

Analisis Quality Of Service (QoS) Jaringan Outdoor 4G di Perumahan Royal Madinah Kabupaten Lombok Barat dengan Metode Drive Test

Muhammad Fajri¹, Suthami Ariessaputra¹, Abdullah Zainuddin¹, Sudi Mariyanto Al Sasongko¹, Cahyo Mustiko Okta Muvianto¹

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknik Universitas Mataram – NTB - Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received May 17, 2023
Revised May 23, 2023
Accepted May 30, 2023

Keywords :

QoS,
G-Nettrack Pro,
Wireshark,
Drive Test,
Cellular.

ABSTRACT

Humans need access to information through cellular technology to support their activities, and will continue to increase with the times. This condition forces cellular service providers to continue to innovate to maintain quality to meet the various needs of their users, including in residential areas. Cellular service quality in housing can be determined using Quality of service (QoS) measurements, one of which is the Royal Medina housing complex in West Lombok Regency. The measurements of Quality of service values and signal level values are using the Wireshark and G-Nettrack Pro applications. In addition, measurements use the drive-test method. Based on the THIPON standard, the outdoor measurement results show that the throughput value is in a bad category, while the delay value is in the medium and bad category.

Corresponding Author:

Suthami Ariessaputra, Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknik Universitas Mataram, Mataram, NTB, Indonesia
Email: suthami@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Teknologi seluler yang saat ini banyak digunakan adalah 4G yang dikenal dengan teknologi Long Term Evolution-Advanced (LTE-A). LTE memiliki kelebihan dalam hal efisiensi spektral dan kecepatan data[1]. Dengan keunggulan tersebut maka teknologi ini dapat memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan. Kebutuhan akan informasi dan komunikasi bagi setiap orang akan terus berkembang pesat dari waktu ke waktu [2]. Hal ini menyebabkan penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler dituntut untuk lebih berkembang guna memenuhi beragam kebutuhan konsumennya. Apa lagi dalam kondisi pandemi seperti sekarang ini kegiatan masyarakat. pelayanan pemerintah bahkan sistem pendidikan dilakukan secara virtual atau online. Oleh Sebab itu, pengguna sangat bergantung pada kualitas jaringan internet yang bagus untuk melakukan kegiatan sehari-hari [3]. Teknologi seluler generasi keempat inilah jawaban dari semua permasalahan tersebut. karena 4G LTE memiliki kemampuan transmisi yang besar terutama dalam hal kecepatan download dan upload [4].

Quality of Service (QoS) merupakan metode untuk mengukur status jaringan dan mencoba untuk mendefinisikan karakteristik dan kualitas suatu layanan. QoS dirancang untuk membantu pengguna menjadi lebih baik dengan memastikan bahwa pengguna mendapatkan kinerja yang teruji dari aplikasi berbasis jaringan[5]. QoS memberikan network service yang lebih baik dan terencana dengan throughput, jitter dan latency yang terkendali dan meningkatkan loss karakteristik [6]. QoS memiliki kemampuan dalam menjamin pengiriman arus data penting atau dengan kata lain kumpulan dari berbagai kriteria performansi yang menentukan tingkat kepuasan pengguna suatu layanan [7].

Pengukuran menggunakan metode drive test merupakan metode pengukuran yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi jaringan secara real di lapangan. Penelitian tentang Quality of Service (QoS) dengan metode drive test untuk mengukur kekuatan download dan upload. Metode drive test yang dilakukan

pada area yang sudah ditentukan untuk mendapatkan sinyal 4G Telkomsel. Salah satu software yang di gunakan yaitu NetMonitor Cell Signal Logging, salah satu software yang digunakan untuk melakukan drive test [8].

G-Nettrack merupakan aplikasi alat uji netmonitor drive test untuk perangkat OS android di jaringan 5G/4G/3G/2G. Pemantauan dan pencatatan performansi jaringan 4G pada operator Telkomsel di kota Tanjung pinang menggunakan metode drive test serta g-nettrack pro sebagai media monitoring kualitas sinyal telah dilakukan [9]. Pengukuran performansi jaringan 4G LTE provider Telkomsel (T-sel) di area Sokaraja Tengah kota Purwokerto menggunakan software genex probe dengan melakukan streaming video untuk mendapatkan data level sinyal sudah diteliti [10].

