

PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN 4G LTE ANTARA TIGA OPERATOR MENGGUNAKAN METODE DRIVE TEST DI PANTAI PARIAMAN TENGAH

Afrizal Yuhane¹, Siska Aulia², dan Oktarina Permata Yaseva³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Indonesia

Email: afrizal@pnp.ac.id¹, siskaaulia@pnp.ac.id², oktarinapermatayaseva@gmail.com³

Abstrak

Kawasan Pantai Pariaman Tengah memiliki potensi pada sektor pariwisata yang bernilai tinggi dengan jumlah pengguna layanan telekomunikasi yang semakin meningkat. Oleh karena itu, penting untuk menilai kualitas jaringan 4G LTE (Long Term Evolution) dari operator yang tersedia di kawasan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menguji performansi kualitas jaringan pada tiga jenis operator, yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan H3I dengan metode drive test yang menggunakan Idle Mode dan software TEMS Pocket. Parameter kualitas jaringan yang dinilai adalah RSRP (Received Signal Reference Power), RSRQ (Received Signal Reference Quality), dan SINR (Signal to Interference and Noise Ratio). Adapun persentase yang termasuk dalam kategori diatas normal atau dalam range hijau dan biru dijumlahkan dan kemudian dibandingkan antara ketiga operator. Berdasarkan hasil analisis, jumlah persentase RSRP dari operator Telkomsel 80,87% vs XL Axiata 84,51% vs H3I 82,57%; persentase RSRQ dari operator Telkomsel 94,53% vs XL Axiata 91,62% vs H3I 99,78%; dan persentase SINR dari operator Telkomsel 39,63% vs XL Axiata 36,04% vs H3I 32,03%. Sehingga jika dibandingkan antara ketiga operator dapat disimpulkan bahwa nilai RSRP yang paling baik ditemukan pada operator XL Axiata, nilai RSRQ yang paling baik ditemukan pada operator H3I, sedangkan nilai SINR paling baik ditemukan pada operator Telkomsel.

Kata Kunci: 4G LTE, Drive Test, RSRP, RSRQ, SINR.

Abstract

Pariaman Tengah coastal area has potential in the high-value tourism sector with an increasing number of telecommunication service users. Therefore, it is important to assess the quality of the 4G LTE (Long Term Evolution) network of the operators available in the region. This research aimed to assess the network performance of three operators, which are Telkomsel, XL Axiata, and H3I with the drive test method using Idle Mode and TEMS Pocket software. The network quality parameters that are assessed are RSRP (Received Signal Reference Power), RSRQ (Received Signal Reference Quality), and SINR (Signal to Interference and Noise Ratio). The percentages that were categorized into normal and above or in the green and blue ranges, were calculated and then compared between the three operators. Based on the analysis, the total RSRP percentage of Telkomsel was 80.87% vs. XL Axiata 84.51% vs. H3I 82.57%; the total RSRQ percentage of Telkomsel was 94.53% vs. XL Axiata 91.62% vs. H3I 99.78%; and the total SINR percentage of Telkomsel was 39.63% vs. XL Axiata 36.04% vs. H3I 32.03%. To sum up, the best RSRP value was found in XL Axiata, the best RSRQ value was found in H3I, and the best SINR value was found in Telkomsel.

Keywords: 4G LTE, Drive Test, RSRP, RSRQ, SINR.

I. PENDAHULUAN

Kota Pariaman merupakan kawasan dataran rendah yang terletak di pulau Sumatera bagian barat dengan dikelilingi pantai yang luas dan memanjang dengan perbatasan samudera Indonesia. Sebagai kawasan pesisir dengan perairan laut yang luas, wilayah ini memiliki potensi bernilai tinggi pada sektor perikanan dan pariwisata [1]. Perkembangan pada sektor pariwisata di wilayah Pantai Pariaman Tengah berpotensi untuk menjadi salah satu sumber pendapatan daerah. Perkembangan pariwisata juga akan mendorong pembangunan daerah serta memperbesar peluang lapangan kerja bagi masyarakat yang akan berdampak pada kesejahteraan rakyat [2]. Namun, potensi ini harus didukung dengan adanya layanan telekomunikasi yang berkualitas agar perkembangan ekonomi di wilayah Pantai Pariaman Tengah dapat berkembang dengan pesat.

