



Analisis Kualitas Jaringan 4G LTE: Studi Kasus antara Telkomsel dan Tri Melalui Metode Drive Test

Afrizal Yuhaneff*, Dicky Chandra, Isnurisi

Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Padang
Sumatera Barat, Indonesia

*afrizal@pnp.ac.id

Abstract— In the current digital age, 4G Long Term Evolution (LTE) network quality significantly influences consumers' selection of telecommunication providers. While 4G LTE technology promises rapid data transfer rates, the service quality from each provider might differ, influenced by various factors, including geographical location. To assess the service quality in Nanggalo Subdistrict, Padang City, West Sumatra Province, we carried out a drive test with the Telkomsel and Tri operators. This evaluation centered on the RSRP, SINR, and Throughput parameters, employing the benchmark approach. We utilized the TEMS Pocket software for data gathering and the TEMS Discovery software for data analysis. The findings indicated that the Tri operator outperformed with a SINR percentage of 43.17% and Throughput of 83.56%. Conversely, the Telkomsel operator registered a SINR of 17.58% and Throughput of 36.59%. Therefore, based on the data acquired, the Tri operator exhibited superior network performance in the Nanggalo Subdistrict compared to Telkomsel.

Abstrak— Dalam era digital saat ini, kualitas jaringan 4G Long Term Evolution (LTE) menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi pilihan konsumen dalam memilih operator telekomunikasi. Meskipun teknologi 4G LTE menawarkan kecepatan transfer data yang tinggi, kualitas layanan yang diberikan oleh masing-masing operator bisa berbeda, tergantung pada berbagai faktor termasuk lokasi geografis. Untuk mengevaluasi kualitas layanan di Kecamatan Nanggalo, kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, dilakukan *drive test* dengan menggunakan operator *Telkomsel* dan *Tri*. Pengujian ini difokuskan pada parameter RSRP, SINR, dan Throughput dengan metode *benchmark*. Software *TEMS Pocket* digunakan untuk pengambilan data, sementara *TEMS Discovery* digunakan untuk analisis data. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa operator *Tri* memiliki performa yang lebih baik dengan nilai persentase SINR sebesar 43.17% dan Throughput sebesar 83.56%. Di sisi lain, operator *Telkomsel* mencatat nilai SINR sebesar 17.58% dan Throughput sebesar 36.59%. Dengan demikian, berdasarkan data yang diperoleh, operator *Tri* menunjukkan kualitas jaringan yang lebih unggul di wilayah Kecamatan Nanggalo dibandingkan dengan *Telkomsel*.

Kata Kunci— 4G LTE; *drive test*; RSRP; SINR; Throughput.

I. PENDAHULUAN

KEBUTUHAN informasi dan komunikasi masyarakat Indonesia terus mengalami pertumbuhan dari waktu ke waktu. Sebagai respons, penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler terus berinovasi untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin beragam [1]. Salah satu aspek yang menunjukkan pertumbuhan signifikan adalah kebutuhan akan komunikasi paket data [2]. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan di bidang telekomunikasi, teknologi seperti 4G LTE (*Long-Term Evolution*) menjadi esensial bagi pengguna untuk mendapatkan kecepatan transfer data yang optimal [3]. Namun, pertumbuhan jumlah pengguna layanan telekomunikasi ini juga berdampak pada penurunan kualitas jaringan. Untuk mengidentifikasi penyebabnya,

dilakukan *drive test benchmark* [4–7].

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Padang pada tahun 2019, Kecamatan Nanggalo di Kota Padang, yang merupakan kawasan dengan kepadatan penduduk tinggi, mencatat peningkatan jumlah penduduk dari 61.559 jiwa di tahun 2018 menjadi 62.001 jiwa di tahun 2019 [8]. Peningkatan jumlah pengguna layanan telekomunikasi di Kecamatan Nanggalo berpotensi menurunkan kualitas layanan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa kecepatan jaringan 4G LTE di kawasan ini sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Beberapa keluhan yang sering diterima dari *user* antara lain adalah ketidakstabilan jaringan, kesulitan dalam mengakses data, dan kegagalan koneksi di beberapa titik [9]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan *Drive test*, sebuah proses pengumpulan data kualitas jaringan secara *real-time* di lapangan [10, 11]. Hasil dari *Drive test* ini diharapkan dapat memberikan informasi penting bagi operator seperti Telkomsel dan Tri, serta pengguna layanannya