Berdasarkan latar belakang di atas penulis melakukan pengembangan analisis terhadap Quality of Service (QoS) di salah satu perumahan yang relatif besar di Lombok Barat yaitu Perumahan Royal Madinah. Dimana jumlah rumah pada Perumahan Royal Madinah lebih dari 800 unit dengan kondisi geografis di sekitar perumahan terdapat persawahan yang cukup luas, beberapa perumahan baru sedang dalam proses pembangunan dan terdapat bukit yang berada disebelah selatan perumahan. Selain itu berdasarkan pengamatan awal sinyal Telkomsel di Perumahan Royal Madinah kurang bagus yaitu memiliki RSRP berkisar antara -90 dBm sampai dengan -103 dBm. RSRQ berkisar antara -9 dBm sampai dengan -13 dBm. Sehingga penelitian difokuskan pada satu provider yaitu Telkomsel (T-sel) untuk memonitoring kualitas kekuatan sinyal download dan upload menggunakan software g-nettrack pro dan whreshark.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan bandwidth, mengatasi jitter dan delay. Parameter QoS adalah latency, jitter, packet loss, throughput, MOS, echo cancellation dan PDD [11], [12]. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti : Redaman, Distorsi, dan Noise. QoS didesain untuk membantu end user (klien) menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa user mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan [13].

QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda [14]. Kinerja sebuah jaringan komputer dapat bervariasi akibat beberapa masalah, seperti halnya masalah bandwidth, latency dan jitter, yang dapat membuat efek yang cukup besar bagi banyak aplikasi dalam suatu jaringan. Baik atau buruknya kinerja sebuah jaringan dapat diukur dengan menggunakan QoS (Quality of Service) [15]. QoS (Quality of Service) merupakan teknologi yang diterapkan dalam jaringan komputer untuk memberikan layanan yang optimal dan adil bagi para pengguna jaringan komputer [16].

2.2. Parameter QoS

Tiga parameter yang dapat digunakan untuk menentukan QoS pada jaringan adalah throughput, delay dan Packet Loss [17].

Throughput

Throughput yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (bit per second). Throughput adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Nilai throughput dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [18]:

$$Throughput = \frac{\text{Paket diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \quad (1)$$

Tabel 1. Indeks Kategori Throughput[18].

Kategori Throughput	Throughput (%)	Indeks
Sangat bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Buruk	<25%	1

Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan.

$$\text{packet loss} = \frac{Y}{A} \times 100 \% \quad (2)$$

di mana :

Y= *Packet* data dikirim – *Packet* data di terima

A= *Packet* data dikirim

Tabel 2. Indeks kategori *Packet Loss*[18].

Kategori <i>Packet Loss</i>	<i>Packet Loss</i> (%)	Indeks
Sangat bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Buruk	25%	1

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.

$$\text{Delay} = \frac{\text{Waktu antar paket}}{\text{Jumlah paket}} \quad (3)$$

Tabel 3. Indeks Kategori Delay[18].

Kategori Delay	Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<150	4
Bagus	150 – 300	3
Sedang	300 - 450	2
Buruk	>450	1

2.3. Drive Test

Tiga parameter Drive Test jaringan 4G LTE antar lain:

RSRP (Reference Signal Received Power)

Reference signal dibawa oleh simbol tertentu pada satu subcarrier dalam resource block. maka pengukuran hanya dilakukan pada beberapa resource element yang membawa cell-specific reference signal. RSRP didefinisikan sebagai daya yang diterima oleh smartphone atau rata-rata linier daya yang dibagikan pada resource elements yang membawa informasi reference signal dalam rentang frekuensi bandwidth yang digunakan[19].