Kebutuhan akan konektivitas transfer informasi yang lebih cepat semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi global dan keinginan masing-masing individu untuk meningkatkan pada kualitas hidup mereka yang sebagian besar didukung oleh kemajuan teknologi informasi terkini. Kondisi ini membuat adanya evolusi layanan telekomunikasi dari sistem 2G dan 3G menjadi *Long Term Evolution* (LTE). Jaringan LTE merupakan jaringan komunikasi nirkabel *fourth generation* (4G) dengan kecepatan transmisi data yang lebih cepat secara signifikan dibandingkan generasi sebelumnya. Selain itu, jaringan 4G LTE juga memiliki kapasitas dan cakupan layanan yang lebih besar [3]. Namun penggunaan layanan jaringan 4G LTE yang semakin intensif di suatu wilayah dapat berdampak pada penurunan kualitas layanan secara signifikan [4]. Khususnya pada kawasan Pantai Pariaman Tengah, banyak pengguna telekomunikasi yang melaporkan bahwa jaringan 4G LTE di lokasi ini cenderung tidak stabil dan sering terjadi kegagalan koneksi di sejumlah titik. Padahal sebagai kawasan pariwisata, seharusnya setiap provider telekomunikasi yang beroperasi di wilayah Pantai Pariaman Tengah dapat memberikan layanan terbaik dengan kualitas jaringan 4G LTE yang cepat dan stabil untuk mendukung kemajuan daerah tersebut.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukannya *drive test*, yaitu suatu proses pengumpulan informasi melalui pengukuran kualitas jaringan layanan secara langsung di lapangan [5]. Data pengukuran pada suatu wilayah dikumpulkan menggunakan *software* khusus untuk mengidentifikasi permasalahan terkait kualitas jaringan yang terjadi serta menentukan cara pemecahan masalahnya [6]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kualitas jaringan 4G LTE dari tiga jenis operator yang tersedia di wilayah Pantai Pariaman Tengah, yaitu Telkomsel, XL, dan H3I dengan menggunakan metode *drive test*.

A. Teknologi Jaringan 4G LTE

LTE adalah evolusi generasi keempat dari teknologi komunikasi seluler 3G yang memiliki kecepatan koneksi hingga 10 kali lebih cepat dibandingkan generasi sebelumnya. Teknologi LTE dapat menghasilkan kecepatan transmisi data *downlink* hingga 100 Mbps dan hingga 50 Mbps untuk *uplink*. Selain itu, 4G LTE juga memiliki fleksibilitas spektrum yang memungkinkan penggunaan jaringan radio dalam berbagai rentang alokasi spektrum antara 1,25MHz hingga 20MHz, baik pada transmisi *downlink* maupun *uplink*. Peningkatan efisiensi spektrum ini juga memungkinkan lebih banyak informasi untuk dapat ditransmisikan dalam *bandwidth* tertentu, sekaligus meningkatkan jumlah pengguna layanan yang dapat didukung oleh jaringan [3], [7].

B. Arsitektur Jaringan 4G LTE

Jaringan LTE berbeda dengan jaringan lain karena menggunakan teknologi antena *Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)*, teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* dan arsitektur jaringan baru yang dikenal dengan *System Architecture Evolution (SAE)*. Arsitektur jaringan LTE bertujuan untuk mendukung layanan *packet switched* dengan mobilitas tanpa batas melalui penggunaan teknologi *Internet Protocols (IP)* dan memberikan akses internet kepada pengguna layanan secara *real time* [8].

C. Jaringan Akses Radio

Jaringan akses radio adalah komponen utama dari sistem telekomunikasi nirkabel yang menghubungkan *User Equipments*, seperti ponsel atau komputer, melalui koneksi nirkabel. Jaringan akses radio merupakan elemen radio dari jaringan seluler, yang mana masing-masing jaringan seluler terdiri dari *cell*. Sebuah *cell* setidaknya diperantarai oleh satu *transceiver radio*. Pada jaringan 4G LTE, untuk pertama kalinya konektivitas sistem didasarkan pada Protokol Internet (IP), menggantikan jaringan berbasis sirkuit yang sebelumnya digunakan [9].

