

PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN 4G LTE ANTARA OPERATOR TELKOMSEL DAN TRI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DRIVE TEST* DI KECAMATAN NANGGALO

Afrizal Yuhane¹, Dikky Chandra², Isnurisi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Kota Padang, Indonesia
Email: afrizal@pnp.ac.id, dikky@pnp.ac.id, isnurisi27@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima Agu 28, 2023
Direvisi Sep 09, 2023
Disetujui Sep 17, 2023



ABSTRACT

Nanggalo sub-district is located in Padang City, West Sumatra, Indonesia. The advantage of data transfer speed owned by 4G Long Term Evolution (LTE) makes telecommunication operators compete to provide the best quality of service. However, there is still a decrease in network quality in the Nanggalo District area on Telkomsel and Tri operators. So, it is necessary to conduct a drive test to measure and determine the network quality of the two operators. Measuring 4G network quality with RSRP, SINR, and Throughput parameters and data collection is done by drive test method and comparing the results with the required KPI standards. The software used is TEMS Pocket to take measurement data during the drive test and TEMS Discovery software to process the drive test results. The comparison results obtained in Nanggalo District for Tri operator has a network quality parameter RSRP with a percentage of 85.94%, SINR with a percentage of 43.17%, and Throughput with a percentage of 83.56%. In comparison, the Telkomsel operator has an RSRP value of 89.65%, SINR with a percentage of 17.58%, and Throughput with a percentage value of 36.59%. In general, it can be concluded that the Tri operator is categorized as good in terms of signal quality and integrity, while the Telkomsel operator is categorized as good in terms of Coverage.

Keywords: 4G LTE, Drive Test, RSRP, SINR, Throughput

ABSTRAK

Kecamatan Nanggalo merupakan salah satu kecamatan yang berada di kota Padang Provinsi Sumatera Barat. Keunggulan kecepatan transfer data yang dimiliki 4G Long Term Evolution (LTE) menjadikan operator telekomunikasi saling berkompetisi memberikan kualitas layanan terbaik, namun masih terdapat penurunan kualitas jaringan di wilayah Kecamatan Nanggalo pada operator Telkomsel dan Tri. Sehingga perlu dilakukan drive test untuk mengukur dan mengetahui kualitas jaringan dari kedua operator tersebut. Mengukur kualitas jaringan 4G dengan parameter RSRP, SINR, dan Throughput dan pengambilan data dilakukan dengan metode drive test dan membandingkan hasilnya dengan standar KPI yang dipersyaratkan. Software yang digunakan adalah TEMS Pocket untuk mengambil data pengukuran saat drive test dan software TEMS Discovery untuk mengolah data hasil drive test. Hasil perbandingan didapatkan pada Kecamatan Nanggalo untuk operator Tri memiliki kualitas jaringan parameter RSRP dengan persentase 85,94 %, SINR dengan persentase 43,17% dan Throughput dengan persentase 83,56% sedangkan pada operator Telkomsel memiliki nilai RSRP dengan persentase 89,65%, SINR dengan persentase 17,58% dan Throughput dengan nilai persentase 36,59%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa operator Tri termasuk kategori baik dalam hal kualitas sinyal dan integrity sedangkan operator Telkomsel kategori baik dalam hal Coverage.

Kata Kunci: 4G LTE, Drive Test, RSRP, SINR, Throughput

Penulis Korespondensi:

Afrizal Yuhane,
Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Padang,
Jl. Kampus Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang,
Sumatera Barat 25163, Indonesia
afrizal@pnp.ac.id



1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap informasi dan komunikasi terus berkembang pesat dari waktu ke waktu. Hal ini menyebabkan penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler di haruskan untuk berkembang guna memenuhi keragaman kebutuhan konsumennya [1]. Salah satu yang terlihat sangat berkembang adalah kebutuhan akan komunikasi paket data [2]. Kebutuhan manusia pada bidang telekomunikasi semakin meningkat sehingga membuat pengguna memerlukan teknologi seperti teknologi 4G LTE (*Long-Term Evolution*) yang dapat memberikan kecepatan dalam hal transfer data [3]. Dengan pertumbuhan pada jumlah pengguna layanan telekomunikasi menyebabkan penurunan pada kualitas jaringan, untuk dapat mengetahui penyebabnya maka dilakukan drive test benchmark (perbandingan) [4]. Kecamatan Nanggalo, Kota Padang, merupakan salah satu kawasan padat penduduk, dimana berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Padang Tahun 2019, jumlah angka penduduk Kecamatan Nanggalo mengalami peningkatan, yakni 61.559 jiwa (2018) meningkat menjadi 62.001 jiwa (2019) [5]. Pertumbuhan jumlah pengguna layanan telekomunikasi dapat mengurangi kualitas layanan. Kecepatan layanan jaringan 4G LTE menjadi perhatian khusus apakah sudah sesuai dengan standar yang direkomendasi oleh ITU (International Telecommunication Union) yaitu salah satu kategori pengklasifikasian Key Performance Indicator (KPI). Permasalahan yang dikeluhkan user diantaranya jaringan yang diterima tidak stabil, akses data yang susah tersambung, dan kegagalan koneksi di sejumlah titik [6].

