : -
Perihal : Surat Izin Penelitian Bahan Tesis

Yth.
Kepala Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang
Lembang, Bandung

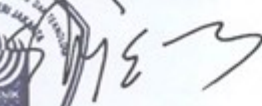
Dengan hormat,
Melalui surat ini kami sampaikan sehubungan dengan proses penyusunan Tesis yang menjadi salah satu syarat yang harus dilaksanakan oleh Mahasiswa Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta, dengan ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk mengizinkan mahasiswa kami dapat mencari data bahan untuk keperluan penelitian tesis dengan topik analisis kualitas infrastruktur jaringan seluler dan satelit *Low Earth Orbit* (LEO) beserta antenanya di daerah pertanian di lingkungan BBPP Lembang. Adapun mahasiswa yang namanya tercantum sebagai berikut :

No.	Nama	NIM	Nomor Telepon
1.	Eka Hero Ramadhani	2309511002	089677977813
2.	Rafiq Amalul Widodo	2309511007	081398714367
3.	Muhammad Miqdad Haidar Dzaky	2309511011	085716795427

Waktu pelaksanaan mencari data bahan untuk keperluan penelitian tesis tersebut adalah mulai tanggal 10 Maret 2025 s.d. 30 Juni 2025. Mahasiswa yang bersangkutan kami wajibkan untuk mengikuti prosedur dan tata tertib yang berlaku di Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang.

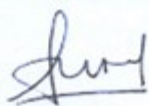
Demikian surat ini kami sampaikan. Atas bantuan dan kerja sama yang diberikan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui,
Ketua Program Pascasarjana
Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Indawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001

Kepala Program Studi MTTE
Program Pascasarjana



Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197007122001121001



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Bukti Sertifikat Presenter dan Pengiriman Paper



Sebagai Pemakalah dan Presenter di Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV) 2025

Conference	Paper title (details)	Status	Edit	Add and delete authors	Withdraw or unwithdraw	Copyright	Registration	Final manuscript	Presentation
ICONS-IoT 2025	Comparative Performance Study of RTMP and HLS over LEO Satellite Internet Using Spatiotemporal QoE Metrics	Accepted							until Jul. 27

Recent email messages

Date	Conference or journal	Message
Jun. 29, 2025 02:01 UTC	ICONS-IoT 2025	[ICONS-IoT 2025] Review Results for Your paper #1571160832 (Comparative Performance Study of RTMP and HLS over LEO Satellite Internet Using Spatiotemporal QoE Metrics)

My profile

Name	Mr. Rafiq Amalul Widodo
EDAS identifier	2379357
Type (gender)	student (M)
Affiliation	Electrical Engineering Politeknik Negeri Jakarta Indonesia
Email	rafiaamalulwidodo.te23@stu.pnj.ac.id
Conflicts of interest (manually added only)	0 not updated

You can subscribe to conferences and journals accepting submissions:

Accepted di 2025 International Conference on Networking, Intelligent Systems, and IoT (ICONS-IoT)