

Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Dengan Metode Drive Test Pada Gedung Tokong Nanas Telkom University

Hamim Maafifa Nugraha¹, Rd. Rohmat Saedudin², Muhammad Fathinuddin³
^{1,2,3}Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

E-mail: ¹hamimnugraha@student.telkomuniversity.ac.id,

²rdrohmat@telkomuniversity.ac.id,

³muhammadfathinuddin@telkomuniversity.ac.id

Abstract

The telecommunication system that is currently developing rapidly allows the public to enjoy a variety of communication and information technology telecommunication services in the form of the 4G LTE (Long Term Evolution) system. The 4G LTE network offers higher quality services and high data transmission speeds. An online presence in the business environment, campuses, schools and other institutions is urgently needed considering that this information technology has made it easier to support communication processes and infrastructure that can be implemented. This study aims to analyze the 4G LTE network at the using the drive test method. This method is a method of collecting data directly in the field to find out the actual conditions experienced by network users using certain devices. The data obtained during the drive test is in the form of 4G LTE signal strength parameters, namely RSRP (Reference Signal Received Power), RSRQ (Received Signal Reference Quality) and SNR (Signal to Noise Ratio). Based on the research results, it can be concluded that the signal strength on the RSRP parameter with a signal range above -90 dBm is on the 4th floor with a percentage of 87.17% in a good category. Meanwhile, the RSRQ parameter with a signal range above -7 dB is on the 3rd floor with a percentage of 1.11% in a good category and the SNR parameter with a signal range above 11 dB is on the 3rd floor with a percentage of 11.11% in a good category.

Keyword: Drive Test, G-NetTrack Pro, RSRP, RSRQ, SNR

Abstrak

Sistem telekomunikasi yang berkembang saat ini membuat masyarakat bisa menikmati berbagai teknologi komunikasi dan layanan telekomunikasi berupa sistem 4G LTE (Long Term Evolution). Jaringan 4G LTE menawarkan layanan yang lebih berkualitas serta kecepatan transmisi data yang tinggi. Kehadiran daring pada lingkungan bisnis, kampus, sekolah dan instansi lainnya sangat dibutuhkan mengingat teknologi informasi ini telah mempermudah untuk mendukung proses komunikasi dan infrastruktur yang dapat diimplementasikan. Penelitian ini bertujuan menganalisa jaringan 4G LTE pada Gedung Tokong Nanas dengan metode drive test. Metode ini merupakan metode pengumpulan data di lapangan untuk mengetahui kondisi yang dialami oleh pengguna jaringan dengan menggunakan perangkat tertentu. Data diperoleh saat drive test berupa parameter kuat sinyal 4G LTE yaitu RSRP (Reference Signal Received Power), RSRQ (Received Signal Reference Quality) dan SNR (Signal to Noise Ratio). Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan kuat sinyal pada parameter RSRP dengan range sinyal diatas -90 dBm berada pada lantai 4 dengan persentase di angka 87,17% dengan kategori bagus. Sedangkan pada parameter RSRQ dengan range sinyal diatas -7 dB berada pada lantai 3 dengan persentase di angka 1,11% dengan kategori bagus dan pada parameter SNR dengan range sinyal diatas 11 dB berada pada lantai 3 dengan persentase di angka 11,11% dengan kategori bagus.

Kata Kunci: Drive Test, G-NetTrack Pro, RSRP, RSRQ, SNR

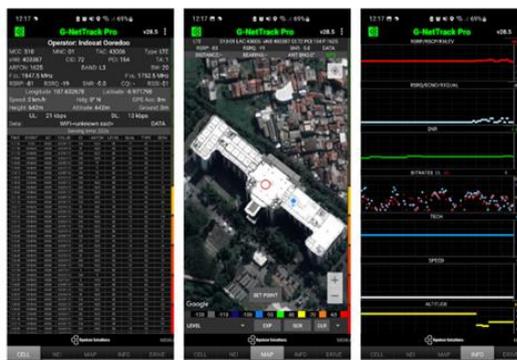
1. Pendahuluan

Pada era globalisasi, kualitas jaringan yang baik menjadi sangat penting bagi para pengguna jaringan komunikasi, khususnya jaringan radio bergerak. Salah satu fitur jaringan yang sangat diminati pelanggan adalah kualitas jaringan internal. Biasanya kualitas jaringan di dalam ruangan tidak sebaik di luar [1]. Alasannya, dalam gedung dengan banyak ruangan, jangkauan jaringan luar ruangan tidak bisa mencakup semua ruangan [2].

Sistem telekomunikasi yang berkembang pesat saat ini membuat masyarakat dapat menikmati berbagai teknologi komunikasi dan informasi layanan telekomunikasi berupa sistem 4G *Long Term Evolution* (LTE). Dibandingkan dengan teknologi sebelumnya (3G), jaringan 4G LTE menawarkan layanan yang lebih berkualitas serta kecepatan transmisi data yang tinggi. LTE atau *Long-Term Evolution* memiliki arsitektur yang dikenal dengan *System Architecture Evolution* (SAE). SAE merupakan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. LTE mengadopsi teknologi *Evolved Packet System* (EPS) yang terdiri dari tiga komponen penting, yaitu *User Equipment* (UE), *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), dan *Evolved Packet Core* (EPC). Arsitektur SAE dirancang untuk menyederhanakan jaringan LTE dan membangun arsitektur yang datar seperti jaringan komunikasi berbasis IP lainnya [3].