D. Kelebihan dan Kekurangan Jaringan 4G LTE

Kelebihan dan kekurangan jaringan 4G LTE disajikan pada Tabel ?? berikut:

Tabel I: Kelebihan dan Kekurangan 4G LTE [10]

Kelebihan	Kekurangan
1) Mendukung transmisi <i>downlink</i> hingga 100 Mbps dan transmisi <i>uplink</i> hingga 50 Mbps	1) Biaya yang cukup mahal
2) Mempertahankan 200 pengguna suara aktif di setiap <i>bandwidth</i> 5MHz dalam keadaan aktif	2) Perlu dilakukan proses instalasi untuk mengoperasikan jaringan 4G
3) Memungkinkan operasi jaringan radio dalam berbagai rentang alokasi spektrum antara 1,25MHz hingga 20MHz baik pada transmisi <i>downlink</i> maupun <i>uplink</i>	3) Perlu dilakukan proses instalasi kembali pada peralatan yang telah dioperasikan apabila melakukan pembaharuan jaringan
4) Memfasilitasi rute IP yang efisien sehingga mengurangi latensi untuk memberikan kualitas layanan yang baik	4) Untuk transmisi data dibutuhkan antena tambahan yang digunakan pada pancaran pangkalan jaringan.
5) Dapat mempertahankan komunikasi jaringan dengan kecepatan hingga 500 km/jam	5) Dibutuhkan <i>mobile device</i> yang baru apabila pengguna melakukan pembaharuan jaringan.

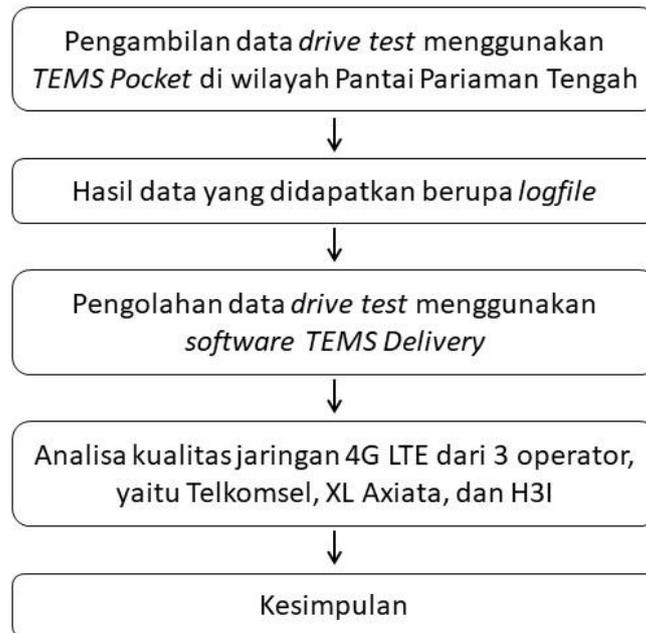
E. Indikator kualitas jaringan 4G LTE

Terdapat beberapa indikator yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi performansi kualitas jaringan 4G LTE [7], [11], antara lain :

- 1) *Reference Signal Received Power (RSRP)*
- 2) *Reference Signal Received Quality (RSRQ)*
- 3) *Signal to Interference Noise Ratio (SINR)*

II. METODE PENELITIAN

Pengambilan data *drive test* dilakukan pada BTS (*Base Transceiver Station*) yang telah ada dari tiga *provider* yang berbeda, yaitu operator Telkomsel, XL Axiata, dan H3I. Penelitian ini dilakukan pada kawasan Pantai Pariaman Tengah yang dimulai dari Jembatan Gondorih sampai dengan Pantai Cermin, dan dimulai lagi di Simpang Rumah Dinas Wali Kota sampai dengan Pasar Pariaman. Pengujian dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan metode *drive test* dengan TEMS (*Test Mobile System*) Pocket. Data *drive test* yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan TEMS Delivery dan dibandingkan operator mana yang lebih baik jaringannya pada kawasan Pantai Pariaman Tengah (Gambar 1).



Gambar 1: Flowchart Penelitian

A. Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data menggunakan metode *drive test* dengan cara *benchmark* dilakukan untuk menentukan performa jaringan antara tiga operator, yaitu operator Telkomsel, XL Axiata, dan H3I. Adapun metode *drive test* yang digunakan adalah *Idle mode* dan *software TEMS Pocket*. Parameter performa jaringan 4G LTE yang digunakan pada *software TEMS Pocket* adalah RSRP, RSRQ, dan SINR.

