

ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) JARINGAN 4G MENGUNAKAN METODE DRIVE TEST DI PERUMAHAN GRIYA PESONA ALAM

Ramzy Taufiq Hanif¹, Suthami Ariessaputra², Sudi M. Al Sasongko³

^{1,2,3}Electrical Engineering Department, Mataram University, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, NTB, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received Januari 22, 2023

Revised Januari 23, 2023

Accepted Januari 25, 2023

Keywords:

Pendidikan;
Quality of Service
Wireshark;
G-nettrack pro;

ABSTRACT

At this time the development of communication science has grown very rapidly over time. This causes cellular telecommunications service providers to be required to develop more in order to meet the diverse needs of their consumers, for which good network quality is needed to support communication. One method of determining good signal quality is by conducting a drive test. In this study, the drive test method was used to analyze the quality of the 4G signal of XL and Telkomsel providers in outdoor conditions at Griya Pesona Alam housing. Measurements were made using two applications, namely the G-Nettrack Pro application to measure signal level values and the Wireshark application to measure Quality of Service (QoS) values. The measurement results obtained are the value of the signal level in Griya Pesona Alam housing on average into the medium category and the results of the QoS measurement at Griya Pesona Alam housing obtained that XL and Telkomsel providers in cluster A with a QoS index obtained of 2.25 (56.25%) with the category "Less Satisfactory", as well as XL and Telkomsel providers in cluster B with a QoS index obtained of 2.25 (56.25%) with the category "Less Satisfactory". Translated with DeepL.com (free version)

Pada saat ini perkembangan ilmu komunikasi sudah berkembang sangat pesat dari waktu ke waktu. Hal ini menyebabkan penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler dituntut untuk lebih berkembang guna memenuhi beragam kebutuhan konsumennya, untuk itu diperlukan kualitas jaringan yang baik dalam mendukung komunikasi. Salah satu metode menentukan kualitas sinyal yang baik adalah dengan melakukan *drive test*. Pada penelitian ini digunakan metode *drive test* untuk menganalisis kualitas sinyal 4G *provider* XL dan telkomsel pada kondisi luar ruangan di perumahan Griya Pesona Alam. Pengukuran dilakukan menggunakan dua aplikasi yaitu aplikasi *G-Nettrack Pro* untuk mengukur nilai level sinyal dan aplikasi *Wireshark* untuk mengukur nilai *Quality of Service* (QoS). Hasil pengukuran yang didapatkan yaitu nilai level sinyal di perumahan Griya Pesona Alam rata-rata masuk ke dalam katagori sedang dan hasil dari pengukuran *QoS* pada perumahan Griya Pesona Alam didapatkan bahwa *provider* XL dan Telkomsel pada klaster A dengan indeks QoS yang di dapatkan sebesar 2,25 (56,25 %) dengan kategori “Kurang Memuaskan”, begitu pula dengan *provider* XL dan Telkomsel pada klaster B dengan indeks QoS yang di dapatkan sebesar 2,25 (56,25 %) dengan kategori “Kurang Memuaskan”.

Corresponding Author:

Suthami Ariessaputra, Electrical Engineering Department, Mataram University, Mataram, NTB, Indonesia
Email: suthami@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan ilmu komunikasi sudah berkembang sangat cepat, sehingga teknologi informasi dan komunikasi dituntut harus semakin berkembang dengan cepat juga terutama di teknologi internet. Bahkan pengguna dari teknologi internet saat ini bukan hanya dari kalangan orang dewasa saja melainkan anak-anak dan remaja untuk kebutuhan komunikasi, belajar dan sebagainya. Salah satu yang banyak digunakan oleh konsumen saat ini yaitu jaringan 4G LTE yang memiliki kemampuan transmisi yang besar terutama dalam hal kecepatan *download* dan *upload*. *Quality of Service* (QoS) di salah satu perumahan di Kota Mataram yaitu perumahan Griya Pesona Alam, penelitian di fokuskan pada dua *provider* yaitu XL dan Telkomsel, untuk memonitoring kualitas kekuatan sinyal pada saat *download* dan *upload* digunakan *software g-nettrack pro* dan *whireshark*. Dari hasil monitoring kualitas kekuatan sinyal yang akan di lakukan nantinya bisa diketahui seberapa baik jaringan pada perumahan Griya Pesona Alam di luar ruangan sehingga bisa menjadi acuan perbaikan kualitas pancaran tranmisi agar semua titik mendapatkan kualitas sinyal yang bagus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi telepon genggam semakin berkembang setiap tahunnya begitu pula dengan jaringan telekomunikasinya. Evolusi yang terdiri dari 4 generasi hingga sekarang dapat dikatakan perkembangan yang signifikan yang mengikuti kebutuhan komunikasi manusia baik berupa komunikasi suara maupun data. Perkembangan yang bermula dari generasi pertama (0) yaitu diawali dengan penggunaan radio genggam atau *handy talkie*, merupakan jaringan 0 G yang beriringan dengan munculnya telepon genggam pertama. Lalu berkembang ke generasi berikutnya yang berkembang menjadi generasi ke 1 yaitu disebut 1G, kemudian berkembang hingga ke generasi 4 yang disebut 4G yang dimana menyediakan jaringan internet dengan kecepatan lebih tinggi, kualitas lebih tinggi dan kapasitas lebih tinggi dari generasi sebelumnya untuk pengguna