Sistem komunikasi yang mengumpulkan informasi real-time dari Internet telah menjadi salah satu hal yang paling populer saat ini. Untuk mendukung layanan pertukaran informasi secara real time di era teknologi informasi diperlukan teknologi jaringan yang handal. Permasalahannya, sering terjadi kualitas jaringan yang dimiliki oleh suatu instansi atau suatu organisasi tidak mendukung atau lebih buruk dari standar kualitas layanan yang dipersyaratkan oleh badan standar internasional. Sehingga, meskipun kualitas jaringan telekomunikasi yang disiapkan oleh provider besar sudah sangat bagus dan canggih, layanan berbasis internet yang diterima user ketika mengakses jaringan melalui jaringan lokal yang ada di institusi atau organisasi dirasakan masih buruk. Hal ini menjadi menarik untuk diukur dan diverifikasi seberapa bagus kualitas layanan yang disiapkan oleh organisasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi jaringan 4G LTE pada Gedung Tokong Nanas dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro. Performansi jaringan 4G LTE dalam penelitian ini dievaluasi menggunakan metode walk test indoor (drive test) dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro. Penelitian ini melibatkan pengukuran kekuatan sinyal berdasarkan RSRP, RSRQ, dan SNR menggunakan aplikasi tersebut. G-NetTrack merupakan aplikasi monitor jaringan non kabel untuk perangkat Android. Aplikasi ini memungkinkan pemantauan dan pencatatan parameter jaringan seluler tanpa menggunakan peralatan khusus [4]. Untuk informasi lebih rinci tentang G-Nettrack Pro, berikut merupakan tampilan dari aplikasi G-NetTrack.



Gambar 1. Tampilan G-NetTrack Pro

Dengan memakai aplikasi ini, dapat diketahui kekuatan sinyal, apakah RSRP, RSRQ dan SNR sudah bagus atau belum pada daerah yang terjadi propagasi, seperti refleksi, difraksi dan scattering. Jarak dari Base Transceiver Station (BTS) juga menjadi faktor yang menyebabkan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat menjadi lemah.

2. Metodologi Penelitian

2.1. 4G LTE

Perkembangan pesat sistem komunikasi saat ini memungkinkan masyarakat untuk menikmati beragam teknologi komunikasi dan informasi. Hal ini mencakup berbagai bentuk telekomunikasi seperti sambungan telepon rumah, telepon seluler, dan Internet, yang telah menjadi topik menarik untuk dibahas. Salah satu teknologi yang sangat menonjol adalah Sistem 4G LTE (Long Term Evolution). Jaringan 4G LTE menawarkan layanan yang unggul dibandingkan dengan teknologi sebelumnya, seperti 3G, karena memiliki kecepatan transmisi data yang tinggi dan kinerja yang lebih baik secara keseluruhan [3].

Kecepatan 4G memberikan pengguna pengalaman yang lebih baik dengan buffering yang lebih sedikit, sehingga menjadi pilihan yang ideal bagi pengguna yang memanfaatkan banyak fitur yang ditawarkan oleh smartphone saat ini. Terdapat dua standar jaringan 4G yang dikomersialkan di dunia, yaitu standar WiMax yang berasal dari Korea Selatan dan standar LTE yang berasal dari Swedia [5]. Salah satu contoh pengaplikasiannya terdapat pada gedung bertingkat, dimana terdapat banyak ruangan. Gedung-gedung semacam ini berisiko mengalami pelemahan sinyal jaringan akibat beberapa faktor salah satunya adalah redaman bangunan (losses building). Saat ini, sistem komunikasi seluler telah mencapai generasi keempat, dikenal sebagai 4G LTE. Dengan menggunakan jaringan LTE, data dapat ditransfer dengan kecepatan mencapai 1 Giga byte per second (Gbps), baik ketika berada didalam ruangan atau di tempat terbuka [6].

2.2. Pengukuran Performansi LTE

Optimasi jaringan adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk meningkatkan performansi kinerja jaringan seluler dengan tujuan untuk mendapatkan kualitas jaringan terbaik dengan menggunakan data yang tersedia. Dalam melakukan optimasi jaringan, beberapa metode yang digunakan antara lain Physical Tuning, swap antena, dan drive test [7]. Dalam melakukan pengukuran performansi LTE perlu untuk memperhatikan beberapa aspek. Diantaranya adalah:

- a) Network Key Performance Indicator (KPI), Key Performance Indicator atau KPI adalah nilai indikator performansi yang digunakan untuk mengevaluasi bagus atau tidaknya suatu jaringan [8].
- b) Pengalaman yang dirasakan pengguna, merupakan hal-hal yang dialami pelanggan secara langsung, seperti masa penggunaan baterai, kecepatan data saat mengunduh dan mengunggah.

Semua tindakan pengoptimalan terkait dengan KPI yang telah ditentukan sebelumnya. Sasaran KPI ditetapkan berdasarkan kriteria desain jaringan. Pada setiap tahap pengoptimalan jaringan, KPI yang berbeda digunakan untuk layanan Radio Frequency (RF) dan kinerjanya [6].

2.3. RSRP

RSRP dapat diartikan sebagai nilai rata-rata daya yang didistribusikan pada elemen sumber daya yang membawa sinyal referensi dalam rentang bandwidth frekuensi yang sedang digunakan. Tujuannya adalah memberikan informasi kepada User Equipment (UE) tentang kekuatan sinyal di satu sel berdasarkan perhitungan kehilangan sinyal (path loss). RSRP memainkan peran penting dalam proses handover dan seleksi-ulang sel dalam sistem komunikasi seluler [3].

Tabel 1. KPI Nilai Parameter RSRP

Kategori	Range Nilai RSRP (dBm)
Sangat Bagus	$(-80) \leq x$
Bagus	$(-90) \leq x < (-80)$
Normal	$(-100) \leq x < (-90)$
Buruk	$(-110) \leq x < (-100)$
Sangat Buruk	$(-110) < x$

2.4. RSRQ

RSRQ berkaitan erat dengan RSRP dan Received Signal Strength Indication (RSSI) adalah ukuran daya bandwidth yang mencakup kekuatan sel yang melayani, kebisingan, dan kekuatan interferensi. RSRQ didefinisikan sebagai rasio an-tara kekuatan kebisingan (N) terhadap RSRP dalam RSSI [9]. RSRQ diukur dalam satuan dB dan selalu memiliki nilai negatif karena RSSI selalu lebih besar daripada N x RSRP. RSRQ digunakan untuk memeringkat performa kandidat sel dalam proses seleksi-ulang sel dan handover berdasarkan kualitas sinyal yang diterima. [10].