Naskah diterima 07-06-2023, revisi 23-08-2023, terbit online 29-09-2023. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

mengenai RSRP (*Reference Signal Received Power*), SINR (*Signal Interference to Noise Ratio*), dan *Throughput* [12].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kualitas jaringan *4G LTE* dari berbagai operator berdasarkan data dari *Drive test* [13, 14]. Informasi mengenai kekuatan dan kualitas jaringan dari masing-masing operator diharapkan dapat menjadi referensi dalam upaya peningkatan kualitas sinyal dan sebagai pertimbangan bagi pengguna di daerah tersebut dalam memilih operator yang menawarkan pelayanan terbaik.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Nanggalo pada bulan Agustus 2022. Lokasi ini dipilih berdasarkan prevalensi pengguna operator Telkomsel dan Tri, serta adanya laporan mengenai kegagalan akses jaringan internet. Untuk memeriksa kualitas sinyal *4G LTE*, penelitian menggunakan operator Telkomsel dan Tri. Data dikumpulkan dengan alat *Drive test* bernama TEMS Pocket, yang dioperasikan dari kendaraan yang bergerak mengikuti jalur tertentu. Pengambilan data dilakukan pada jam-jam sibuk dan diulangi minimal dua kali untuk memastikan keakuratan. Parameter kualitas yang diukur meliputi RSRP, SINR, dan *Throughput* [15].

Dalam proses *Drive test*, metode *dedicated mode* diterapkan saat MS (Mobile Station) aktif dan bergerak, khususnya saat proses download. Data yang dikumpulkan dianalisis dengan software TEMS Discovery untuk memahami kualitas jaringan sesuai dengan tujuan penelitian [16]. Seluruh pengambilan data dilakukan dengan pendekatan *Drive test benchmarking* [13], dengan kedua operator (Telkomsel dan Tri) hanya menerima jaringan *4G* [10, 17].

Perlengkapan yang digunakan dalam *Drive test* meliputi *smartphone*, *sim card*, GPS, *laptop*, dan *dongle*. Jalur yang akan ditempuh ditentukan melalui software Google Earth, dengan setiap jalur diberi warna berbeda untuk kemudahan identifikasi.

Setelah jalur ditentukan, data dikumpulkan untuk menangani permasalahan yang diteliti. Software TEMS Pocket digunakan untuk mengumpulkan data kualitas jaringan, termasuk RSRP, SINR, dan *Throughput* [18, 19]. Kedua operator, Telkomsel dan Tri, diuji dengan jaringan *4G LTE* tanpa melakukan *lock frequency*. Data yang diperoleh kemudian diproses dengan software TEMS Discovery [20].



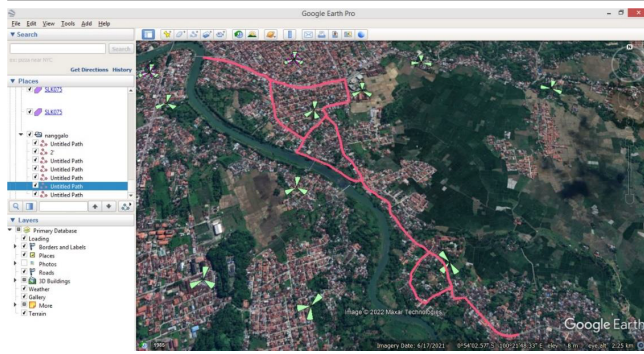
Gambar 1: Diagram Alur Penelitian

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

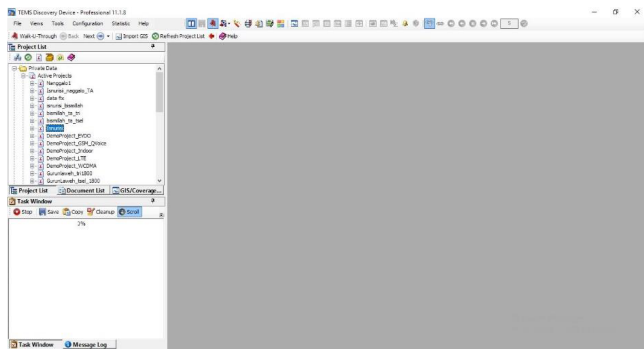
i. Pengukuran RSRP

Berdasarkan rentang nilai RSRP (*Reference Signal Received Power*) terdapat 5 indikator warna yang dimiliki, yang mana setiap warna mempunyai indikator level yang berbeda. 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.