Dengan adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukannya *Drive test*, yaitu proses pengumpulan informasi melalui pengukuran kualitas jaringan layanan secara *real-time* di lapangan [7, 8]. *Drive test* ini dilakukan untuk memberikan informasi kepada para operator Telkomsel, Tri dan para pengguna layanannya tentang informasi RSRP (*Reference Signal Received Power*), SINR (*Signal Interference to Noise Ratio*), dan *Throughput* [9].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kualitas jaringan 4G LTE dengan beberapa operator lainnya dengan acuan data pengukuran *Drive test* [10, 11]. Berdasarkan kekuatan dan kualitas jaringan yang dimiliki oleh masing-masing operator dapat digunakan sebagai acuan dalam meningkatkan kualitas sinyal, selain itu juga dapat digunakan sebagai acuan bagi pengguna yang berada di daerah tersebut untuk menggunakan operator yang dapat memberikan pelayanan terbaik.

2. METODE PENELITIAN

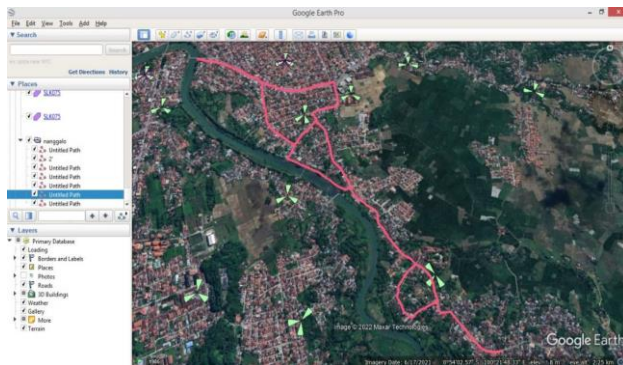
Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Nanggalo dimana pengambilan data dilakukan pada bulan Agustus 2022. Pengecekan sinyal 4G LTE menggunakan operator Telkomsel dan operator Tri dilakukan karena pada lokasi ini terdapat banyak pengguna operator Telkomsel dan operator Tri serta terjadinya tingkat kegagalan akses jaringan internet, maka dari itu Kecamatan Nanggalo dipilih sebagai lokasi pengecekan sinyal 4G LTE operator Telkomsel dan operator Tri. Proses pengambilan data menggunakan *tools Drive test* yaitu TEMS Pocket yang dilakukan menggunakan kendaraan pada jalur yang telah ditentukan. Pengambilan data dilaksanakan pada saat jam sibuk dan dilakukan minimal dua kali untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan. Data yang diambil adalah data parameter kualitas KPI (*Key Performance Indicator*) seperti RSRP, SINR, dan *Throughput* [12].

Proses pengambilan data dilakukan di Kecamatan Nanggalo dengan metode *Drive test* yaitu *dedicated mode*, dimana metode ini dilakukan pada saat MS (*Mobile Station*) dalam keadaan aktif dan bergerak karena pada saat *drive test* proses *dedicated mode* dilakukan pada saat proses *download*. Pengumpulan dan pengambilan data menggunakan TEMS Pocket. Setelah data diperoleh dari *Drive test*, selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan.

Pengolahan data *Drive test* menggunakan Software TEMS Discovery dan hasil pengolahan data digunakan untuk menganalisis sesuai dengan tujuan penelitian [13]. Pengambilan data dilakukan dengan metode *Drive test benchmarking* [10]. Metode pengambilan data menggunakan rute yang sama dan data yang diambil juga sama yang meliputi metode *lock* jaringan yaitu UE (*user equipment*) yang hanya dapat menerima jaringan 4G [7, 14], dengan memakai dua operator yaitu Telkomsel dan Tri.