Tabel 2. KPI Nilai Parameter RSRQ

Kategori	Range Nilai RSRQ (dB)
Sangat Bagus	$(-1) \leq x$
Bagus	$(-7) \leq x < (-2)$
Normal	$(-14) \leq x < (-8)$
Buruk	$(-20) \leq x < (-15)$
Sangat Buruk	$x < (-20)$

2.5. SNR

SNR adalah perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan dengan daya sinyal yang tidak diinginkan (noise) pada suatu titik pengukuran. SNR mengindikasikan kualitas sinyal informasi yang diterima dalam sistem transmisi. Selain itu, SNR juga menentukan ambang batas sinyal analog yang masih dapat diterima. Semakin tinggi nilai SNR, maka semakin baik kualitas sinyal yang diterima [11].

Tabel 3. KPI Nilai Parameter SNR

Kategori	Range Nilai SNR (dB)
Sangat Bagus	$20 < x$
Bagus	$(20) \leq x < (11)$
Normal	$(10) \leq x < (0)$
Buruk	$(0) \leq x < (-5)$
Sangat Buruk	$x < (-5)$

2.6. Drive Test

Drive test adalah suatu cara untuk mengumpulkan data secara langsung di lapangan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi aktual yang dialami oleh pengguna jaringan. Pengumpulan data ini menggunakan perangkat khusus. Metode drive test digunakan untuk menghasilkan persentase net success rate atau net yield di suatu daerah tertentu. Drive test harus dilengkapi dengan peta digital, GPS dan software yang digunakan untuk drive test [12]. Drive test dapat dilakukan ketika terdapat masalah dengan pemancar atau sebagai bagian dari tes rutin. Informasi yang diperoleh selama drive test meliputi jangkauan sinyal, kualitas layanan, dan kecepatan unduh (download) [13].

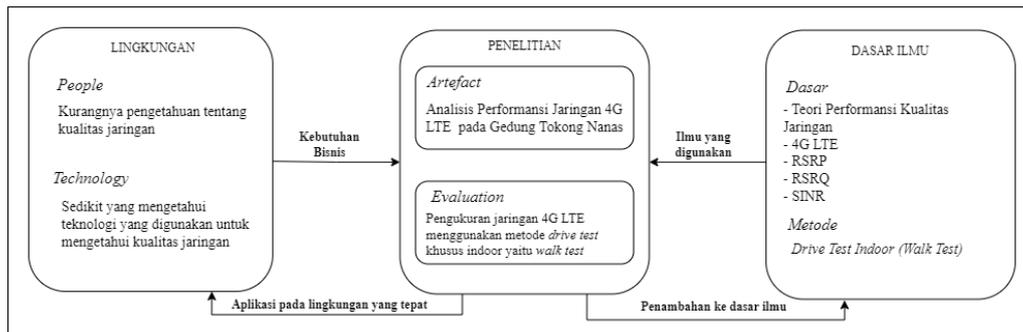
Tabel 4. KPI

Teknologi	KPI
4G	RSRP <i>idle</i> (dBm)

Teknologi	KPI
	RSRQ <i>idle</i> (dB)
	SNR <i>idle</i> (dB)

2.7. Pengembangan Model Konseptual

Model konseptual merupakan gambaran kerangka penelitian yang membahas hubungan antara pengetahuan yang ada untuk merumuskan masalah dan memberikan solusi dari masalah dalam penelitian. Penelitian ini menggunakan acuan model konseptual yang diperoleh dari penelitian Hevner [14]. Model konseptual yang digunakan dalam penelitian ini se-bagai berikut:

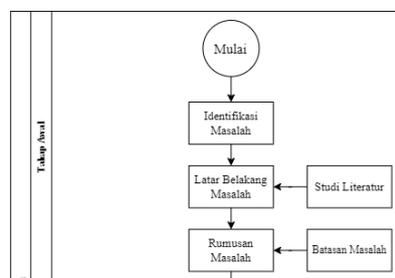


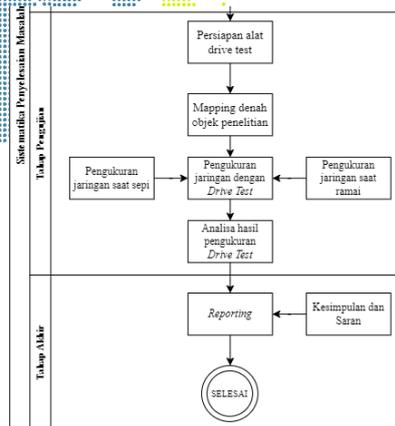
Gambar 2. Model Konseptual Penyelesaian

Gambar 2 Penelitian ini memiliki model konseptual yang terbagi menjadi 3 bagian: lingkungan, penelitian, dan dasar ilmu. Lingkungan mencakup entitas "people" yang memiliki pengetahuan terbatas tentang kualitas jaringan. Untuk menga-tasi masalah tersebut, mereka memerlukan teknologi untuk mengukur jaringan, salah satunya adalah dengan menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro yang tersedia di Playstore. Dalam penelitian ini, terdapat dua entitas, yaitu "build" dan "evaluation". Bagian "build" berisi tentang artefak yang digunakan untuk mengukur kualitas jaringan. 4G LTE di Gedung Tokong Nanas, yang menjadi objek penelitian. Setelah itu, akan dilakukan evaluasi terhadap penelitian ini. Dasar ilmu yang digunakan dalam penelitian mencakup 4G LTE, RSRP, RSRQ, SNR, dan drive test sebagai landasan teori.

2.8. Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika penyelesaian masalah penelitian adalah tahapan terstruktur yang digunakan dalam melakukan penelitian. Ini berfungsi sebagai panduan untuk memecahkan masalah yang telah direncanakan dalam penelitian tersebut. Sistemati-ka penyelesaian masalah dapat dilihat pada gambar 3 berikut.