2.1. Quality Of Service

Quality of Service (QoS) adalah sebagai kemampuan jaringan tertentu dalam memberikan pelayanan yang optimal sesuai standar dalam hubungannya dengan kapasitas jaringan, mengatasi jitter dan delay. QoS mengacu pada kapabilitas jaringan untuk memberikan layanan yang lebih baik pada *traffic* jaringan tertentu melalui teknologi yang bermacam-macam. QoS didefinisikan sebagai suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan.

Empat parameter yang dapat menentukan QoS pada jaringan antar lain:

2.1.1. Throughput

Throughput yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut

Untuk menghitung nilai *throughput* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{paket data diterima}}{\text{lama pengamatan}}$$

Tabel 1. Indeks Kategori *Througthput*

| Kategori | <i>Throughput</i> (Kbps) | Indeks |
|--------------|--------------------------|--------|
| Sangat bagus | >1200 | 4 |
| Bagus | 700 – 1200 | 3 |
| Sedang | 338 – 700 | 2 |
| Buruk | 0 – 338 | 1 |

(sumber:Tiphon)

2.1.2. Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang dapat terjadi jaringan.

Untuk menghitung nilai *Packet loss* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Packet\ loss = \frac{Paket\ data\ yang\ hilang}{Paket\ data\ dikirim} \times 100$$

Tabel 2. indeks kategori *Packet Loss*

| Kategori Latency | <i>Packet loss</i> (%) | Indeks |
|------------------|------------------------|--------|
| Sangat bagus | 0 - < 3 | 4 |
| Bagus | 3 - < 15 | 3 |
| Sedang | 15 - < 25 | 2 |
| Buruk | ≥ 25 | 1 |

(sumber: ETSI, 2020)

2.1.3. Delay

Delay (Latency) merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, congesti atau juga waktu proses yang lama.

Untuk menghitung nilai *Delay* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Delay = \frac{waktu\ antar\ paket}{jumlah\ paket}$$

Tabel 3. Indeks Kategori *Delay*

| Kategori Latency | Besar <i>Delay</i> | Indeks |
|------------------|---------------------|--------|
| Sangat bagus | <150 ms | 4 |
| Bagus | 150 ms s/d < 250 ms | 3 |
| Sedang | 250 ms s/d < 350 ms | 2 |
| Buruk | 350 ms s/d > 450 ms | 1 |

(sumber: ETSI, 2020)

2.1.4. Jitter

Jitter lazimnya disebut variasi delay, berrhubungan erat dengan *latency*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. *Delay* antrian pada router dan *switch* dapat menyebabkan *jitter*.

Untuk menghitung nilai *Delay* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Jitter = \frac{Total\ variasi\ delay}{Total\ paket\ yang\ diterima}$$

Tabel 4. Indeks Kategori *Jitter*

| Kategori Latency | Paket <i>Jitter</i> | Indeks |
|------------------|---------------------|--------|
| Sangat bagus | 0 ms | 4 |
| Bagus | > 0 s/d 75 ms | 3 |
| Sedang | > 75 s/d 125 ms | 2 |
| Buruk | > 125 s/d 225 ms | 1 |

(sumber: ETSI, 2020)