Perlengkapan yang digunakan *Drive test* yaitu *smartphone*, *sim card*, *GPS*, laptop, dan *dongle*. Perencanaan daerah pada penelitian dilakukan dengan menentukan jalur pada *software Google Earth* dengan membedakan warna tiap jalur untuk mempermudah menentukan jalur yang telah dilalui. Setelah menentukan jalur yang akan dilalui maka selanjutnya adalah pengambilan data untuk permasalahan yang akan diteliti. Pengambilan data ini menggunakan *Software TEMS Pocket* yang berfungsi untuk pengambilan data kualitas dan penentu jaringan. Data yang akan di ambil pada *software TEMS Pocket* adalah RSRP (*Received Signal Reference Power*), SINR (*Signal to Interference and Noise Ratio*), dan *Throughput* [15,

16]. Pengambilan data ini menggunakan dua operator yang menggunakan 4G LTE tanpa melakukan *lock frequency* dengan operator Telkomsel dan operator Tri. Setelah mendapatkan data maka selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan TEMS Discovery [17].



Gambar 1 Jalur Drive Test BTS Kecamatan Nanggalo Pada Google Earth

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

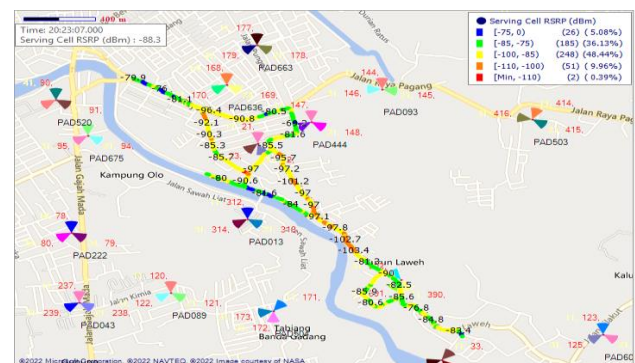
3.1 Hasil Pengukuran *Reference Signal Received Power (RSRP)*

Berdasarkan rentang nilai RSRP terdapat 5 indikator warna yang dimiliki, yang mana setiap warna mempunyai indikator level yang berbeda, menurut rekomendasi dari ITU (International Telecommunication Union) yaitu salah satu kategori pengklasifikasian Key Performance Indicator (KPI) untuk evaluasi sebuah jaringan yaitu *mobility*, merupakan derajat pengukuran yang berkaitan pada mobilitas, dimana beberapa operator memasukkan beberapa KPI yang berhubungan dengan mobilitas dalam group KPI *mobility*. Pada indikator Biru kekuatan penerimaan sinyal dikategorikan sangat baik apabila berkisar antara -75 dBm hingga 0 dBm. Pada indikator Hijau dikategorikan baik apabila berkisar antara -85 dBm hingga -75 dBm. Pada indikator Kuning dikategorikan cukup baik apabila berkisar antara -100 dBm hingga -85 dBm. Indikator orange dikategorikan cukup buruk apabila berkisar antara -110 dBm hingga -100 dBm. Indikator merah dikategorikan sangat buruk apabila berkisar antara < -110 dBm.

a) Operator Telkomsel

Hasil *Drive test* pada parameter RSRP dari operator Telkomsel di Kecamatan Nanggalo berisi sampel-sampel yang merupakan kuat sinyal yang diterima oleh UE sesuai dengan jalur yang diukur yang ditampilkan berupa titik-titik warna yang menunjukkan kualitas jaringan di daerah tersebut baik hingga buruk suatu jaringan. Pada operator Telkomsel didapatkan 512 sampel yang terukur.

Untuk *range* nilai dari RSRP dibagi dalam 5 kategori warna yang berbeda [18], sehingga dari 512 sampel terdapat 26 sampel indikator Biru dengan persentase 5.08% berada pada *range* -75 dBm hingga 0 dBm dengan kategori sangat baik. Indikator Hijau sebanyak 185 sampel dengan persentase 36.13% berada pada *range* -85 dBm hingga -75 dBm dengan kategori baik. Indikator Kuning sebanyak 248 sampel dengan persentase 48.44% berada pada *range* -100 dBm hingga -85 dBm dengan kategori cukup baik. Indikator Orange sebanyak 51 sampel dengan persentase 9.96% berada pada *range* -110 dBm hingga -100 dBm dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 2 sampel dengan persentase 0.39% berada pada *range* < -110 dBm dengan kategori sangat buruk. Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa parameter RSRP operator Telkomsel di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna kuning dengan kategori cukup baik untuk level penerimaan daya pada daerah tersebut dengan rata-rata wilayahnya berada pada *range* -100 dBm hingga -85 dBm.