Untuk pengukuran 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 [21], sehingga dari 512



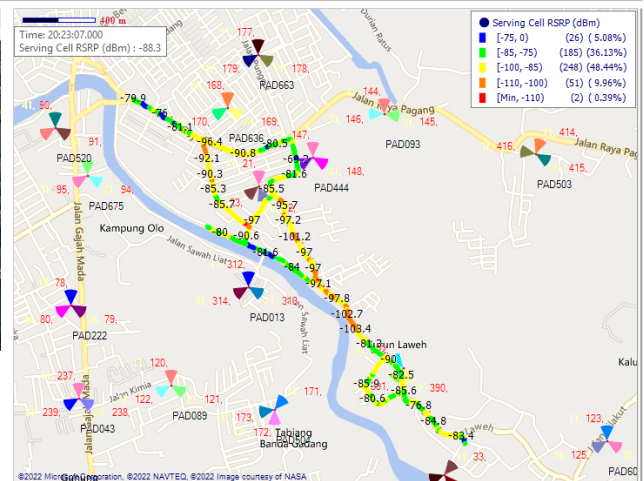
Gambar 2: Jalur Drive Test BTS Nanggalo Pada Google Earth



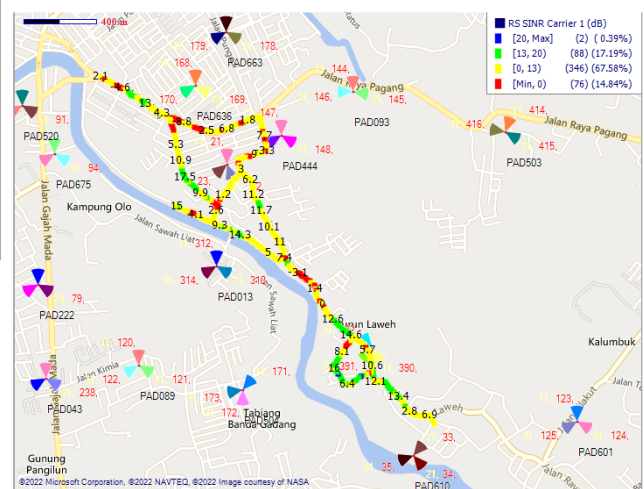
Gambar 3: Worksheet TEMS Discovery

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. Sehingga 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.

Untuk operator Tri, maka 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



Gambar 4: RSRP Operator Telkomsel

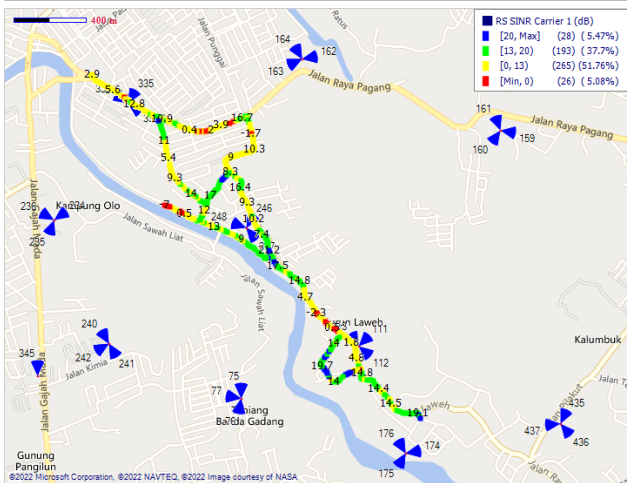


Gambar 5: RSRP Operator Tri

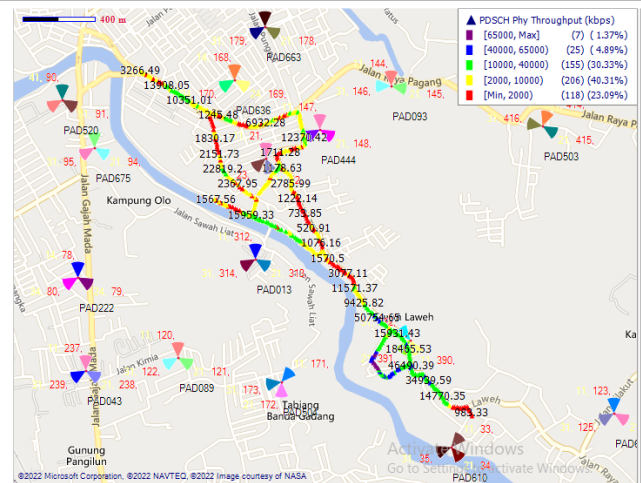
kategori baik. Indikator Kuning sebanyak 241 sampel dengan persentase 47.07% berada pada range -100 dBm hingga -85 dBm dengan kategori cukup baik. Indikator Orange sebanyak 66 sampel dengan persentase 12.89% berada pada range -110 dBm hingga -100 dBm dengan kategori cukup buruk. Indikator Merah sebanyak 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.