2.2 Drive test

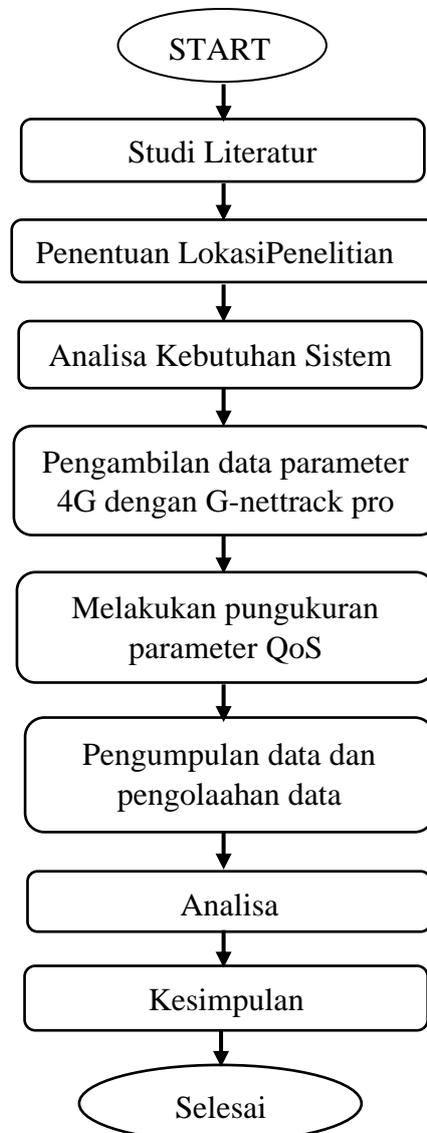
Drive test merupakan salah satu bagian pekerjaan dalam optimasi jaringan radio. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara nyata dilapangan. Informasi yang dikumpulkan merupakan kondisi aktual *Radio Frequency* (RF) disuatu *eNodeB*.

2.3 Wireshark

Wireshark merupakan salah satu aplikasi yang berfungsi sebagai *Network Analyzer* (Penganalisa Jaringan) dengan cara menangkap paket-paket data atau informasi di jaringan melalui *Network Interface Card* (NIC). *Wireshark* sendiri merupakan *free tools* untuk *Network Analyzer* yang ada saat ini. Dan tampilan dari *Wireshark* ini sendiri terbilang sangat bersahabat dengan *user* karena menggunakan tampilan grafis atau GUI (*Graphical User Interface*).

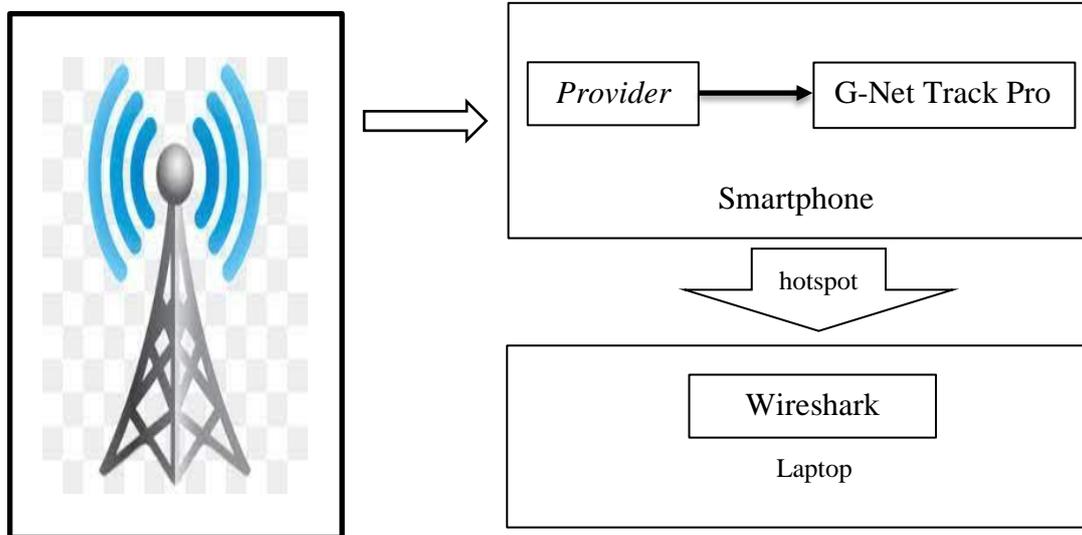
3. METODE

3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

3.2. Alur Pengambilan Data Secara Umum



Gambar 2. proses pengambilan data QoS

Gambar 2 merupakan proses pengambilan data yang akan digunakan, dimana Smartphone yang sudah terinstal aplikasi *G-NetTrack Pro* untuk memonitoring dan pengambilan data level sinyal telah dikoneksikan dengan Base Tranceiver Station sesuai dengan *provider* yang digunakan kemudian Smartphone akan di hubungkan dengan mengaktifkan *hotspot* seluler ke laptop yang telah terinstal aplikasi *Wireshark* untuk mengukur *Quality of Service* (QoS) dengan parameter, *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*. Setelah dilakukan perancangan sistem yang selanjutnya dilakukan monitoring dan pengukuran QoS untuk mendapatkan data hasil sesuai dengan metode *drive test* sesuai rute yang di tentukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa hasil Pengukuran Data Parameter QoS