RSRP dapat di hitung dengan rumus :

$$(\text{dbm}) = \text{RSSI} (\text{dbm}) - 10 \times (12 \times N) \quad (4)$$

Dimana RSSI didapat Persamaan

$$(\text{dbm}) = P1 + P2 + P3 \quad (5)$$

Keterangan :

- RSSI = Indikator kekuatan sinyal
- N = Jumlah Resource Blok
- P2 = Power noise
- P1 = Power sinyal
- P3 = Power interferensi

Tabel 4. Standar Nilai Signal Strength RSRP[4].

Nilai dBm	Keterangan
> -84	Sangat Bagus
-85 s/d -102	Bagus
-103 s/d -111	Sedang
< -111	Buruk

Nilai RSRP dikategorikan sangat baik apabila nilainya lebih besar dari -84 dBm.

RSRQ (Reference Signal Received Quality)

Satuan RSRQ adalah dB dan nilainya selalu negatif (karena nilai RSSI selalu lebih besar dibandingkan dengan $N \times RSRP$). RSRQ didefinisikan sebagai kualitas sinyal yang diterima oleh smartphone atau rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI (Received Signal Strength Indication) [20].

RSRQ dapat di hitung dengan rumus :

$$RSRQ = N \times RSRP / RSSI \quad (6)$$

Keterangan:

- RSRP = Kuat sinyal yang diterima oleh UE dari eNodeB
- RSSI = Indikator kekuatan sinyal
- N = Jumlah Resource Blok

Tabel 5. Nilai Standar RSRQ[4].

Nilai dBm	Keterangan
> -5	Sangat Bagus
-9 s/d -5	Bagus
-12 s/d -9	Sedang
< -12	Buruk

RSRQ didefinisikan sebagai kualitas sinyal yang diterima oleh smartphone atau rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI (Received Signal Strength Indication).

SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

SINR didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dan noise yang timbul (tercampur dengan sinyal utama)[21].

SINR dapat di hitung dengan rumus :

$$SINR = S / I+N \quad (7)$$

Dimana:

- S = Rata-rata kuat sinyal.
- I = Power rata-rata interferensi.
- N = Power Noise

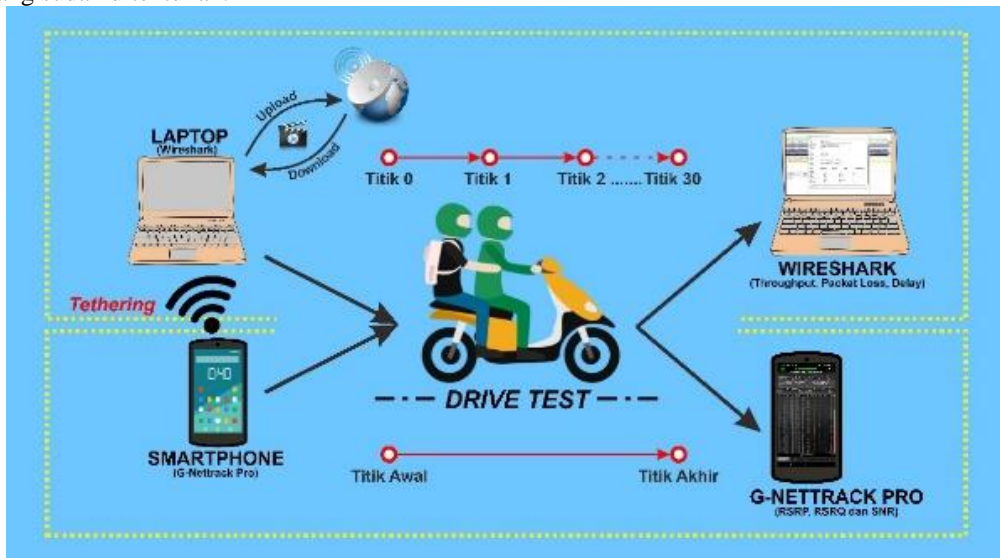
Tabel 6. Standar Nilai SINR[4].

Nilai dBm	Keterangan
> 12.5	Sangat Bagus
10 s/d 12.5	Bagus
7 s/d 10	Sedang

Nilai SINR dikategorikan sangat baik apabila nilainya lebih besar dari 12.5 dB [4].