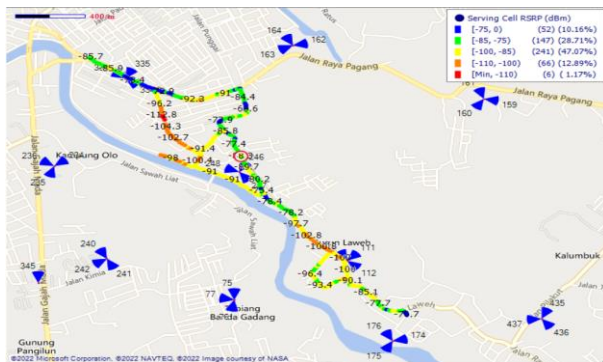


Gambar 2 RSRP Operator Telkomsel

b) Operator Tri

Pada operator Tri didapatkan 512 sampel yang terukur. Untuk *range* nilai dari RSRP dibagi dalam 5 kategori warna yang berbeda, sehingga dari 512 sampel terdapat 52 sampel indikator Biru dengan persentase 10.16% berada pada *range* -75 dBm hingga 0 dBm dengan kategori sangat baik. Indikator Hijau sebanyak 147 sampel dengan persentase 28.71% berada pada *range* -85 dBm hingga -75 dBm dengan kategori baik. Indikator Kuning sebanyak 241 sampel dengan persentase 47.07% berada pada *range* -100 dBm hingga -85 dBm dengan kategori cukup baik. Indikator Orange sebanyak 66 sampel dengan persentase 12.89% berada pada *range* -110 dBm hingga -100 dBm dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 6 sampel dengan persentase 1.17% berada pada *range* < -110 dBm dengan kategori sangat buruk. Sehingga dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa parameter RSRP operator Tri di

daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna kuning dengan kategori cukup baik untuk level penerimaan daya pada daerah tersebut, dengan rata-rata wilayahnya berada pada *range* -100 dBm hingga -85 dBm.



Gambar 3 RSRP Operator Tri

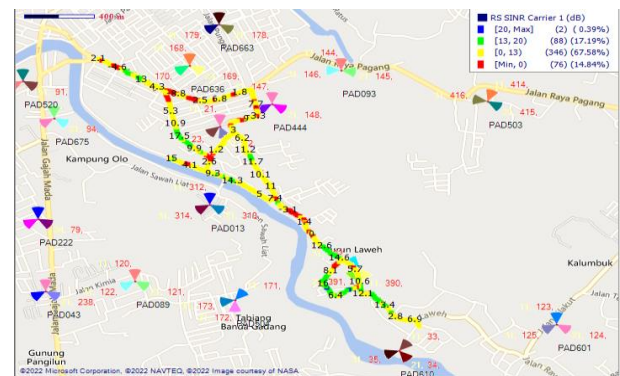
3.2 Hasil pengukuran *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR)

Berdasarkan rentang nilai SINR pada terdapat 4 indikator warna yang dimiliki, yang mana setiap warna mempunyai indikator level yang berbeda sesuai rekomendasi dari ITU yang berhubungan dengan mobilitas dalam group KPI mobility [19]. Indikator Biru kekuatan sinyal dikategorikan sangat baik apabila ≥ 20 dB. Indikator Hijau dikategorikan baik apabila berkisar antara 13 dB hingga 20 dB. Indikator Kuning dikategorikan cukup buruk apabila berkisar antara 0 dB hingga 13 dB. Indikator Merah dikategorikan sangat buruk apabila < 0 dB.

a) Operator Telkomsel

Operator Telkomsel di Kecamatan Nanggalo berisi sampel-sampel yang merupakan kuat sinyal yang diterima oleh UE sesuai dengan jalur yang diukur yang ditampilkan berupa titik-titik warna yang menunjukkan kualitas jaringan di daerah tersebut baik hingga buruk suatu jaringan. Pada operator Telkomsel didapatkan 512 sampel yang terukur. Untuk *range* nilai dari SINR dibagi dalam 4 kategori warna yang berbeda, sehingga dari 512 sampel terdapat 2 sampel indikator Biru dengan persentase 0.39% berada pada *range* ≥ 20 dB dengan kategori sangat baik. Indikator Hijau sebanyak 88 sampel dengan persentase 17.19% berada pada *range* 13 dB hingga 20 dB dengan kategori baik. Indikator Kuning sebanyak 346 sampel dengan persentase 67.58% berada pada *range* 0 dB hingga 13 dB dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 76 sampel dengan persentase 14.84% berada pada *range* < 0 dB dengan kategori sangat buruk. Sehingga dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa parameter SINR operator Telkomsel di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna

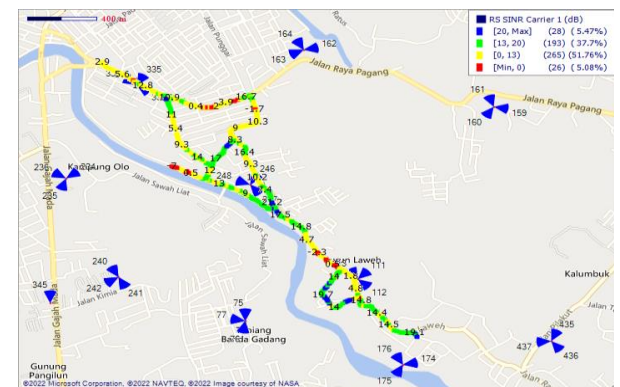
Kuning dengan kategori cukup buruk sesuai dengan standar nilai parameter SINR. Dengan rata-rata wilayahnya pada *range* 0 dB hingga 13 dB.