B. Perangkat yang digunakan

Perangkat yang digunakan untuk pengujian adalah:

- 1) Handphone TEMS
- 2) Laptop
- 3) Dongle HASP4

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran dengan metode *drive test* diolah dengan menggunakan *software TEMS Discovery*. Parameter kualitas jaringan 4G LTE pada penelitian ini adalah RSRP, RSRQ, dan SINR, yang dinilai dari tiga operator, yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan H3I di Pantai Pariaman Tengah.

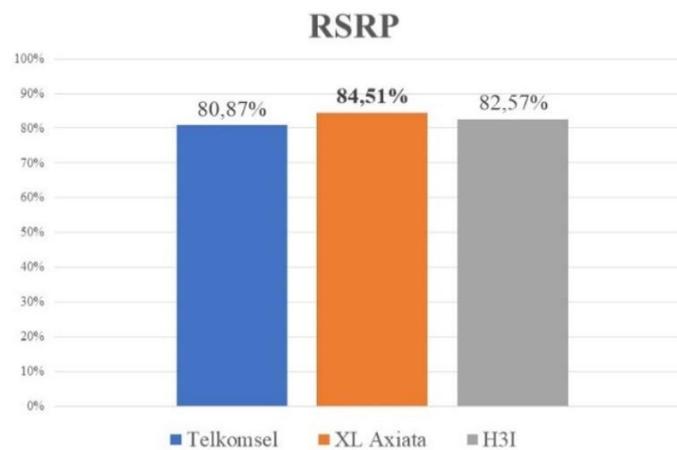
A. Hasil Indikator Parameter RSRP

Reference Signal Received Power (RSRP) adalah metrik indikator yang dapat menilai kekuatan jaringan *cell* yang digunakan sebagai input untuk reseksi *cell* dan keputusan *handover*. Metrik ini didefinisikan sebagai daya rata-rata (dalam Watt) dari *Resource Elements* yang membawa *cell-specific Reference Signals* (RS) dalam rentang *bandwidth* yang dipertimbangkan [12]. Hasil pengukuran RSRP dinyatakan dalam dBm dan dapat digunakan terutama untuk membuat peringkat di antara *cell* yang berbeda berdasarkan kekuatan sinyalnya. [13]. Pada penelitian ini, data hasil pengukuran RSRP dari ketiga jenis operator (Telkomsel, XL Axiata, dan H3I) dapat dilihat pada Tabel II.

Tabel II: Hasil Nilai RSRP Operator Telkomsel, XL Axiata, dan H3I

Range	Telkomsel		XL Axiata		H3I	
	Jumlah Titik Sampel	Presentase	Jumlah Titik Sampel	Presentase	Jumlah Titik Sampel	Presentase
Merah	1	0.23%	4	1.02%	0	0%
Kuning	83	18.91%	57	14.47%	80	17.43%
Hijau	308	70.16%	290	73.60%	321	69.93%
Biru	47	10.71%	43	10.91%	58	12.64%

Berdasarkan perhitungan persentase parameter RSRP, nilai rata-rata kualitas jaringan untuk operator Telkomsel adalah -89,7 dBm, untuk operator H3I adalah -88,4 dBm, dan untuk operator XL Axiata adalah -88,5 dBm, yang berada dalam kategori baik. Adapun berdasarkan penjumlahan persentase pada kategori diatas normal (range hijau dan biru), XL Axiata memiliki nilai RSRP yang paling baik dengan nilai 84,51%, diikuti dengan H3I 82,57% dan Telkomsel 80,87% (Gambar 2). Begitu pula dengan hasil penelitian Farida (2021) dengan menggunakan metode yang sama, menunjukkan bahwa kualitas sinyal 4G LTE di Pulau Dompok, Tanjungpinang, termasuk dalam kategori baik, yaitu -89 dBm berdasarkan penilaian pada parameter RSRP [14]. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan 4G LTE di wilayah kepulauan atau pesisir pantai dapat dikatakan baik.