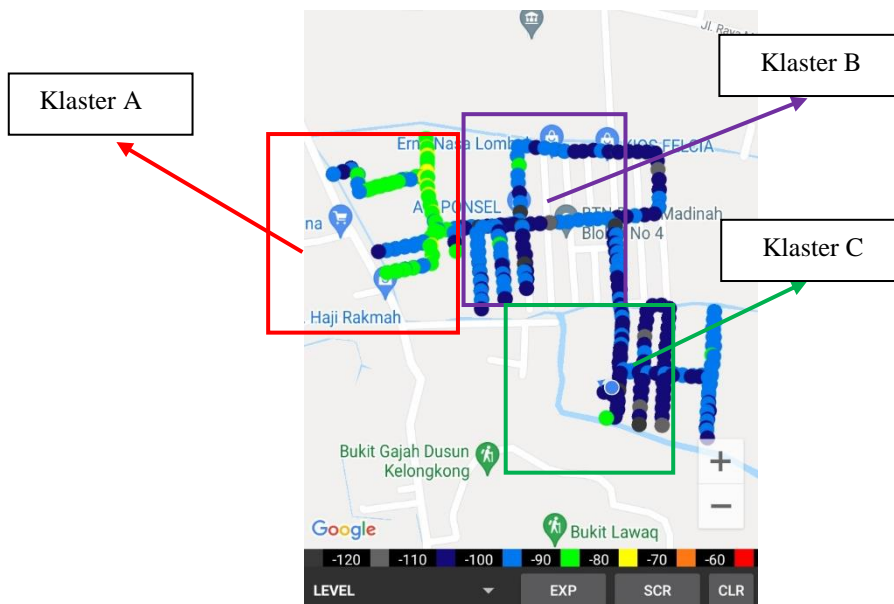
2.4. Pengukuran QoS dan Level Sinyal

Pengambilan data menggunakan G-Nettrack Pro dan Wireshark. Pertama user menghidupkan smartphone yang sudah terpasangkan SIM card provider Telkomsel dan membuka aplikasi G-Nettrack Pro yang sudah terinstal di smartphone untuk mendapatkan nilai level sinyal yang meliputi RSRP, RSRQ, dan SNR. Pengukuran menggunakan aplikasi G-Nettrack Pro dilakukan secara drive test dari titik awal hingga titik akhir yang sudah ditentukan.



Gambar 1. Skenario Pengukuran

Pada waktu yang sama laptop melakukan tethering ke jaringan internet smartphone. Pengambilan data parameters QoS yang meliputi nilai throughput, packet loss, dan delay menggunakan aplikasi Wireshark dilakukan dengan cara drive test juga akan tetapi yang membedakan pengambilan data dilakukan pada titik-titik tertentu yang sudah ditentukan. Data QoS yang didapatkan merupakan data hasil proses rekam data hasil upload dan download data ke google drive.



Gambar 2. Pembagian Cluster.

Pada penelitian ini menentukan rute yang dilakukan pada perumahan Royal Madinah dengan mengendarai sepeda motor melewati jalan setiap blok yang ada di perumahan Royal Madinah. Perumahan dibagi menjadi 3 kluster untuk memudahkan dalam pengukuran yaitu kluster A, kluster B dan kluster C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Menggunakan g-nettrack pro untuk mendapatkan nilai throughput, packet loss dan delay. Dan menggunakan wireshark menangkap paket-paket data dari provider Telkomsel yang sudah ditentukan, lalu ditampilkan di jendela hasil capture secara real time. Untuk waktu pengukuran yaitu:

- 1). Pada pagi hari pukul 07.00 Wita sampai pukul 09.00 Wita
- 2). Pada siang hari pukul 13.00 Wita sampai pukul 15.00 Wita
- 3). Pada sore hari pukul 16.00 Wita sampai pukul 18.00 Wita