4.1.1 Hasil Pengukuran *Throughput* Klaster A

| <i>Throughput (Kbps)</i> | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----|--------|----------|-----------|--------|--------------|
| No. | Penelitian | XL | Indeks | Katagori | Telkomsel | Indeks | Katagori |
| 1 | <i>Upload-Pagi</i> | 787 | 3 | Bagus | 7144 | 4 | Sangat Bagus |
| 2 | <i>Upload-Sore</i> | 646 | 2 | Sedang | 2 | 1 | Buruk |
| 3 | <i>Upload-malam</i> | 105 | 1 | Buruk | 547 | 2 | Sedang |
| 4 | <i>Download-Pagi</i> | 70 | 1 | Buruk | 113 | 1 | Buruk |
| 5 | <i>Download-sore</i> | 46 | 1 | Buruk | 1 | 1 | Buruk |
| 6 | <i>Download-malam</i> | 5 | 1 | Buruk | 5 | 1 | Buruk |
| Rata-rata | | | 2 | Sedang | Rata-rata | 2 | Sedang |

Table 5. Hasil pengukuran *throughput* Provider XL dan Telkomsel Klaster A

Untuk nilai *throughput* pada Tabel 5 merupakan nilai *throughput* hasil akhir rata-rata dari setiap titik provider XL dan Telkomsel yang ada di Klaster A. Untuk nilai *throughput* dimasing-masing titik memiliki nilai yang beragam dan bersifat fluktuatif sehingga jika di rata-ratakan didapatkan nilai *throughput* dengan indeks 2 dalam katagori sedang baik pada provider XL maupun Telkomsel.

4.1.2 Hasil Pengukuran *Packet Loss* Klaster A

| <i>Packet loss (%)</i> | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------|-------|--------|--------------|-----------|--------|--------------|
| No. | Penelitian | XL | Indeks | Kategori | Telkomsel | Indeks | Kategori |
| 1 | <i>Upload-Pagi</i> | 0,196 | 4 | Sangat Bagus | 1,274 | 4 | Sangat Bagus |
| 2 | <i>Upload-Sore</i> | 0,183 | 4 | Sangat Bagus | 0,004 | 4 | Sangat Bagus |
| 3 | <i>Upload-malam</i> | 0,077 | 4 | Sangat Bagus | 0,068 | 4 | Sangat Bagus |
| 4 | <i>Download-Pagi</i> | 0,002 | 4 | Sangat Bagus | 0,004 | 4 | Sangat Bagus |
| 5 | <i>Download-sore</i> | 0,081 | 4 | Sangat Bagus | 0,001 | 4 | Sangat Bagus |
| 6 | <i>Download-malam</i> | 0,030 | 4 | Sangat Bagus | 0,002 | 4 | Sangat Bagus |
| Rata-rata | | | 4 | Sangat Bagus | Rata-rata | 4 | Sangat Bagus |

Table 6. Hasil pengukuran *packet loss* Provider XL dan Telkomsel Klaster A

Didapatkan nilai *packet loss* pada Tabel 6 merupakan nilai *packet loss* hasil akhir rata-rata dari setiap titik Provider XL dan Telkomsel yang ada di Klaster A. Untuk nilai *packet loss* dimasing-masing titik memiliki nilai yang rendah dengan rata-rata indeks 4 yang masuk dalam kategori sangat bagus baik pada Provider XL maupun Telkomsel.

4.1.3. Hasil Pengukuran *Delay* Klaster A

| <i>Delay (ms)</i> | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|----------|--------|--------------|-----------|--------|----------|
| No. | Penelitian | XL | Indeks | Kategori | Telkomsel | Indeks | Kategori |
| 1 | <i>Upload-Pagi</i> | 215,727 | 3 | Bagus | 215,547 | 3 | Bagus |
| 2 | <i>Upload-Sore</i> | 87,373 | 4 | Sangat bagus | 488,482 | 1 | Buruk |
| 3 | <i>Upload-malam</i> | 345,774 | 2 | Sedang | 224,080 | 3 | Bagus |
| 4 | <i>Download-Pagi</i> | 1519,989 | 1 | Buruk | 549,439 | 1 | Buruk |
| 5 | <i>Download-sore</i> | 326,126 | 2 | Sedang | 614,892 | 1 | Buruk |
| 6 | <i>Download-malam</i> | 1220,215 | 1 | Buruk | 1076,396 | 1 | Buruk |
| Rata-rata | | | 2 | Sedang | Rata-rata | 2 | Sedang |

Table 7. Hasil pengukuran *delay* Provider XL dan Telkomsel klaster A

Untuk nilai *delay* pada Tabel 7 merupakan nilai *delay* hasil akhir rata-rata dari setiap titik provider XL dan Telkomsel yang ada di Klaster A. Untuk nilai *delay* dimasing-masing titik memiliki nilai yang beragam dan bersifat fluktuatif sehingga jika di rata-ratakan didapatkan nilai *delay* dengan indeks 2 dalam kategori sedang baik pada provider XL maupun Telkomsel.