Gambar 3. Sistematika Penyelesaian Masalah

2.9. Pengumpulan Data

Penelitian ini berfokus pada rencana pengambilan data dan metode pengumpulan dengan menggunakan drive test. Metode ini akan menghasilkan data primer dalam bentuk kuantitatif. Berikut merupakan alat-alat yang yang digunakan pada saat penelitian:

1. Software G-NetTrack Pro yang terinstall pada smartphone
2. Smartphone untuk pengukuran performa 4G LTE
3. Laptop untuk pengolahan data

Untuk langkah-langkah pengukuran performansi 4G LTE dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Membuka aplikasi G-NetTrack Pro yang sudah terinstall di smartphone kemudian menentukan lokasi dari tempat yang akan diukur jaringannya menggunakan drive test indoor atau disebut walk test dengan cara load floor plan
- 2) Setelah lokasi sudah ditentukan, lakukan start log untuk memulai pengukuran. Pilih RF yang akan diukur, antara RSRP, RSRQ, atau SNR.
- 3) Langkah berikutnya melakukan walk test dengan cara memberikan set point secara manual pada lokasi yang sudah ditentukan lalu lakukan pengukuran dengan berjalan sesuai dengan daerah yang sudah ditentukan
- 4) Setelah melakukan pengukuran, end log untuk menghentikan pengukuran dan hasil dari pengukuran akan otomatis tersimpan ke dalam folder berformat .txt pada aplikasi G-NetTrack Pro.

2.10. Pengolahan Data

Pengolahan data adalah proses manipulasi, analisis, dan penggunaan data untuk menghasilkan informasi yang berguna. Ini dapat dilakukan secara manual atau menggunakan komputer. Pengolahan data bisa diartikan pengelompokan dan perhitungan jumlah data. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan data hasil pengukuran ke dalam satu tempat atau folder. Data diolah menggunakan Microsoft Excel untuk menggabungkan hasil pengukuran (RSRP, RSRQ, SNR), dan kemudian hasilnya dianalisis sesuai dengan KPI masing-masing.

2.11. Metode Evaluasi

Metode evaluasi yang digunakan oleh peneliti adalah metode evaluasi formatif. Metode evaluasi formatif membantu peneliti untuk mengembangkan dan menyempurnakan konsep, hipotesis atau teknik penelitian yang sedang dilakukan. Evaluasi penelitian formatif juga dapat membantu peneliti untuk menilai keberhasilan metode penelitian yang digunakan dan melakukan perubahan atau penyesuaian jika

diperlukan. Evaluasi formatif dan sumatif adalah dua jenis evaluasi yang dapat dibedakan secara umum [15].

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan metode drive test menggunakan aplikasi G-NetTrack Pro mengukur 3 parameter jaringan 4G LTE yaitu RSRP, RSRQ dan SNR. Penelitian ini dilakukan pada lantai 3, lantai 4, lantai 5, lantai 6 dan lantai 7. Penelitian ini dilakukan dengan dua kondisi yang berbeda yang bisa mempengaruhi kekuatan sinyal yang diterima. Kondisi pertama pada saat ada kegiatan perkuliahan sedang berlangsung, kondisi kedua pada saat tidak ada kegiatan perkuliahan sama sekali. Setelah dilakukan penelitian, ternyata hasil dari pengukuran mendekati sama.

1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatortname	NetworkTech	NetworkMode	RSRP	RSRQ	SNR
2	2023.06.10_10.48.25	10.763.008.810.579.700	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	0.0
3	2023.06.10_10.48.26	10.763.007.976.942.500	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	0.0
4	2023.06.10_10.48.27	10.763.007.143.305.400	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-78	-16	0.0
5	2023.06.10_10.48.28	10.763.006.309.668.200	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-78	-16	0.0
6	2023.06.10_10.48.29	10.763.005.476.031.000	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-17	0.0
7	2023.06.10_10.48.30	10.763.004.642.393.800	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-17	0.0
8	2023.06.10_10.48.31	10.763.003.808.756.600	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-17	0.0
9	2023.06.10_10.48.32	10.763.002.975.119.400	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	-1.0
10	2023.06.10_10.48.33	107.630.021.414.823	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-78	-15	-1.0
11	2023.06.10_10.48.34	10.763.001.307.845.100	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-78	-15	-1.0
12	2023.06.10_10.48.35	10.763.000.474.207.900	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-15	-1.0
13	2023.06.10_10.48.36	10.762.999.640.570.700	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-15	0.0
14	2023.06.10_10.48.37	10.762.998.806.933.500	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	0.0
15	2023.06.10_10.48.38	10.762.997.973.296.300	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	0.0
16	2023.06.10_10.48.39	10.762.997.139.659.100	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-79	-14	0.0
17	2023.06.10_10.48.40	10.762.996.306.022.000	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-79	-14	0.0
18	2023.06.10_10.48.41	10.762.995.472.384.800	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-79	-14	0.0
19	2023.06.10_10.48.42	1.076.299.463.874.760	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-79	-14	0.0
20	2023.06.10_10.48.43	10.762.993.805.110.400	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-86	-15	0.0
21	2023.06.10_10.48.44	1.076.299.297.147.320	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-86	-15	0.0
22	2023.06.10_10.48.45	10.762.992.137.836.000	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-86	-15	0.0

Gambar 4. Hasil Pengukuran Lantai 3

Pengukuran performansi jaringan 4G LTE pada lantai 3 membutuhkan waktu selama 6 menit dan mendapatkan hasil sebanyak 360 data.