ii. Pengukuran SINR

Berdasarkan rentang nilai SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*) pada terdapat 4 indikator warna yang dimiliki, yang mana setiap warna mempunyai indikator level yang berbeda [22]. Indikator Biru kekuatan sinyal



Gambar 6: S/NR Operator Telkomsel



Gambar 7: Throughput Operator Telkomsel

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.

Untuk 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 S/NR 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 S/NR operator Telkomsel di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna Kuning dengan kategori cukup buruk sesuai dengan standar nilai parameter S/NR. Dengan rata-rata wilayahnya pada range 0 dB hingga 13 dB.

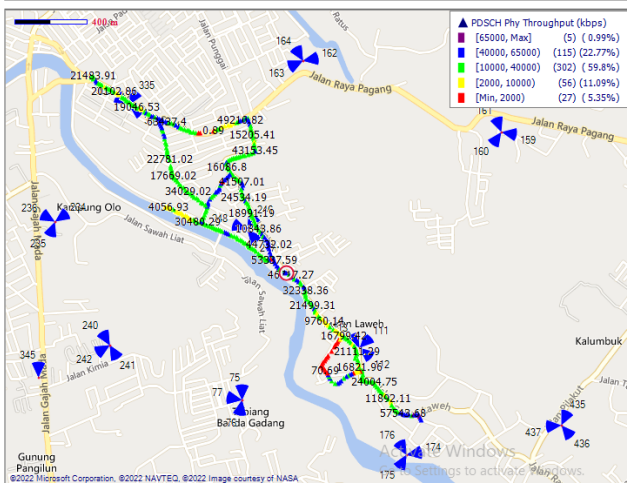
Untuk operator Tri didapatkan 512 sampel yang terukur. Untuk range nilai dari S/NR dibagi dalam 4 kategori warna yang berbeda, sehingga dari 512 sampel terdapat 28 sampel indikator Biru dengan persentase 5.47% berada pada range ≥ 20 dB dengan kategori sangat baik. Indikator Hijau sebanyak 193 sampel 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 S/NR operator Tri di daerah Kecamatan Nanggalo memiliki sampel terbanyak pada indikator warna Kuning dengan kategori cukup buruk sesuai dengan standar nilai parameter S/NR. Dengan rata-rata wilayahnya pada range 0 dB hingga 13 dB.

iii. Hasil Drivetest Parameter Throughput

Berdasarkan rentang nilai Throughput terdapat 5 indikator warna yang dimiliki, yang mana setiap warna mempunyai indikator level yang berbeda [21]. 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 berkisar antara < 2000 Kbps.

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



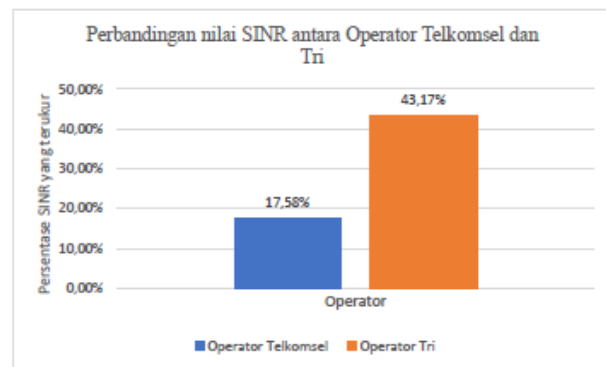
Gambar 8: Throughput Operator Tri

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. Sehingga dari penjelasan tersebut dapat 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.