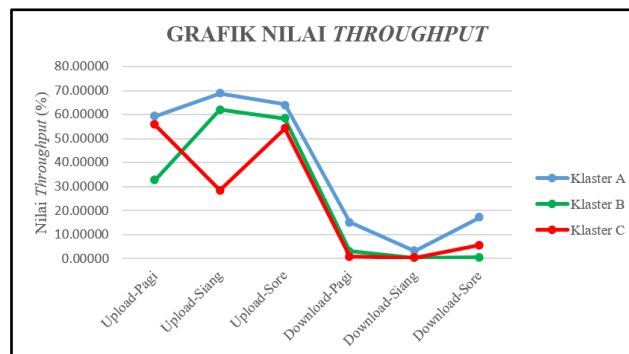
Adapun prosedur pengambilan data menggunakan G-Nettrack Pro dan Wireshark yaitu pertama user menghidupkan smartphone yang sudah terpasangkan SIM card provider Telkomsel dan membuka aplikasi G-Nettrack Pro yang sudah terinstal di smartphone. kemudian user melakukan perpindahan dari titik satu ketitik lainnya sesuai dengan titik dan jalur yang sudah ditentukan sebelumnya secara drive test untuk mengumpulkan data RSRP, RSRQ dan SNR menggunakan aplikasi G-Nettrack Pro.

Pengambilan data kedua menggunakan aplikasi wireshark, aplikasi ini sudah terinstal di laptop. untuk lokasi pengambilan data dilakukan di titik yang sudah ditentukan dengan pengambilan data menggunakan G-Nettrack Pro dilakukan dilakukan di hari dan wilayah yang sama. Smartphone dihubungkan ke laptop dengan mengaktifkan hotspot selular yang disambungkan ke laptop, disaat yang bersamaan sewaktu pengunduhan atau penguploadan data untuk mendapatkan nilai QOS yaitu nilai Throughput, Delay, dan Packet Loss yang didapatkan dari aplikasi Whireshark.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran Nilai Throughput

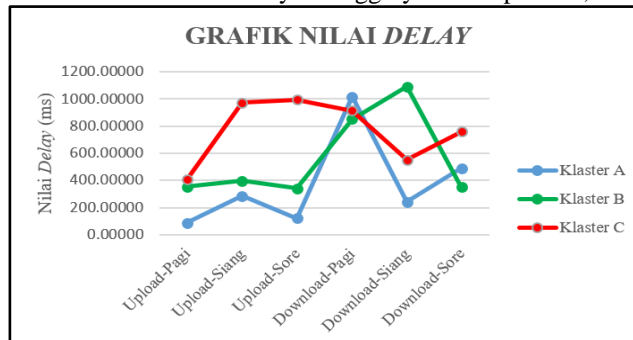
Nilai throughput rata-rata di bawah 20% untuk download di semua kluster sehingga masuk katagori nilai troughput yang buruk dengan waktu pengambilan data selama 3 minggu. Nilai delay juga sebagian besar masuk katagori sedang bahkan dibeberapa kondisi masuk ke dalam katagori buruk karena memiliki nilai delay di atas 300 ms.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Throughput

3.2. Hasil Pengukuran Nilai Delay

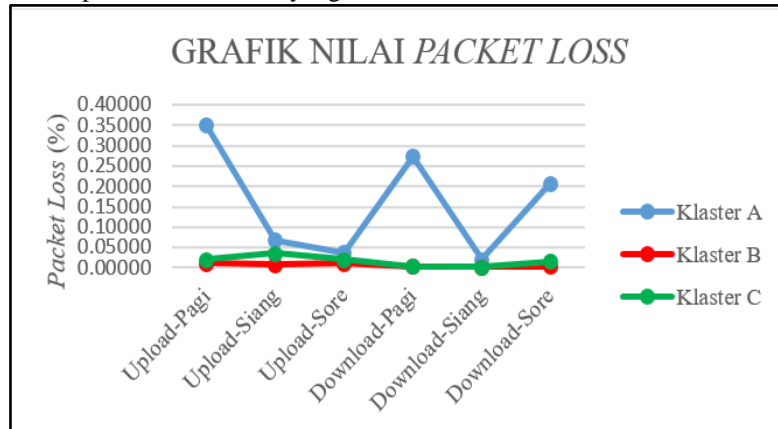
Nilai delay pada kluster C cenderung lebih tinggi daripada delay kluster A dan B dimana kluster C memiliki nilai delay rata-rata di atas 400 ms dan delay tertingginya mencapai 995,7 ms.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran Delay.