Gambar 4 SINR Operator Telkomsel

b) Operator Tri

Pada operator Tri didapatkan 512 sampel yang terukur. Untuk *range* nilai dari SINR dibagi dalam 4 kategori warna yang berbeda, sehingga dari 512 sampel terdapat 28 sampel indikator Biru dengan persentase 5.47% berada pada *range* ≥ 20 dB dengan kategori sangat baik. Indikator Hijau sebanyak 193 sampel dengan persentase 37.7% berada pada *range* 13 dB hingga 20 dB dengan kategori baik. Indikator Kuning sebanyak 265 sampel dengan persentase 51.76% berada pada *range* 0 dB hingga 13 dB dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 26 sampel dengan persentase 5.08% berada pada *range* < 0 dB dengan kategori Sangat buruk. Sehingga dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa parameter SINR operator Tri di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna Kuning dengan kategori cukup buruk sesuai dengan standar nilai parameter SINR. Dengan rata-rata wilayahnya pada *range* 0 dB hingga 13 dB.



Gambar 5 SINR Operator Tri

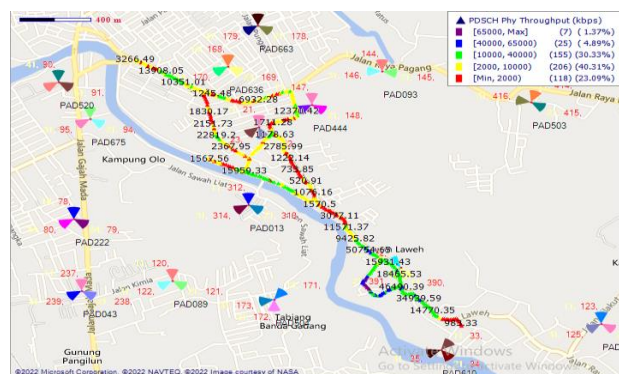
3.3 Hasil Drive Test Parameter *Throughput*

Berdasarkan rentang nilai *Throughput* terdapat 5 indikator warna yang dimiliki, yang mana setiap warna mempunyai indikator level yang berbeda menurut rekomendasi dari ITU dalam group KPI

mobility.[18] Pada indikator Ungu kekuatan penerimaan sinyal dikategorikan sangat baik apabila berkisar ≥ 65000 kbps. Pada indikator Biru dikategorikan baik apabila berkisar antara 40000 Kbps hingga 65000 Kbps. Pada indikator Hijau dikategorikan cukup baik apabila berkisar antara 10000 Kbps hingga 40000 Kbps. Indikator Kuning dikategorikan cukup buruk apabila berkisar antara 2000 Kbps hingga 10000 Kbps. Indikator Merah dikategorikan sangat buruk apabila < 2000 Kbps.

a) Operator Telkomsel

Hasil *Drive test* pada parameter *Throughput* dari operator Telkomsel di Kecamatan Nanggalo dapat dilihat kecepatan download *Throughput* terdapat jumlah sampel yang didapatkan 511 sampel yang terukur. Untuk kecepatan nilai dari *Throughput* dibagi dalam 5 kategori warna yang berbeda, sehingga dari 511 sampel terdapat 7 sampel indikator ungu dengan persentase 1.37% dengan kecepatan ≥ 65000 kbps dengan kategori sangat baik. Indikator Biru sebanyak 25 sampel dengan persentase 4.89% berada kecepatan 40000 kbps hingga 65000 kbps dengan kategori baik. Indikator Hijau sebanyak 155 sampel dengan persentase 30.33% kecepatan 10000 kbps hingga 40000 kbps dengan kategori cukup baik. Indikator Kuning sebanyak 206 sampel dengan persentase 40.31% kecepatan 2000 kbps hingga 10000 kbps dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 118 sampel dengan persentase 23.09% berada pada kecepatan < 2000 kbps dengan kategori Sangat Buruk. Dari penjelasan tersebut diketahui bahwa parameter *Throughput* operator Telkomsel di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna kuning dengan kategori cukup buruk sesuai dengan standar nilai parameter *Throughput* dengan *range* kecepatan download nya 2000 kbps hingga 10000 kbps.