1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatortname	NetworkTech	NetworkMode	RSRP	RSRQ	SNR
2	2023.06.10_10.41.09	10.763.015.415.519.400	-6.973.169.724.170.580	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-13	-3.0
3	2023.06.10_10.41.10	10.763.014.582.724.400	-6.973.169.708.869.610	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-13	-3.0
4	2023.06.10_10.41.11	10.763.013.749.929.300	-6.973.169.708.869.610	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	-3.0
5	2023.06.10_10.41.12	10.763.012.917.134.200	-6.973.169.678.287.660	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	-3.0
6	2023.06.10_10.41.13	10.763.012.084.339.100	-6.973.169.652.956.690	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	-3.0
7	2023.06.10_10.41.14	1.076.301.125.154.410	-6.973.169.647.665.720	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	-3.0
8	2023.06.10_10.41.15	10.763.010.418.749.000	-6.973.169.632.364.750	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-14	-2.0
9	2023.06.10_10.41.16	10.763.009.585.953.900	-6.973.169.617.063.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-14	-2.0
10	2023.06.10_10.41.17	10.763.008.753.158.900	-69.731.696.017.628.100	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	-2.0
11	2023.06.10_10.41.18	10.763.007.920.363.800	-6.973.169.558.646.184	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	-2.0
12	2023.06.10_10.41.19	10.763.007.087.568.700	-6.973.169.571.160.860	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	-2.0
13	2023.06.10_10.41.20	10.763.006.254.773.700	-6.973.169.555.859.890	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	-2.0
14	2023.06.10_10.41.21	10.763.005.421.978.600	-6.973.169.540.558.920	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-18	-2.0
15	2023.06.10_10.41.22	10.763.004.589.183.500	-6.973.169.525.257.950	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-18	-2.0
16	2023.06.10_10.41.23	10.763.003.756.388.500	-6.973.169.509.956.980	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-14	-2.0
17	2023.06.10_10.41.24	10.763.002.923.593.400	-6.973.169.494.656.010	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-14	-2.0
18	2023.06.10_10.41.25	10.763.002.090.798.300	-69.731.694.793.550.400	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-14	-2.0
19	2023.06.10_10.41.26	10.763.001.258.003.300	-6.973.169.464.054.060	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-14	0.0
20	2023.06.10_10.41.27	10.763.000.425.208.200	-6.973.169.448.793.090	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-17	0.0
21	2023.06.10_10.41.28	10.762.999.592.413.100	-6.973.169.433.452.120	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-17	0.0
22	2023.06.10_10.41.29	10.762.998.759.618.000	-6.973.169.418.151.150	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	0.0

Gambar 5. Hasil Pengukuran Lantai 4

Pengukuran performansi jaringan 4G LTE pada lantai 4 membutuhkan waktu selama 6 menit dan mendapatkan hasil sebanyak 343 data.

1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatortname	NetworkTech	NetworkMode	Level	Qual	SNR
2	2023.06.10_10.34.27	10.763.008.944.690.200	-6.973.165.065.024.780	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-74	-11	-1.0
3	2023.06.10_10.34.28	10.763.008.141.663.000	-6.973.165.036.615.350	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-74	-11	-1.0
4	2023.06.10_10.34.29	10.763.007.338.635.800	-6.973.165.008.205.920	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	-1.0
5	2023.06.10_10.34.30	10.763.006.535.608.500	-6.973.164.979.796.500	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	0.0
6	2023.06.10_10.34.31	10.763.005.732.581.300	-6.973.164.951.387.070	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	0.0
7	2023.06.10_10.34.32	10.763.004.929.554.100	-6.973.164.922.977.650	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-75	-14	0.0
8	2023.06.10_10.34.33	10.763.004.126.526.900	-6.973.164.894.568.220	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-16	0.0
9	2023.06.10_10.34.34	1.076.300.332.349.970	-69.731.648.661.588	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-16	0.0
10	2023.06.10_10.34.35	10.763.002.520.472.500	-69.731.648.377.493.700	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-13	0.0
11	2023.06.10_10.34.36	10.763.001.717.445.300	-6.973.164.809.359.940	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-13	0.0
12	2023.06.10_10.34.37	10.763.000.914.418.100	-69.731.647.899.305.200	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	0.0
13	2023.06.10_10.34.38	10.763.000.111.390.900	-6.973.164.752.521.090	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-77	-15	0.0
14	2023.06.10_10.34.39	10.762.999.308.363.600	-6.973.164.724.111.670	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-83	-16	1.0
15	2023.06.10_10.34.40	10.762.998.505.336.400	-6.973.164.695.702.240	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-83	-16	1.0
16	2023.06.10_10.34.41	1.076.299.770.230.920	-69.731.646.729.282	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-87	-20	0.0
17	2023.06.10_10.34.42	1.076.299.689.928.200	-6.973.164.638.883.390	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-87	-20	0.0
18	2023.06.10_10.34.43	1.076.299.609.625.480	-6.973.164.610.473.960	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-20	-2.0
19	2023.06.10_10.34.44	10.762.995.293.227.600	-6.973.164.582.064.540	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-20	-2.0
20	2023.06.10_10.34.45	10.762.994.490.200.400	-6.973.164.553.655.110	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-93	-20	-4.0
21	2023.06.10_10.34.46	10.762.993.687.173.200	-6.973.164.525.245.690	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-93	-20	-6.0
22	2023.06.10_10.34.47	10.762.992.884.146.000	-6.973.164.498.836.260	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-80	-14	-6.0

Gambar 6. Hasil Pengukuran Lantai 5

Pengukuran performansi jaringan 4G LTE pada lantai 5 membutuhkan waktu selama 6 menit dan mendapatkan hasil sebanyak 328 data