Gambar 2: Perbandingan Persentase Nilai RSRP

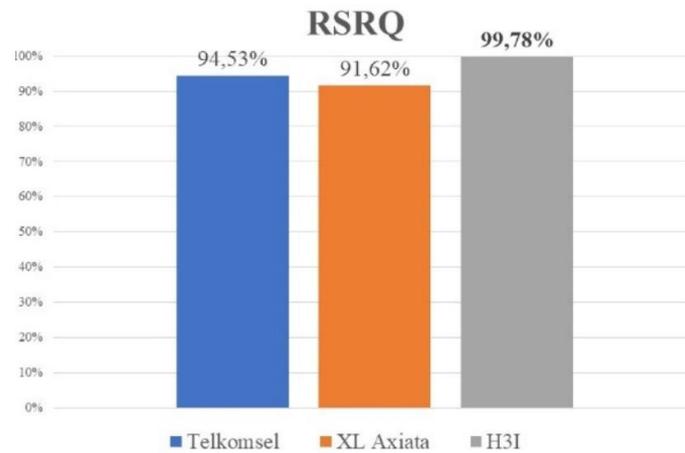
B. Hasil Indikator Parameter RSRQ

Reference Signal Received Quality (RSRQ) adalah metrik indikator kualitas jaringan khusus *cell* atau yang diterima oleh *user*, yang dipengaruhi oleh *noise* dan *interference*. Serupa dengan pengukuran RSRP, metrik ini digunakan terutama untuk memberikan peringkat di antara *cell* kandidat yang berbeda sesuai dengan kualitas sinyalnya. Metrik ini dapat digunakan sebagai input dalam membuat keputusan pemilihan ulang *cell* saat hasil pengukuran RSRP tidak mencukupi [12], [15]. Pada penelitian ini, data hasil pengukuran RSRQ dari ketiga jenis operator (Telkomsel, XL Axiata, dan H3I) dapat dilihat pada Tabel IV.

Tabel III: Hasil Nilai RSRQ Operator Telkomsel, XL Axiata, dan H3I

Range	Telkomsel		XL Axiata		H3I	
	Jumlah Titik Sampel	Presentase	Jumlah Titik Sampel	Presentase	Jumlah Titik Sampel	Presentase
Merah	0	0%	4	2%	0	0%
Kuning	24	5.47%	24	6.09%	1	0.22%
Hijau	303	69.02%	247	62.69%	188	40.96%
Biru	112	25.51%	114	28.93%	270	58.82%

Berdasarkan perhitungan persentase parameter RSRQ, nilai rata-rata kualitas jaringan untuk operator Telkomsel adalah -10,9 dB, untuk operator H3I adalah -8,3 dB, dan untuk operator XL Axiata adalah -11,4 dB. Berdasarkan parameter RSRQ didapatkan bahwa operator H3I memiliki kualitas jaringan sangat baik, sedangkan operator Telkomsel termasuk kategori baik dan XL Axiata kategori normal. Adapun berdasarkan penjumlahan persentase pada kategori diatas normal (range hijau dan biru), H3I memiliki nilai RSRQ yang paling baik dengan nilai 99,78%, diikuti dengan Telkomsel 94,53% dan XL Axiata 91,62% (Gambar 3). Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas sinyal operator H3I di Kawasan Pantai Pariaman Tengah lebih baik dibandingkan kualitas sinyal Indosat (bagian dari H3I) di wilayah pesisir lainnya, yaitu di Kota Kupang, sebagaimana yang ditemukan dalam penelitian Belo dkk. (2021). Studi tersebut menemukan bahwa rata-rata kualitas jaringan di wilayah tersebut termasuk dalam kategori baik dan hanya 14% titik yang menunjukkan kualitas sangat baik [16].