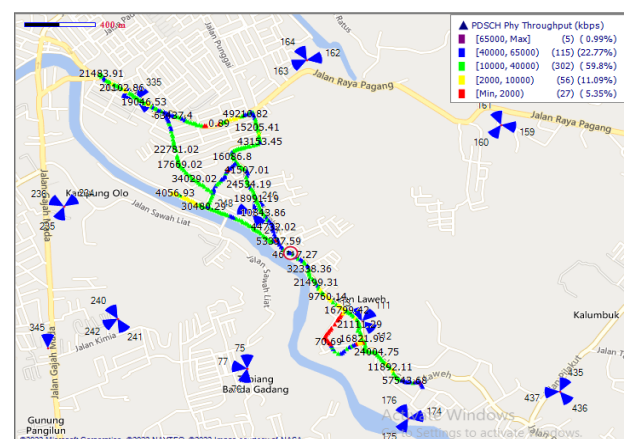


Gambar 6 Throughput Operator Telkomsel

b) Operator Tri

Hasil drive test pada parameter *Throughput* dari operator Tri di Kecamatan Nanggalo, kecepatan

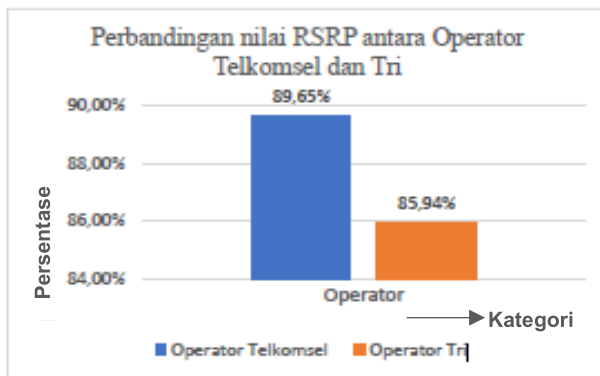
download *Throughput* terdapat jumlah sampel yang didapatkan 505 sampel yang terukur. Untuk kecepatan nilai dari *Throughput* dibagi dalam 5 kategori warna yang berbeda, sehingga dari 505 sampel terdapat 5 sampel indikator Ungu dengan persentase 0.99% dengan kecepatan ≥ 65000 kbps dengan kategori sangat baik. Indikator Biru sebanyak 115 sampel dengan persentase 22.7% berada kecepatan 40000 kbps hingga 65000 kbps dengan kategori baik. Indikator Hijau sebanyak 302 sampel dengan persentase 59.8% kecepatan 10000 kbps hingga 40000 kbps dengan kategori cukup baik. Indikator Kuning sebanyak 56 sampel dengan persentase 11.09% kecepatan 2000 kbps hingga 10000 kbps dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 27 sampel dengan persentase 5.35% berada pada kecepatan < 2000 kbps dengan kategori Sangat Buruk. Sehingga dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa parameter *Throughput* operator Tri di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna Hijau dengan kategori cukup baik sesuai dengan standar nilai parameter *Throughput* dengan *range* kecepatan download nya 10000 kbps hingga 40000 kbps.



Gambar 7 Throughput Operator Tri

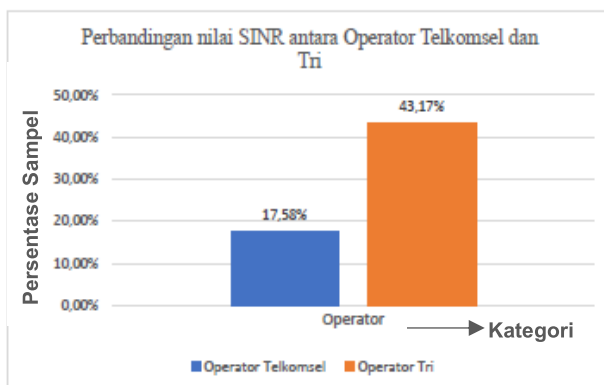
3.4 Perbandingan Kualitas Jaringan Operator Telkomsel dan Operator Tri

Nilai RSRP pada operator Telkomsel lebih baik dari pada operator Tri dengan selisih nilai 3.71%. Karna pada operator Telkomsel memiliki *-serving cell band Frequency* 900 Mhz. Frekuensi 900MHz memiliki kapasitas rendah sehingga user yang dilayaninya mendapatkan power sinyal lebih besar. Nilai RSRP pada operator Telkomsel lebih baik dari pada operator Tri dengan selisih nilai 3.71%. Karna pada operator Telkomsel memiliki *-serving cell band Frequency* 900 Mhz. Frekuensi 900MHz memiliki kapasitas rendah sehingga *user* yang dilayaninya mendapatkan power sinyal lebih besar.