3.3. Hasil Pengukuran Nilai Packet Loss

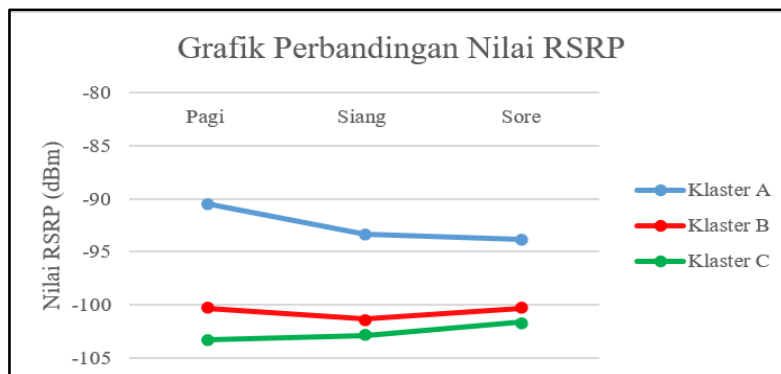
Nilai packet loss di semua kluster baik di kluster A, B maupun C masuk ke dalam katagori sangat bagus. Nilai packet loss tertinggi didapatkan di kluster A sebesar 0.35% pada proses upload di pagi hari. Adapun packet loss terendah didapatkan di kluster B yang memiliki nilai di 0,0018%.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran Packet Loss.

3.4. Hasil Pengukuran Nilai RSRP

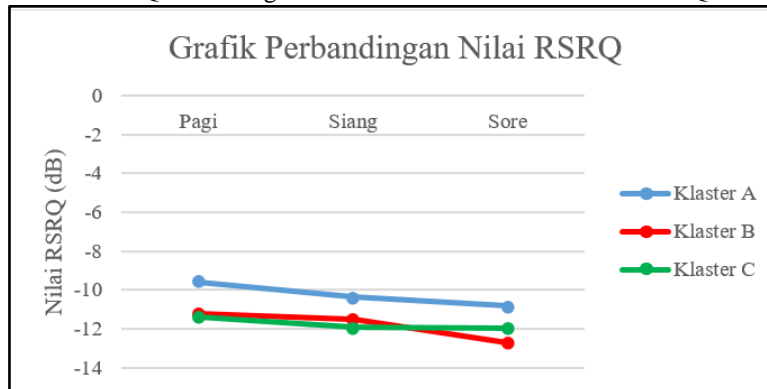
Nilai RSRP kluster A memiliki nilai RSRP paling besar yaitu di atas -95 dBm sedangkan untuk kluster B dan C memiliki nilai RSRP di bawah -100 dBm. Dari grafik bisa diketahui bahwa nilai RSRP terbaik yaitu kluster A.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai RSRP.

3.5. Hasil Pengukuran Nilai RSRQ

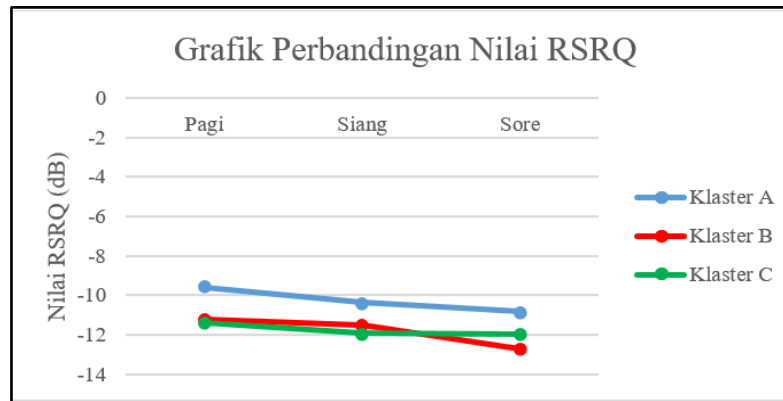
Nilai RSRQ diketahui bahwa kluster A memiliki nilai RSRQ paling besar dibandingkan nilai kluster B dan kluster C. Untuk nilai RSRQ cenderung lebih buruk di sore hari dan nilai RSRQ terbaik di pagi hari.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai RSRQ.