1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatormame	NetworkTech	NetworkMode	Level	Qual	SNR
2	2023.06.10.10.27.39	10.763.009.380.549.100	-6.973.169.391.374.450	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-71	-15	-3.0
3	2023.06.10.10.27.40	10.763.008.355.337.600	-6.973.169.427.774.020	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-17	-2.0
4	2023.06.10.10.27.41	10.763.007.330.126.100	-6.973.169.464.173.600	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-76	-17	-2.0
5	2023.06.10.10.27.42	10.763.006.304.914.500	-6.973.169.500.573.180	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-78	-16	-2.0
6	2023.06.10.10.27.43	10.763.005.279.703.000	-6.973.169.536.972.750	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-78	-16	-3.0
7	2023.06.10.10.27.44	10.763.004.254.491.500	-6.973.169.573.372.330	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-84	-18	-3.0
8	2023.06.10.10.27.45	10.763.003.229.280.000	-6.973.169.606.977.191	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-84	-18	-3.0
9	2023.06.10.10.27.46	10.763.002.204.068.400	-6.973.169.646.171.480	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-86	-16	-4.0
10	2023.06.10.10.27.47	10.763.001.178.856.900	-6.973.169.682.571.060	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-86	-16	-4.0
11	2023.06.10.10.27.48	10.763.000.153.645.400	-6.973.169.718.970.630	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-17	-4.0
12	2023.06.10.10.27.49	10.762.999.128.433.800	-6.973.169.753.370.210	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-17	-5.0
13	2023.06.10.10.27.50	10.762.998.103.222.300	-6.973.169.791.769.790	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-92	-20	-5.0
14	2023.06.10.10.27.51	10.762.997.078.010.800	-6.973.169.828.169.360	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-92	-20	-5.0
15	2023.06.10.10.27.52	10.762.996.052.799.200	-6.973.169.864.568.940	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-93	-20	-7.0
16	2023.06.10.10.27.53	10.762.995.027.587.700	-6.973.169.900.968.510	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-93	-20	-7.0
17	2023.06.10.10.27.54	10.762.994.002.376.200	-6.973.169.937.368.090	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-95	-20	-7.0
18	2023.06.10.10.27.55	10.762.992.977.164.600	-6.973.169.973.767.670	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-95	-20	-7.0
19	2023.06.10.10.27.56	10.762.991.951.953.100	-6.973.170.010.167.240	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-96	-20	-7.0
20	2023.06.10.10.27.57	10.762.990.926.741.600	-6.973.170.046.566.820	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-96	-20	-7.0
21	2023.06.10.10.27.58	10.762.989.901.530.000	-6.973.170.082.664	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-91	-18	-7.0
22	2023.06.10.10.27.59	10.762.988.876.318.500	-6.973.170.119.365.970	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-91	-18	-7.0

Gambar 7. Hasil Pengukuran Lantai 6

Pengukuran performansi jaringan 4G LTE pada lantai 6 membutuhkan waktu selama 6 menit dan mendapatkan hasil sebanyak 282 data.

1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatormame	NetworkTech	NetworkMode	Level	Qual	SNR
2	2023.06.10.09.58.54	10.763.009.313.493.900	-6.972.344.040.562.526.300	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-86	-17	-8.0
3	2023.06.10.09.58.55	10.763.009.127.695.100	-6.972.344.181.051.390	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
4	2023.06.10.09.58.56	1.076.300.894.189.620	-6.972.344.305.850.160	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
5	2023.06.10.09.58.57	10.763.008.756.097.400	-6.972.344.430.648.930	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-20	-8.0
6	2023.06.10.09.58.58	10.763.008.570.298.500	-6.972.344.555.447.700	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-20	-8.0
7	2023.06.10.09.58.59	10.763.008.384.499.600	-6.972.344.680.246.460	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-20	-8.0
8	2023.06.10.09.59.00	10.763.008.198.700.800	-6.972.344.805.452.300	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-20	-8.0
9	2023.06.10.09.59.01	10.763.008.012.901.900	-6.972.344.929.844.000	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
10	2023.06.10.09.59.02	10.763.007.827.103.100	-6.972.344.505.464.277	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
11	2023.06.10.09.59.03	10.763.007.641.304.200	-6.972.345.179.441.530	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
12	2023.06.10.09.59.04	1.076.300.745.550.540	-6.972.345.304.240.300	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
13	2023.06.10.09.59.05	10.763.007.269.706.500	-6.972.345.429.039.070	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-92	-20	-8.0
14	2023.06.10.09.59.06	10.763.007.083.907.700	-6.972.345.553.837.630	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-89	-20	-8.0
15	2023.06.10.09.59.07	1.076.300.689.810.880	-6.972.345.678.636.600	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-92	-20	-8.0
16	2023.06.10.09.59.08	10.763.006.712.310.000	-6.972.345.803.435.370	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-18	-8.0
17	2023.06.10.09.59.09	10.763.006.526.511.100	-6.972.345.928.234.140	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-90	-18	-7.0
18	2023.06.10.09.59.10	10.763.006.340.712.300	-6.972.346.053.032.900	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-99	-20	-7.0
19	2023.06.10.09.59.11	10.763.006.154.513.400	-6.972.346.177.831.470	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-91	-20	-8.0
20	2023.06.10.09.59.12	10.763.005.969.114.600	-6.972.346.302.630.440	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-88	-19	-8.0
21	2023.06.10.09.59.13	10.763.005.783.315.700	-6.972.346.424.742.921	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-88	-19	-8.0
22	2023.06.10.09.59.14	10.763.005.597.516.800	-6.972.346.552.227.970	Indosat_Ooredoo	4G	LTE	-85	-20	-8.0

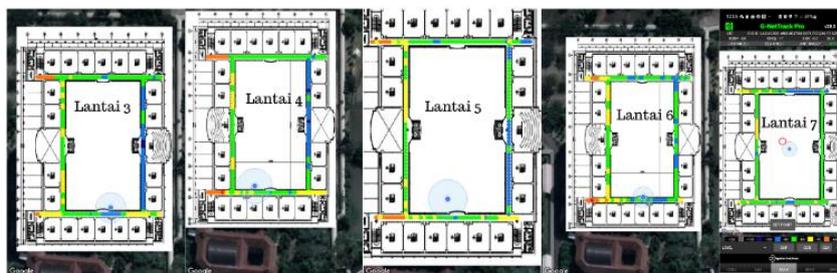
Gambar 8. Hasil Pengukuran Lantai 7

Pengukuran performansi jaringan 4G LTE pada lantai 7 membutuhkan waktu selama 6 menit dan mendapatkan hasil sebanyak 318 data.