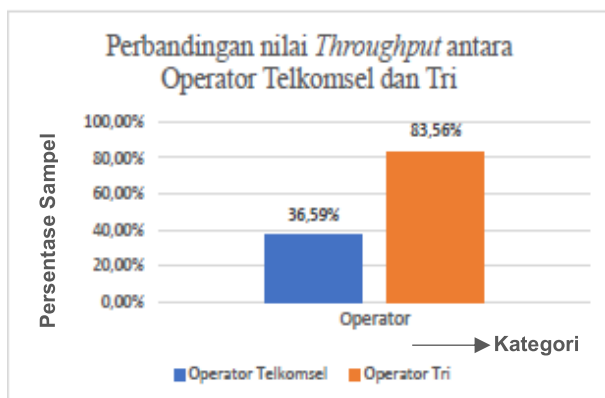
Gambar 8 Perbandingan Nilai RSRP

Nilai SINR pada operator Telkomsel lebih buruk dari pada operator Tri dengan selisih nilai 25.59%. Hal ini disebabkan karna pada operator Telkomsel terdapat Kegagalan saat *handover intra frequency* yang menyebabkan nilai SINR rendah.



Gambar 9 Perbandingan Nilai SINR

Perbandingan *Throughput* jaringan 4G operator Telkomsel dan operator Tri menggunakan nilai dari *range* cukup baik. Nilai *Throughput* pada operator Telkomsel lebih buruk dari pada operator Tri dengan selisih nilai 46.97%. Karna SINR dari operator Telkomsel nilainya rendah. Parameter SINR mempengaruhi nilai *throughput*, semakin besar nilai SINR semakin tinggi nilai *throughput* nya begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai SINR semakin rendah *throughput*-nya.



Gambar 10 Perbandingan Throughput

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perbandingan beberapa nilai KPI di daerah kecamatan Nanggalo didapatkan parameter RSRP target KPI ≥ -100 dBm harus mencapai 90%, pada operator Telkomsel didapatkan nilai persentase 89.65% dan Tri dengan persentase 85.94%. Nilai ini sedikit dibawah ambang target KPI. Untuk parameter SINR target KPI ≥ 0 dB harus mencapai 80%, untuk operator Telkomsel nilai persentase 85.16% sedangkan operator Tri nilai persentase 94.93% telah memenuhi target KPI. Untuk parameter *Throughput* target KPI ≥ 2000 Kbps harus mencapai 80%, pada operator Telkomsel nilai persentase 76.9% dan operator Tri nilai persentase 94.65%. Maka untuk operator Telkomsel parameter *Throughput* belum memenuhi target KPI. Dari hasil perbandingan didapatkan pada Kecamatan Nanggalo untuk operator Tri memiliki kualitas yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat pada parameter SINR memiliki persentase 43.17% dan *Throughput* dengan persentase 83.56% sedangkan pada operator Telkomsel memiliki nilai SINR dengan persentase 17.58% dan *Throughput* dengan persentase 36.59%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa operator Tri termasuk kategori baik dalam hal kualitas sinyal dan *integrity* sedangkan operator Telkomsel kategori baik dalam hal *Coverage*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [M. Fahlevi and N. S. Alharbi, "THE USED OF TECHNOLOGY TO IMPROVE HEALTH SOCIAL SECURITY AGENCY SERVICES IN INDONESIA," 3rd Int. Conf. Cybern. Intell. Syst. ICORIS 2021, pp. 1–5, 2021, doi: 10.1109/ICORIS52787.2021.9649649.](#)
- [2] [P. Jones, M. Wynn, D. Hillier, and D. Comfort, "THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS AND INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES," Indo nes. J. Sustain. Account. Manag., vol. 1, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.28992/ijsam.v1i1.22.](#)
- [3] [E. O'Connell, D. Moore, and T. Newe, "CHALLENGES ASSOCIATED WITH IMPLEMENTING 5G IN MANUFACTURING," Telecom, vol. 1, no. 1, pp. 48–67, 2020, doi: 10.3390/telecom1010005.](#)
- [4] [N. Evalina, "ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN 4G LTE OPERATOR X DAN Y DI WILAYAH KAMPUS UTAMA UMSU," Teknol. Rekayasa Jar. Telekomun., vol. 1, no. 1, pp. 13–20, 2021, doi: 10.51510/trekritel.v1i1.396.](#)
- [5] [BPS, "BADAN PUSAT STATISTIK KOTA MALANG \(STATISTICS OF MALANG MUNICI](#)