4.1.4. Hasil Pengukuran *Jitter* Klaster A

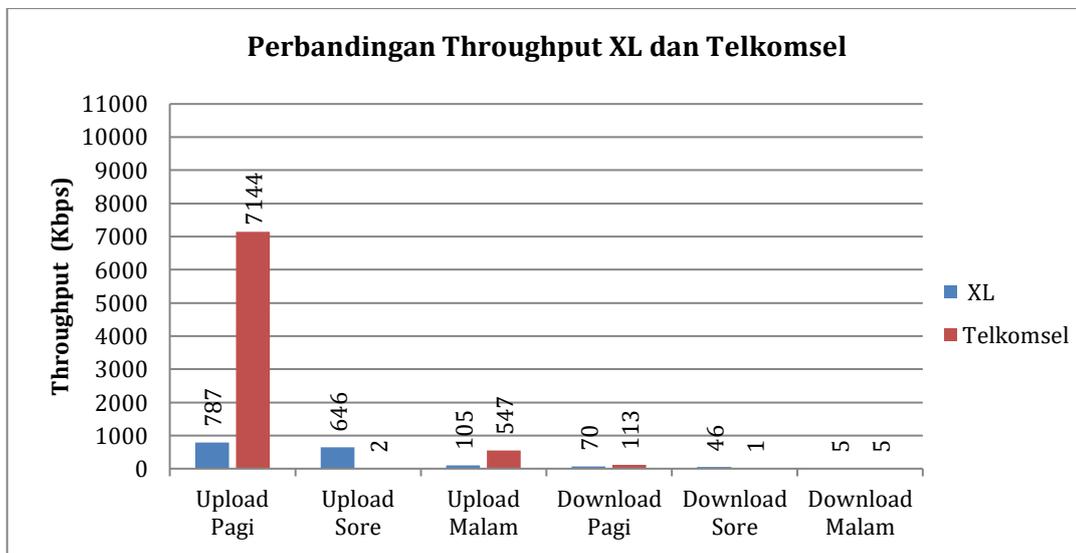
| <i>Jitter (ms)</i> | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|----------|--------|----------|-----------|--------|----------|
| No. | Penelitian | XL | Indeks | Katagori | Telkomsel | Indeks | Katagori |
| 1 | <i>Upload-Pagi</i> | 438,302 | 1 | Buruk | 122,461 | 2 | Sedang |
| 2 | <i>Upload-Sore</i> | 123,577 | 2 | Sedang | 746,254 | 1 | Buruk |
| 3 | <i>Upload-malam</i> | 633,118 | 1 | Buruk | 331,892 | 1 | Buruk |
| 4 | <i>Download-Pagi</i> | 2769,626 | 1 | Buruk | 1115,200 | 1 | Buruk |
| 5 | <i>Download-sore</i> | 576,098 | 1 | Buruk | 1331,973 | 1 | Buruk |
| 6 | <i>Download-malam</i> | 2115,185 | 1 | Buruk | 1976,795 | 1 | Buruk |
| Rata-rata | | | 1 | Buruk | Rata-rata | 1 | Buruk |

Table 8. Hasil pengukuran *jitter* Provider XL dan Telkomsel klaster A

Didapatkan nilai *jitter* pada Tabel 8 merupakan nilai *jitter* hasil akhir rata-rata dari setiap titik Provider XL dan Telkomsel yang ada di Klaster A. Untuk nilai *jitter* dimasing-masing titik memiliki nilai yang tinggi dengan rata-rata indeks 1 yang masuk dalam katagori buruk baik pada Provider XL maupun Telkomsel.