Hasil dari pengukuran performansi jaringan 4G LTE selanjutnya akan dianalisis sesuai dengan KPI masing-masing pa-rameter. Analisa dari hasil pengukuran ke-5 lantai dijadikan satu sesuai dengan parameter masing-masing. Analisis dari masing-masing parameter dapat dijabarkan sebagai berikut.

a) Paramater RSRP

Berikut merupakan hasil dari pengukuran parameter RSRP pada Gedung Tokong Nanas.



Gambar 9. Hasil Pengukuran RSRP

Dari gambar 9 diatas bisa dilihat lebih dominan titik berwarna hijau dan titik berwarna hijau dan kuning. Untuk penjelasan lebih lanjut tentang warna dari titik pada gambar 4 diatas dapat dirincikan dalam Tabel 5 berikut.

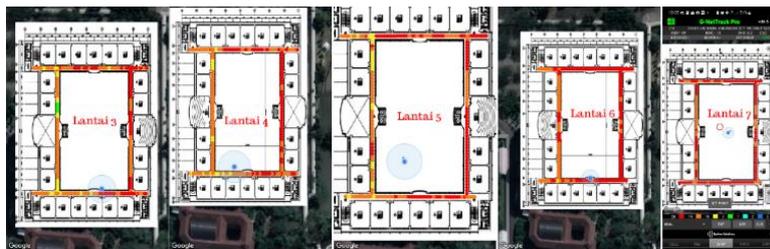
Tabel 5. Hasil Pengukuran RSRP

Hasil Pengukuran RSRP					
Range (dBm)	Lantai yang digunakan penelitian				
	3	4	5	6	7
-80 to 0	113	148	122	85	57
-90 to -81	180	151	152	144	212
-100 to -91	64	42	54	53	49
-110 to -101	3	2	0	0	0
-140 to -111	0	0	0	0	0
≥-90	293	299	274	229	269
Total	360	343	328	282	318

Berdasarkan Tabel 5, dapat dijelaskan bahwa hasil pengukuran parameter RSRP ke-5 lantai Gedung Tokong Nanas dapat dikatakan berada dalam kategori bagus untuk range kekuatan sinyal antara -81 dBm s/d -90 dBm.

b) Parameter RSRQ

Berikut merupakan hasil dari pengukuran parameter RSRP pada Gedung Tokong Nanas.



Gambar 10. Hasil Pengukuran RSRQ

Dari gambar 10 bisa dilihat lebih dominan titik berwarna merah dan berwarna kuning. Untuk penjelasan lebih rinci mengenai warna pada gambar 5 dapat dirincikan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Pengukuran RSRQ

Hasil Pengukuran RSRQ					
Range (dB)	Lantai yang digunakan penelitian				
	3	4	5	6	7
-1 to 5	0	0	0	0	0
-7 to -2	4	0	0	0	0
-14 to -8	241	252	189	97	90
-20 to -15	115	91	139	185	228
> -20	0	0	0	0	0
≥ -7	245	30	34	2	0
Total	360	343	328	282	318

Berdasarkan Tabel 6, dapat dijelaskan bahwa hasil pengukuran parameter RSRQ pada k-5 lantai Gedung Tokong Nanas berada pada kategori normal s/d buruk pada range kekuatan sinyal diantara -8 dB s/d -20 dB.

c) Parameter SNR

Berikut merupakan hasil dari pengukuran parameter SNR pada Gedung Tokong Nanas.



Gambar 11. Hasil Pengukuran SNR

Dari gambar 11 bisa dilihat lebih dominant titik berwarna oranye dan merah. Untuk penjelasan lebih rinci mengenai warna pada gambar 6 dapat dirincikan dalam Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Pengukuran SNR

Hasil Pengukuran SNR						
Range (dB)	Lantai yang digunakan penelitian					
	3	4	5	6	7	
> 20	0	0	0	0	0	
11 to 20	40	7	0	0	0	
0 to 10	166	207	142	75	7	
-1 to -5	147	113	117	121	170	
< -5	7	16	69	86	141	
> 10	40	7	0	75	7	
Total	360	343	328	282	318	

Berdasarkan Tabel 7, dapat dijelaskan bahwa hasil pengukuran parameter SNR pada k-5 lantai Gedung Tokong Nanas berada pada kategori normal s/d buruk pada range kekuatan sinyal diantara 0 dB s/d <-5 dB.

d) Nilai Parameter Terbaik

Analisis nilai parameter terbaik adalah proses penilaian dan evaluasi terhadap parameter-parameter tertentu guna menentukan yang memiliki kinerja atau kualitas terbaik. Dalam situasi ini, analisis di gunakan untuk mengetahui seberapa buruk dan seberapa bagus kualitas jaringan yang diukur. Maka dari itu analisis tersebut dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu terendah dan tertinggi.

Tabel 8. Nilai Parameter Tertinggi dan Terendah

Parameter	Lt. 3	Lt. 4	Lt. 5	Lt. 6	Lt. 7	
RSRP (dBm)	Tertinggi	-61	-58	-64	-60	-68
	Terendah	-101	-101	-99	-99	-99
RSRQ (dB)	Tertinggi	-6	-9	-8	-9	-11
	Terendah	-20	-20	-20	-20	-20
SNR (dB)	Tertinggi	15	13	6	3	0
	Terendah	-6	-8	-9	-11	-10

Pada Tabel 8 menjelaskan bahwa parameter RSRP tertinggi terdapat pada lantai 4 dengan kekuatan sinyal sebe-sar -58 dBm (Sangat Bagus), lalu yang terendah pada lantai 3 dan 4 dengan kekuatan sinyal -101 dBm (Buruk). Untuk parameter RSRQ tertinggi pada lantai 3 dengan kekuatan sinyal -6 dB (Bagus), lalu yang terendah pada semua lantai

dengan kekuatan sinyal -20 (Buruk). Untuk parameter SNR tertinggi terdapat pada lantai 3 dengan kekuatan sinyal 15 dB (Bagus), lalu yang terendah pada lantai 6 dengan kekuatan sinyal -11 dB (Sangat Buruk).