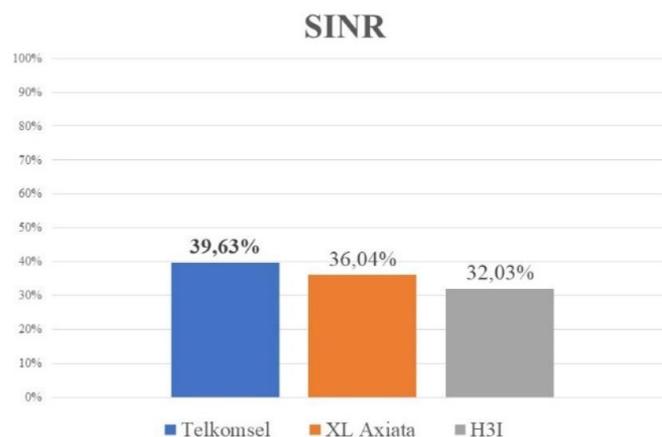
Gambar 3: Perbandingan Persentase Nilai RSRQ

C. Hasil Indikator Parameter SINR

Signal to Interference Noise Ratio (SINR) dapat didefinisikan sebagai rasio kekuatan jaringan terhadap penjumlahan daya interferensi rata-rata dari *cell* dan *background noise* yang timbul. Nilai ini menunjukkan kualitas sinyal informasi yang diterima pada sistem transmisi. Sebuah interferensi atau gangguan pada suatu jaringan yang dipengaruhi oleh letak geografis pada suatu wilayah dan banyaknya *user* pada suatu *cell* [17], [18]. Pada penelitian ini, data hasil pengukuran SINR dari ketiga jenis operator (Telkomsel, XL Axiata, dan H3I) dapat dilihat pada Tabel ??.

Tabel IV: Hasil Nilai SINR Operator Telkomsel, XL Axiata, dan H3I

Range	Telkomsel		XL Axiata		H3I	
	Jumlah Titik Sampel	Presentase	Jumlah Titik Sampel	Presentase	Jumlah Titik Sampel	Presentase
Merah	77	18%	46	12%	44	10%
Kuning	289	65.83%	206	52.28%	268	58.39%
Hijau	62	14.12%	113	28.68%	109	23.75%
Biru	11	25.51%	29	7.36%	38	8.28%



Gambar 4: Perbandingan Persentase Nilai SINR

Berdasarkan perhitungan persentase parameter SINR, nilai rata-rata kualitas jaringan untuk operator Telkomsel adalah 6,0 dBm, untuk operator H3I adalah 9,3 dBm, dan untuk operator XL Axiata adalah 9,4 dBm. Adapun berdasarkan penjumlahan persentase pada kategori diatas normal (*range* hijau dan biru), Telkomsel memiliki nilai SINR yang paling baik dengan nilai 39,63%, diikuti dengan XL Axiata 36,04% dan H3I 32,03% (Gambar 4). Sedangkan pada penelitian Rahmat dkk. (2022), rata-rata kualitas jaringan di Kota Padang, yang berlokasi tidak jauh dari Pantai Pariaman Tengah, menunjukkan hasil sangat buruk berdasarkan parameter SINR. Adapun hanya 4,49% yang memiliki kualitas sinyal yang sangat baik dan 10,72% dengan kualitas jaringan yang baik, sedangkan 84,79% lainnya memiliki kualitas jaringan 4G LTE dibawah normal [19].

IV. SIMPULAN

Pada penelitian ini, pengukuran *drive test* dilakukan pada operator Telkomsel, XL Axiata, dan H3I di waktu yang sama dan di lokasi yang sama, yaitu kawasan Pantai Pariaman Tengah, untuk dapat melihat perbandingan kualitas jaringan 4G LTE di antara ketiga operator tersebut. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas jaringan dari tiga parameter dapat diketahui bahwa operator XL Axiata memiliki nilai RSRP yang paling baik, operator H3I memiliki nilai RSRQ yang paling baik, dan operator Telkomsel memiliki nilai SINR yang paling baik diantara ketiga operator yang diuji. Sehingga belum ada satu jenis operator tertentu di kawasan Pantai Pariaman Tengah dengan kualitas jaringan 4G LTE paling baik berdasarkan seluruh parameter yang diuji. Adapun keterbatasan pada penelitian ini adalah tidak membandingkan antara kualitas jaringan di saat jam sibuk dan jam tidak sibuk, sehingga dapat menjadi potensi untuk penelitian selanjutnya.