3.6. Hasil Pengukuran Nilai SNR

Nilai SNR diketahui bahwa klaster A memiliki nilai yang lebih tinggi daripada klaster B dan C yang memiliki nilai SNR yang di bawah 8 dB. Nilai SNR paling tinggi terdapat pada klaster A baik pagi, siang maupun sore.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai SNR.

4. KESIMPULAN

Nilai throughput rata-rata di bawah 20% untuk download di semua klaster sehingga masuk katagori nilai throughput yang buruk dengan waktu pengambilan data selama 3 minggu. Nilai delay juga sebagian besar masuk katagori sedang bahkan dibebberapa kondisi masuk ke dalam katagori buruk karena memiliki nilai delay di atas 300 ms. Nilai throughput upload cenderung lebih besar daripada download yaitu lebih dari 50 % yang masuk ke dalam katagori bagus. Sedangkan untuk throughput pada proses download rata-rata memiliki nilai di bawah 20% sehingga disemua kondisi masuk ke dalam katagori buruk.

Nilai delay pada klaster C cenderung lebih tinggi daripada delay klaster A dan B dimana klaster C memiliki nilai delay rata-rata di atas 400 ms dan delay tertingginya mencapai 995,7 ms. Dari hasil pengolahan data akhir bisa diketahui bahwa sebagian besar di semua klaster nilai delay masuk ke dalam katagori buruk. Nilai packet loss di semua klaster baik di klaster A, B maupun C masuk ke dalam katagori sangat bagus. Nilai packet loss tertinggi didapatkan di klaster A sebesar 0.35% pada proses upload di pagi hari. Adapun packet loss terendah didapatkan di klaster B yang memiliki nilai di 0,0018%.

Nilai RSRP di klaster A dan B masuk ke dalam katagori bagus dengan nilai RSRP tertinggi yaitu -90 dBm sedangkan RSRP di klaster C katagori sedang dengan nilai RSRP terendah yaitu -103 dBm. Untuk nilai RSRQ disemua klaster masuk ke dalam katagori sedang dengan nilai RSRQ tertinggi sebesar -10 dB yang didapatkan di klaster A dan untuk nilai RSRQ terendah didapatkan di klaster B sebesar -13 dB. Sedangkan untuk nilai SNR pada klaster B dan C masuk ke dalam katagori buruk sedangkan untuk SNR klaster A masuk dalam katagori sangat bagus.

5. REFERENSI

- [1] M. Saiful Bayudin *et al.*, "Pengujian Drive Test Untuk Menentukan Kualitas Layanan Jaringan 4g Lte Di Kota Lhokseumawe," *J. TEKTR0*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [2] P. Adhastian, "Teknologi Jaringan 5G Untuk Jaringan Masa Depan Menjadi Kebutuhan Manusia," *Teknol. J. Ilm. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.32493/teknologi.v2i2.7901.
- [3] Satria Turangga, Martanto, and Yudhistira Arie Wijaya, "Analisis Internet Menggunakan Paramater Quality Of Service Pada Alfamart Tuparev 70," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4693.
- [4] B. Hardiyanto, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan 4G LTE Melalui Drive Test di BBPLK Bekasi Menggunakan Aplikasi Netmonitor Cell Signal Logging," *J. Eng. Edu*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [5] F. M. Iqbal, A. F. Ikhsan, and B. Sugiarto, "Survei Parameter QoS pada Situs YouTube oleh Provider X dan Y," *J. FUSE-Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [6] P. Tiar, Y. Saragih, and U. Latifa, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Wi-Fi Untuk Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan WireShark," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 11, no. 2, 2021, doi: 10.22441/incomtech.v11i2.11000.
- [7] R. Fitriyanti, L. Lindawati, and A. Aryanti, "Analisis Perbandingan Mean Opinion Score Aplikasi VoIP Facebook Messenger dan Google Hangouts menggunakan Metode E-Model pada Jaringan LTE," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 3, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.379.
- [8] R. S. Hadikusuma, H. G. Sitindjak, and M. H. Assubhi, "ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS)