e) Persentase Parameter Jaringan

Dari hasil pengukuran parameter 4G LTE diatas , dapat dibuat persentase tertinggi dari setiap parameternya berdasarkan kategorinya. Untuk penjelasan tentang persentase dari setiap parameter dapat dijabarkan pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Persentase Parameter Jaringan

Kategori	Parameter		
	RSRP	RSRQ	SNR
Sangat Bagus	32,18%	0%	0%
Bagus	51,44%	0,25%	2,88%
Normal	16,07%	53,28%	36,60%
Buruk	0,31%	46,47%	40,96%
Sangat Buruk	0%	0%	19,56%
TOTAL	100%	100%	100%

Dari Tabel 9 dapat menjelaskan bahwa pada ke-5 lantai Gedung Tokong Nanas parameter RSRP didominasi oleh kategori bagus dengan persentase sebesar 51,44%. Untuk parameter RSRQ didominasi oleh kategori normal dengan persentase sebesar 53,28%. Lalu untuk parameter SNR didominasi oleh kategori buruk dengan persentase sebesar 40,96%.

Maka berdasarkan persentase di atas, terlihat bahwa performansi jaringan 4G LTE di Gedung Tokong Nanas masih belum merata secara keseluruhan. Artinya, perlu dilakukan perbaikan jaringan untuk meningkatkan kualitas layanan pada beberapa titik di gedung tersebut, terutama pada lantai dengan titik-titik yang sering mengalami handover dan memiliki kategori buruk.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa analisis performansi jaringan 4G LTE dengan parameter RSRP ke-5 lantai pada Gedung Tokong Nanas berada pada kategori bagus dengan angka persentase 51,44%, untuk parameter RSRQ be-rada pada kategori normal dengan angka persentase sebesar 53,28% dan untuk parameter SNR berada pada kategori bu-ruk dengan angka persentase sebesar 40,96%. Untuk kekuatan sinyal tertinggi pada parameter RSRP berada di angka -58 dBm pada lantai 4 dan terendah di angka -101 dBm pada lantai 3 dan 4. Untuk kekuatan sinyal tertinggi pada parameter RSRQ berada di angka -6 dB pada lantai 3 dan terendah di angka -20 pada ke-5 lantai. Untuk kekuatan sinual tertinggi pada parameter SNR berada di angka 15 dB pada lantai 3 dan terendah di angka -11 dB pada lantai 6. Hasil pengukuran parameter RSRP ke-5 lantai Gedung Tokong Nanas dapat dikatakan berada dalam kategori bagus untuk range kekuatan sinyal an-tara -81 dBm s/d -90 dBm. Hasil pengukuran parameter RSRQ pada k-5 lantai Gedung Tokong Nanas berada pada kategori normal s/d buruk pada range kekuatan sinyal diantara -8 dB s/d -20 dB. Hasil pengukuran parameter SNR pada k-5 lantai Ge-dung Tokong Nanas berada pada kategori normal s/d buruk pada range kekuatan sinyal diantara 0 dB s/d <-5 dB.

Daftar Pustaka

[1] Budiarta, I. B. A., Sudiarta, P. K., & Diafari, D. H. I. (2016). Analisis Kuat Sinyal Dan Kualitas Panggilan Jaringan Gsm Indoor Dengan Tems Investigation Dan G-Nettrack Pro. Jurnal SPEKTRUM, 3(1), 33-39.

- [2] Parikh, J., & Basu, A. (2016). Effect on System Performance due to Upgradation of 2G/3G System to LTE. *International Journal of Wireless and Microwave Technologies (IJWMT)*, 6(1), 11.
- [3] Rahmaddian, Y., & Huda, Y. (2020). Analisis Performansi Jaringan 4G LTE di Gedung ITL FT Unp Kampus Air Tawar Barat. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 7(4), 40-48.
- [4] Gyokov Solutions. G-NetTrack Pro Manual 2010. <https://gykovsolutions.comdiakses> 27 Juli 2023.
- [5] Imansyah, F. (2020). Analisis Performansi Jaringan Dan Kualitas Sinyal 4g Lte Telkomsel Di Area Fakultas Teknik Untan Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [6] ANUGERAH, S. F. (2017). Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Di Gedung E6 Dan E7 (Twin Tower Building) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta).
- [7] Setyawan, W. E., Imansyah, F., Marpaung, J., & Yacoub, R. R. (2021). Analisis Performansi Jaringan 4G Lte Operator Hutchison 3 Di Rumah Sakit Umum Universitas Tanjungpura Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- [8] Mursid, R. A., Usman, U. K., & Vidyanyingtyas, H. (2019). Analisis Performansi Dan Optimisasi Jaringan 4g Lte Pada Kawasan Telkom University. *eProceedings of Engineering*, 6(1).
- [9] Farida, F., & Yuniyanto, A. H. (2020). Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang menggunakan Metode Drive Test. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 9(1), 1-7.
- [10] Ramadianty, V. D. (2018). Analisis Pengukuran Performansi Jaringan 4G LTE Telkomsel dalam Event Game Mobile Legends: Bang-Bang Di Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [11] Isnawati, A. F., Susanto, I., & Purwanita, R. A. (2010). Analisis jarak terhadap redaman SNR (signal to noise ratio), dan kecepatan download pada jaringan ADSL. *Jurnal Infotel*, 2(2), 1-11.
- [12] Efriyendro, R., & Rahayu, Y. (2017). Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Paramater Drive Test Menggunakan Software G-NetTrack Pro Di Area Jalan Protokol Panam. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 4(2), 1-9.
- [13] Imanuel, (2018), Optimasi Jaringan 3G Berdasarkan Drive test PT.Nexwave di Kedungwuni Pekalongan, Tugas Akhir, Universitas Semarang, Semarang.
- [14] Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., Ram, S., & Ram, S. (2004). Research essay design science in information. *MIS Q*, 28(1), 75-105.
- [15] Sumarno, S., & Irianto, D. P. (2019). Evaluasi Manajemen Klub Perserikatan Sepakbola Indonesia Mataram (Psim) Yogyakarta. *Jurnal Keolahragaan*, 7(2), 104-115.