4.2 Grafik Perbandingan Parameter QoS

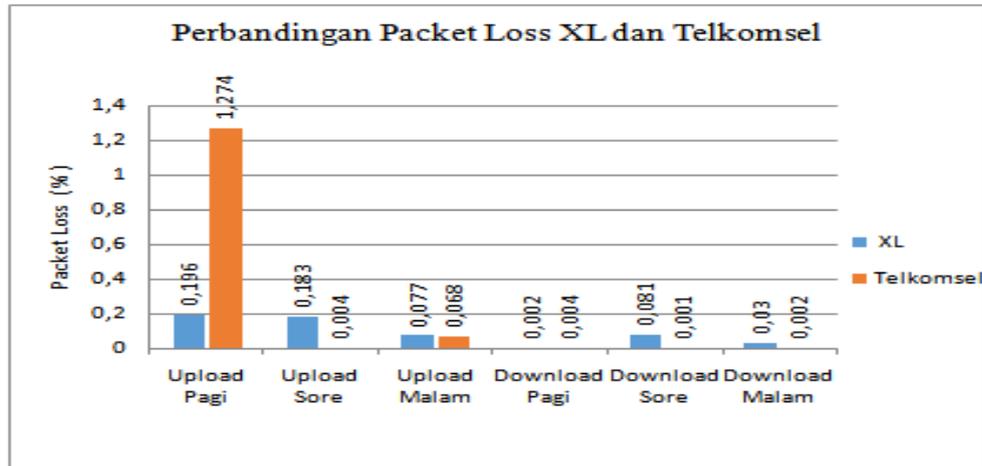
4.2.1 Perbandingan *Throughput* Klaster A



Gambar 3. grafik perbandingan *throughput* klaster A

Dari gambar 3 grafik hasil pengukuran *throughput* pada klaster A diketahui nilai *throughput upload* cenderung lebih tinggi daripada *throughput download* dan nilai *throughput xl* maupun telkomsel memiliki nilai yang rendah atau katagori buruk sesuai standar tiphone kecuali pada *upload pagi* hari dengan *provider telkomsel* memiliki nilai yang tinggi atau katagori bagus. Dari grafik di atas bisa diketahui bahwa bentuk grafik *throughput xl dan telkomsel* hampir sama yang membedakan hanya pada nilai *upload pagi* hari telkomsel yang memiliki nilai lebih tinggi.

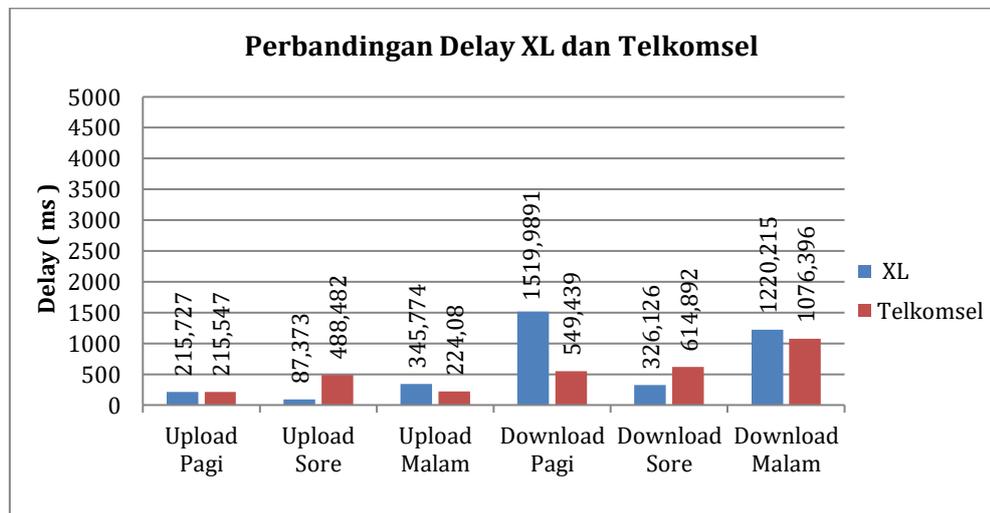
4.2.2. Perbandingan *Packet Loss* Kluster A



Gambar 4. grafik perbandingan *packet loss* kluster A

Dari gambar 4 grafik hasil pengukuran *packet loss* pada kluster A diketahui nilai *packet loss upload* cenderung lebih tinggi daripada *packet loss download* dan nilai *packet loss xl* maupun telkomsel memiliki nilai yang rendah atau katagori sangat bagus sesuai standar tiphone kecuali pada *upload* pagi hari dengan *provider* telkomsel memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain namun tetap masuk dalam katagori sangat bagus. Dari grafik di atas bisa diketahui bahwa bentuk grafik *packet loss xl dan telkomsel* memiliki nilai yang hampir sama, yang membedakan hanya pada nilai *upload* pagi hari telkomsel yang memiliki nilai lebih tinggi dari yang lain.