Hasil *drivetest* 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



Gambar 9: Perbandingan Nilai RSRP



Gambar 10: Perbandingan Nilai SINR

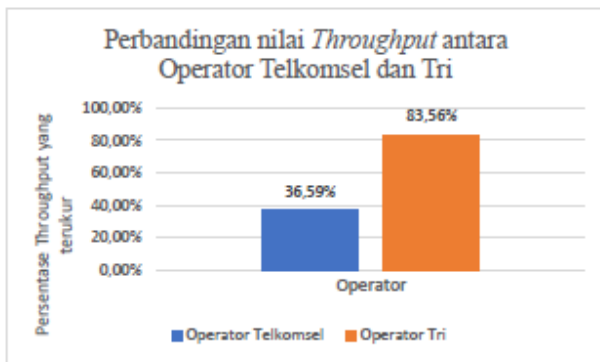
sesuai dengan standar nilai parameter Throughput dengan range kecepatan download nya 10000 kbps hingga 40000 kbps.

iv. *Perbandingan Kualitas Jaringan: Telkomsel vs 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.

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 nya rendah.

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



Gambar 11: Perbandingan Throughput

sih 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.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan standar KPI dapat dibandingkan daerah kecamatan Nanggalo yaitu pada parameter RSRP target $KPI \geq -100$ dBm harus mencapai 90%, pada operator Telkomsel didapatkan nilai dengan persentase 89.65% dan Tri dengan nilai persentase 85.94%. Sehingga hampir memenuhi target KPI. Pada parameter SINR target $KPI \geq 0$ dB harus mencapai 80%, dengan operator Telkomsel memiliki nilai persentase 85.16% sedangkan operator Tri dengan nilai persentase 94.93% telah memenuhi target KPI. Dan pada Parameter Throughput target $KPI \geq 2000$ Kbps harus mencapai 80%, pada operator Telkomsel nilai persentase 76.9% dan operator Tri nilai persentase 94.65%. Maka operator Telkomsel pada 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%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fahlevi and N. S. Alharbi, "The used of technology to improve health social security agency services in indonesia," in *3rd Int. Conf. Cybern. Intell. Syst. ICORIS 2021*, 2021, pp. 1–5.
- [2] P. Jones, M. Wynn, D. Hillier, and D. Comfort, "The sustainable development goals and information and communication technologies," *Indones. J. Sustain. Account. Manag.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2017.
- [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.
- [4] N. Evalina, "Analisis perbandingan kualitas jaringan 4g lte operator x dan y di wilayah kampus utama umsu," *Tekno. Rekayasa Jar. Telekomun.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–20, 2021.
- [5] W. Lv, S. Wu, C. Jiang, Y. Cui, X. Qiu, and Y. Zhang, "Decentralized blockchain for privacy-preserving large-scale contact tracing," *arXiv preprint arXiv:2007.00894*, 2020.
- [6] B. S. Awoyemi, A. S. Alfa, and B. T. Maharaj, "Resource optimisation in 5g and internet-of-things networking," *Wireless personal communications*, vol. 111, pp. 2671–2702, 2020.
- [7] A. Mendiola, J. Astorga, E. Jacob, and K. Stamos, "Enhancing network resources utilization and resiliency in multi-domain bandwidth on demand service provisioning using sdn," *Telecommunication Systems*, vol. 71, no. 3, pp. 505–515, 2019.
- [8] BPS. (2020) Badan pusat statistik kota malang (statistics of malang municipality). [Online]. Available: <https://malangkota.bps.go.id/indicator/16/158/1/jumlah-wisatawan-m mancanegara-di-kota-malang.html>
- [9] 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.
- [10] P. Uthansakul, P. Anchuen, M. Uthansakul, and A. A. Khan, "Estimating and synthesizing qoe based on qos measurement for improving multimedia services on cellular networks using ann method," *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 389–402, 2020.
- [11] 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," in *Mecn. 2020 - Int. Conf. Mech. Electron. Comput. Ind. Technol.*, 2020, pp. 302–305.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] I. Shayea *et al.*, "Performance analysis of mobile broadband networks with 5g trends and beyond: Urban areas scope in malaysia," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 90 767–90 794, 2021.
- [15] 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.
- [16] U. J. 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.
- [17] P. Torres *et al.*, "Data analytics for forecasting cell congestion on lte networks," in *TMA 2017 - Proc. 1st Netw. Traffic Meas. Anal. Conf.*, 2017.
- [18] R. Zhohov. (2018) Evaluating quality of experience and real-time performance of industrial internet of things. [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1259077/FULLTEXT01.pdf>

- [19] 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.
- [20] A. Anthony. (2016) Empirical study of users acceptance factors for 4g service: In context of indonesia. [Online]. Available: <https://s-space.snu.ac.kr/handle/10371/122619>
- [21] 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.
- [22] 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.