- JARINGAN PROVIDER TRI MELALUI,” *Barometer*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [9] F. Farida and A. H. Yuniarto, “Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang menggunakan Metode Drive Test,” *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.31629/sustainable.v9i1.835.
- [10] F. Karo Karo, E. S. Nugraha, and F. N. Gustiyana, “Analisis Hasil Pengukuran Performansi Jaringan 4G LTE 1800 MHz di Area Sokaraja Tengah Kota Purwokerto Menggunakan Genex Asistant Versi 3.18,” *AITI*, vol. 16, no. 2, 2020, doi: 10.24246/aiti.v16i2.115-124.
- [11] M. Badrul and Akmaludin, “Implementasi Quality of Services (Qos) Untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth,” *Prosisko Vol. 6 No. 1 Maret 2019*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [12] A. A. Tambunan and L. Lukman, “Analisis Perbandingan Quality Of Service (Qos) Pada Performa Bandwidth Jaringan Dengan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dan Per Connection Queque (Pcq).,” *Respati*, vol. 15, no. 3, 2020, doi: 10.35842/jtir.v15i3.362.
- [13] U. D. Soer and I. Nawangsih, “Analisis Kinerja Jaringan Wireless LAN Menggunakan Metode QoS Pada Pt. Anugrah argon medica ndc,” *j. Inform. Simantik*, vol. 4, no. 10, 2019.
- [14] A. Sidqi, “Quality Of Service Wireless Lan 802.11n Untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket,” *J. Informatics Commun. Technol.*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.52661/j_ict.v3i2.84.
- [15] P. R. Utami, “Analisis Perbandingan Quality Of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (Isp) Indihome Dan First Media,” *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, 2020, doi: 10.35760/tr.2020.v25i2.2723.
- [16] A. Mikola and M. Sari, “Analisis Sistem Jaringan Berbasis QoS untuk Hot-Spot Di Institut Shanti Bhuana,” *J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.46229/jifotech.v2i1.398.
- [17] E. Setiawan, L. Pagiling, and M. N. A. Nur, “Analisis Kualitas Jaringan Internet Provider Telekomunikasi Dengan Menggunakan Parameter Quality of Service (QoS) Di Kota Kendari,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.33772/jfe.v4i1.6271.
- [18] A. N. W. Wardhana, M. Yamin, and L. F. Aksara, “Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Berbasis Wireless LAN Pada Layanan Indihome,” *semanTIK*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [19] P. Rahmawati, A. Hikmaturokhman, K. Ni’amah, and M. I. Nashiruddin, “LoRaWAN Network Planning at Frequency 920-923 MHz for Electric Smart Meter: Study Case in Indonesia Industrial Estate,” *J. Commun.*, vol. 17, no. 3, 2022, doi: 10.12720/jcm.17.3.222-229.
- [20] I. Stojanović, M. Koprivica, N. Stojanović, and A. Nešković, “Analysis of the impact of network architecture on signal quality in LTE technology,” *Serbian J. Electr. Eng.*, vol. 17, no. 1, 2020, doi: 10.2298/SJEE2001095S.
- [21] M. Rameez, M. Dahl, and M. I. Pettersson, “Autoregressive Model-Based Signal Reconstruction for Automotive Radar Interference Mitigation,” *IEEE Sens. J.*, vol. 21, no. 5, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.3042061.
- [22] A. Ambarwati, R. Passarella, and Sutarno, “Segmentasi Citra Digital Menggunakan Thresholding Otsu untuk Analisa Perbandingan Deteksi Tepi,” *Annu. Res. Semin. 2016*, vol. 2, no. 1, pp. 216–226, 2016.