4.2.3. Perbandingan *Delay* Kluster A

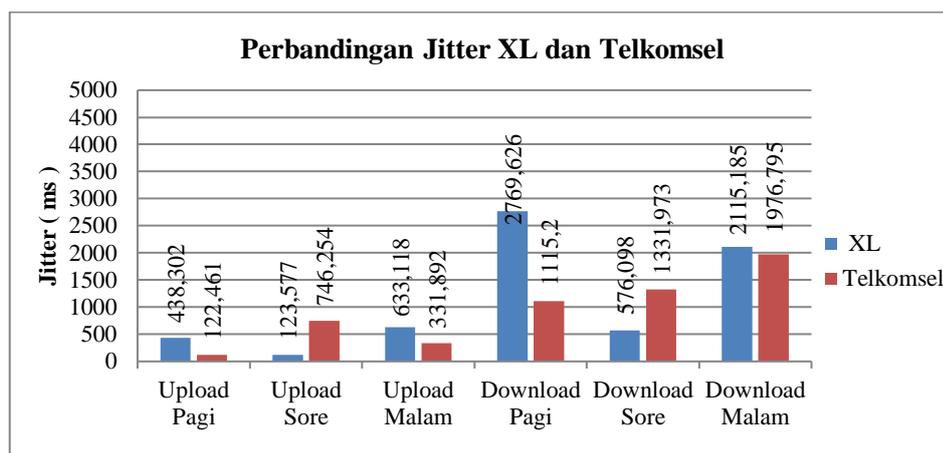


Gambar 5. grafik perbandingan *delay* kluster A

Dari Gambar 5 grafik hasil pengukuran *delay* pada kluster A diketahui nilai *delay download* cenderung lebih tinggi daripada *delay upload* dan nilai *delay xl* maupun telkomsel memiliki nilai yang cukup bervariasi, pada *upload* pagi hari memiliki nilai yang sama dengan katagori bagus, pada *upload* sore hari telkomsel memiliki nilai lebih tinggi atau buruk dibandingkan dengan xl yang memiliki nilai rendah atau sangat bagus, pada *upload* malam hari *provider xl* memiliki nilai yang lebih tinggi dengan katagori sedang dibandingkan

dengan telkomsel yang nilai lebih rendah dengan katagori bagus, pada download pagi hari *provider* xl dan telkomsel memiliki nilai yang cukup tinggi dengan katagori buruk sesuai standard tiphone walaupun nilai xl jauh lebih tinggi dibandingkan telkomsel, pada download sore hari *provider* xl memiliki nilai lebih rendah atau katagori sedang dibandingkan telkomsel memiliki nilai yang cukup tinggi dengan katagori buruk. pada download malam hari *provider* xl dan telkomsel memiliki nilai yang cukup tinggi dengan katagori buruk sesuai standard tiphone walaupun nilai xl lebih tinggi dibandingkan telkomsel.

4.2.4. Perbandingan *Jitter* Klaster A



Gambar 6. grafik perbandingan *jitter* klaster A

Dari Gambar 6 grafik hasil pengukuran *Jitter* pada klaster A dengan melakukan *upload* dan *download* data dengan kapasitas 10 Mb pada waktu pagi, sore dan malam hari dengan rentang waktu yang sudah ditentukan, diketahui nilai *delay download* cenderung lebih tinggi daripada *delay upload*, dan nilai *jitter provider* xl dan telkomsel rata-rata memiliki nilai yang sangat tinggi atau katagori buruk sesuai standar tiphone kecuali *provider* telkomsel pada *upload* pagi dan *provider* xl pada *upload* sore yang memiliki nilai lebih rendah dengan katagori sedang.