- PALITY),” 2020, [Online]. Available: <https://malangkota.bps.go.id/indicator/16/158/1/jumlah-wisatawan-mancanegara-di-kota-malang.html>
- [6] J. H. Jo, P. K. Sharma, J. C. S. Sicato, and J. H. Park, “EMERGING TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE SMART CITY NETWORK SECURITY: ISSUES, CHALLENGES, AND COUNTERMEASURES,” *J. Inf. Process. Syst.*, vol. 15, no. 4, pp. 765–784, 2019, doi: 10.3745/JIPS.03.0124.
- [7] P. Uthansakul, P. Anchuen, M. Uthansakul, and A. Ahmad Khan, “ESTIMATING AND SYNTHESIZING QOE BASED ON QOS MEASUREMENT FOR IMPROVING MULTI MEDIA SERVICES ON CELLULAR NETWORKS USING ANN METHOD,” *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 389–402, 2020, doi: 10.1109/TNSM.2019.2946091.
- [8] E. S. Agatha, Y. Saragih, I. Lammada, A. Wijaya, O. M. Aprillia, and N. T. N. Van, “REDESIGN OF APPLICATION WITH NOTIFICATION OF 4G DRIVE TEST RESULTS CELLULAR NETWORK CASE STUDY AREA COVERAGE OF UNIVERSITAS SINGAPERBANGSA KARAWANG,” *Mecn. 2020 - Int. Conf. Mech. Electron. Comput. Ind. Technol.*, pp. 302–305, 2020, doi: 10.1109/MECnIT48290.2020.9166591.
- [9] D. Chandra, Zurnawita, S. Yusnita, D. Meidelfi, and A. F. Kasmar, “THE OPTIMIZATION OF PCI INTERFERENCE IN THE 4G LTE NETWORK IN PADANG,” *Int. J. Informatics Vis.*, vol. 5, no. 3, pp. 256–263, 2021, doi: 10.30630/JOIV.5.3.490.
- [10] P. Harahap, F. I. Pasaribu, and C. A. Siregar, “NETWORK QUALITY COMPARISON 4G LTE X AND Y IN CAMPUS UMSU,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1858, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012010.
- [11] I. Shaye et al., “PERFORMANCE ANALYSIS OF MOBILE BROADBAND NETWORKS WITH 5G TRENDS AND BEYOND: URBAN AREAS SCOPE IN MALAYSIA,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 90767–90794, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3085782.
- [12] A. C. Ekeocha, P. Elechi, and O. C. Nosiri, “PERFORMANCE ANALYSIS OF KPI’S OF A 4G NETWORK IN A SELECTED AREA OF PORT HARCOURT, NIGERIA,” *Trends J. Sci. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 44–50, 2021, doi: 10.31586/wjeee.2021.133.
- [13] U. Jeremiah Ekah, J. Iloke, E. Obi, and I. Ewona, “MEASUREMENT AND PERFORMANCE ANALYSIS OF SIGNAL-TO-INTERFERENCE RATIO IN WIRELESS NETWORKS,” *Asian J. Adv. Res. Reports*, vol. 16, no. 3, pp. 22–31, 2022, doi: 10.9734/ajarr/2022/v16i330462.
- [14] P. Torres et al., “DATA ANALYTICS FOR FORECASTING CELL CONGESTION ON LTE NETWORKS,” *TMA 2017 - Proc. 1st Netw. Traffic Meas. Anal. Conf.*, 2017, doi: 10.23919/TMA.2017.8002917.
- [15] R. Zhohov, “EVALUATING QUALITY OF EXPERIENCE AND REAL-TIME PERFORMANCE OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS,” 2018, [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1259077/FULLTEXT01.pdf>
- [16] D. Minovski, N. Ogren, K. Mitra, and C. Ahlund, “THROUGHPUT PREDICTION USING MACHINE LEARNING IN LTE AND 5G NETWORKS,” *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 22, no. 3, pp. 1825–1840, 2023, doi: 10.1109/TMC.2021.3099397.
- [17] A. Anthony, “EMPIRICAL STUDY OF USERS ACCEPTANCE FACTORS FOR 4G SERVICE: IN CONTEXT OF INDONESIA,” 2016, [Online]. Available: <https://s-space.snu.ac.kr/handle/10371/122619>
- [18] X. Wu, D. C. O’Brien, X. Deng, and J. P. M. G. Linnartz, “SMART HANDOVER FOR HYBRID LIFI AND WIFI NETWORKS,” *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 19, no. 12, pp. 8211–8219, 2020, doi: 10.1109/TWC.2020.3020160.
- [19] D. Chandra, S. Yusnita, D. B. Sitepu, A. Mursydan, and D. Meidelfi, “LTE NETWORK AREA COVERAGE ON FDD AND TDD TECHNOLOGY,” *Int. J. Adv. Sci. Comput. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 21–33, 2020, doi: 10.30630/ijasce.2.1.47.