PUSTAKA

- [1] Pemerintah Kota Pariaman. "Geografis Kota Pariaman." Internet: <https://www.pariamankota.go.id/profil/kategori?id=4>, 2020 [10 Mei 2023]
- [2] N. Jayanti, Nur. Pengembangan Objek Wisata Pantai Gandoriah Kota Pariaman. *Jurnal Pariwisata*. 2019;6:141-146.
- [3] U. K. Usman, G. Prihatmoko, D. K. Hendraningrat, S. D. Purwanto. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Penerbit Rekayasa Sains, 2012.
- [4] S. F. Anugerah. "Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Di Gedung E6 Dan E7 (Twin Tower Building) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta." Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2017.
- [5] F. Farida, A. H. Yuniarto, "Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang menggunakan Metode Drive Test", *Sustainable*, 9(1), hlm. 1–7, 2020.
- [6] R. Yanuari, P.K. Sudiarta, N. Gunantara, "Analisa Kualitas Sinyal Jaringan GSM pada Menara Rooftop dengan Membandingkan Aplikasi Metode Drive Test antara Tems Investigation 8.0.3 dengan G-Net Track Pro", *E-Journal SPEKTRUM*, 2(4), hlm. 39–45, 2015.
- [7] L. Wadhana, B. F. Aginsa, A. Dewantoro, I. Harto, G. Mahardhika, A. Hikmaturokhman. *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. Jakarta: Penerbit www.nulisbuku.com, 2014.
- [8] K. A. T. Indah, I. B. P. Manuaba, "Arsitektur Jaringan LTE (Long Term Evolution) Untuk Mengatasi Backhaul Connection Wifi Pada Rural Area Dengan Teknologi Fourth Generation (4G)." *Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi*, 10(2), hlm. 24–29, 2018.
- [9] I.P.D.K. Pramulia, P.K. Sudiarta, G. Sukadarmika, "Analisis Pengaruh Jarak antara User Equipment dengan eNodeB Terhadap Nilai RSRP (Reference Signal Received Power) Pada Teknologi LTE 900 MHz", *E-Journal SPEKTRUM*, 2(3), 24–30, 2015.
- [10] F. Fauzi, "Analisis Penerapan Teknologi Jaringan LTE 4G Di Indonesia". Skripsi. Institut Manajemen Telkom, Bandung, 2012.
- [11] A. L. Imoize, K. Orolu, A. A. Atayero, "Analysis of Key Performance Indicators of a 4G LTE network based on experimental data obtained from a densely populated Smart City." *Data in Brief*, 29(105304), hlm. 1–17, 2020.
- [12] G. M. Putra, E. Budiman, Y. Malewa, D. Cahyadi, M. Taruk, U. Hairah. "4G LTE experience: Reference signal received power, noise ratio and quality." *2021 3rd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT)*, hlm. 139–144, 2021.
- [13] C. S. Park, S. Park, "Analysis of RSRP Measurement Accuracy." *IEEE Communications Letters*, 20(3), hlm. 430–433, 2016.
- [14] F. Farida. Analisis Kualitas Jaringan 4G LTE Menggunakan Metode Drive Test di Pulau Dompok. *Journal of Education Informatic Technology and Science*. 2021;3(1).
- [15] F. Afroz, R. Subramanian, R. Heidary, K. Sandrasegaran, S. Ahmed, "SINR, RSRP, RSSI and RSRQ Measurements in Long Term Evolution Networks," *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 7(4), hlm. 113–123, 2015.
- [16] E. M. Belo, D. E. Pollo, S. O. Manu. Analisis Kinerja Jaringan 4G Long Term Evolution (LTE) Berdasarkan Data Drive Test Pada PT. Indosat Kupang. *Jurnal Media Elektro / Vol. X / No. 2*
- [17] Nurhasanah, "Measurement of SINR (Signal Noise Interference Noise to Ratio) and RSRP (Reference Signal Received Power) on 4G LTE Area Surakarta." Skripsi. Akademik Telkom Jakarta, Jakarta. 2017.
- [18] V. S. Kusumo, P. K. Sudiarta, I. P. Ardana, "Analisis Performansi dan Optimalisasi Layanan LTE Telkomsel di Denpasar Bali." *E-Journal SPEKTRUM*, 2(3), hlm. 12–18, 2016.
- [19] F.A. Rahmat, D. Chandra, Zurnawita, Yulindon. Analisis Kinerja Kualitas Jaringan 4G Long Term Evolution Di Kawasan Perumahan Singgalang, Koto Tengah, Kota Padang. *Telekontran*. 2022;10(2):106-115.