5. KESIMPULAN

- 5.1. Pada pengukuran klaster A *provider* XL dan Telkomsel didapatkan rata-rata *throughput* dengan **Indeks 2**, rata-rata *packet loss* dengan **Indeks 4**, rata-rata *delay* dengan **Indeks 2**, dan rata-rata *jitter* dengan **Indeks 1**, sehingga di dapatkan nilai rata-rata Indeks dari 4 parameter tersebut yaitu **2,25 (56,25 %)** dengan katagori kurang memuaskan sesuai dengan tabel indeks parameter QoS, jadi bisa dikatakan *provider* XL dan Telkomsel pada Klaster A masih kurang layak untuk digunakan.
- 5.2. Pada pengukuran klaster B *provider* XL dan Telkomsel didapatkan rata-rata *throughput* dengan **Indeks 2**, rata-rata *packet loss* dengan **Indeks 4**, rata-rata *delay* dengan **Indeks 2**, dan rata-rata *jitter* dengan **Indeks 1**, sehingga di dapatkan nilai rata-rata Indeks dari 4 parameter tersebut yaitu **2,25 (56,25 %)** dengan katagori kurang memuaskan sesuai dengan tabel indeks parameter QoS, jadi bisa dikatakan *provider* XL dan Telkomsel pada Klaster B masih kurang layak untuk digunakan.
- 5.3. Pada pengukuran klaster A dan B didapatkan nilai RSRP pada semua waktu untuk *provider* XL maupun Telkomsel sebagian besar masuk dalam katagori sedang dengan nilai diatas **-100 dBm** kecuali pada klaster A *provider* telkomsel masuk dalam katagori buruk. Untuk nilai RSRQ di semua klaster untuk *provider* XL maupun Telkomsel masuk ke dalam katagori sedang dengan nilai rata-rata **15 dB**. Untuk nilai SINR di semua klaster untuk *provider* XL maupun Telkomsel masuk ke dalam katagori bagus dengan nilai rata-rata di **3 dB** sampai **5 dB**.

REFERENSI

- [1] ETSI. (2020). Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS). *Etsi Tr 101 329 V2.1.1, 1*, 1–37.
- [2] Evalina, N., Harahap, P., & Adrian, A. R. (2021). Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Operator X Dan Y Di Wilayah Kampus Utama UMSU. 1(April), 13–20.
- [3] Fajri, Muhammad. 2022. Skripsi “Analisis *Quality of Service* (Qos) Jaringan 4G Dengan Metode *Drive Test* Pada Kondisi Outdoor Menggunakan Aplikasi *G-Nettrack Pro* Di Perumahan Royal Madinah Lombok Barat.” Universitas Mataram.
- [4] Fauzi, Fadhli, Gevin Sepria Harly, and Hanrais Hs. 2013. “Analisis Penerapan Teknologi Jaringan Lte 4G Di Indonesia.” *Majalah Ilmiah UNIKOM* 10(2):281–90.
- [5] Hanifah dan Dahliyusmanto. 2021. “Optimalisasi Kualitas Jaringan Internet Menggunakan Web Proxy Berbasis Wlan Dengan Metode Penjadwalan (Studi Kasus Di Smk Negeri 1 Bandar Sei Kijang Kabupaten Pelalawan).” *Jom FTEKNIK* 8.
- [6] Hardiyanto, Bian. 2020. “Analisa *Quality of Service* (QOS) Jaringan 4G LTE.” *Jurnal Engineering Edu* 6 (2): 1–8.
- [7] Ismemet, Sutoyo, Purnamirza, Mulyono. 2022. “Analisis Perbandingan Kualitas Sinyal 4g Lte Pada Beberapa *Provider*.” 5(1).
- [8] Karo Karo, Ferdinanta, Eka Setia Nugraha, and Fikri Nizar Gustiyana. 2020. “Analisis Hasil Pengukuran Performansi Jaringan 4G LTE 1800 MHz Di Area Sokaraja Tengah Kota Purwokerto Menggunakan Genex Asistant Versi 3.18.” *AITI* 16(2):115–24. doi: 10.24246/aiti.v16i2.115-124.
- [9] Pratama. 2021. "Analisis Perbandingan Layanan QoS (*Quality of Service*) Pada Jaringan 4G Di Universitas Mataram." *Jurnal Penelitian Teknik Elektro Universitas Mataram*.
- [10] Putu, P., Pramanda, W., Sudiarta, P. K., & Er, N. I. (2016). Analisis Jaringan Umts Pada Menara Rooftop Dengan Menggunakan Software Tems Investigation Dan *G-Nettrack Pro*. *Jurnal Ilmiah SPEKTRUM*, 3(1)
- [11] Satwika, I Kadek Susila. 2019. “Analisis *Quality of Service* Jaringan Virtual Private Network (Vpn) Di Stmik Stikom Indonesia.” *Jurnal Ilmiah Informatika* 7(01): 60.
- [12] T. Pratama, “Perbandingan Metode PCQ, SFQ, Red dan FIFO pada Mikrotik sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura,” *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JustIN)*, Vol. %1 dari %2 Vol 3, No. 1 (2015), no. Universitas Tanjungpura, 2015.
- [13] Wulandari, Rika. 2016. “Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada Jaringan Internet.” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi* 2(2): 162–72.
- [14] Yonasda, Cut Defa Putri. 2020. “Analisis *Quality of Service* Jaringan Internet Dengan Menggunakan Aplikasi Wireshrak Di Smkn 1 Mesjid Raya Ujoeng Batee.”