Analisis Performa Jaringan 4G LTE Telkomsel di Tinombo Kabupaten Parigi Moutong Sulawesi Tengah

Fachrozi Haykal Nugraha[*1], Dikky Chandra[2], Muhammad Putra Pamungkas[3]
Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang[1,2,3]
*e-mail: haikalsiregar519@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi, khususnya 4G LTE, telah mendorong peningkatan kebutuhan layanan internet berkecepatan tinggi di seluruh wilayah, termasuk daerah pedesaan seperti Kecamatan Tinombo, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. Namun, kondisi geografis yang didominasi perbukitan dan teluk menyebabkan kualitas jaringan 4G LTE Telkomsel di wilayah ini bervariasi dan belum sepenuhnya optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performansi jaringan 4G LTE Telkomsel di Tinombo berdasarkan parameter *Key Performance Indicator* (KPI) yang meliputi *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), dan Signal to Interference and Noise Ratio (SINR). Metode yang digunakan adalah drive test dengan aplikasi *G-NetTrack Pro* pada perangkat *Handphone*, mencakup pengukuran lapangan dari Desa Tinombo hingga Desa Sipayo Kecamatan Sidoan. Data diperoleh melalui konfigurasi perekaman sinyal secara *real-time*, dengan dukungan penentuan rute dan lokasi Base Transceiver Station (BTS) menggunakan Google Earth Pro dan Cell Mapper. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan sinyal, kualitas sinyal, dan tingkat interferensi pada jaringan 4G LTE Telkomsel. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi ilmiah terkait kondisi aktual performa jaringan 4G LTE di daerah pedesaan, serta menjadi acuan bagi penyedia layanan dalam mengoptimalkan kualitas jaringan. Penelitian ini juga relevan bagi akademisi, peneliti, dan praktisi telekomunikasi, khususnya pada bidang *Radio Frequency Engineering*, dalam memahami tantangan teknis implementasi jaringan di wilayah dengan topografi kompleks.

Kata kunci : *4G LTE; RSRP; RSRQ; SINR; Drive test; Tinombo.*

ABSTRACT

The development of communication technology, especially 4G LTE, has driven an increase in the need for high-speed internet services in all regions, including rural areas such as Tinombo District, Parigi Moutong Regency, Central Sulawesi. However, geographical conditions dominated by hills and bays cause the quality of Telkomsel's 4G LTE network in this region to vary and is not fully optimal. This study aims to analyze the performance of Telkomsel's 4G LTE network in Tinombo based on Key Performance Indicator (KPI) parameters which include Reference Signal Received Power (RSRP), Reference Signal Received Quality (RSRQ), and Signal to Interference and Noise Ratio (SINR). The method used is a drive test with the G-NetTrack Pro application on mobile devices, covering field measurements from Tinombo Village to Sipayo Village, Sidoan District. Data is obtained through real-time signal recording configuration, with support for routing and location of Base Transceiver Station (BTS) using Google Earth Pro and Cell Mapper. The analysis was conducted to evaluate the signal strength, signal quality, and interference level on Telkomsel's 4G LTE network. The results of the study are expected to provide scientific information related to the actual condition of 4G LTE network performance in rural areas, as well as become a reference for service providers in optimizing network quality. This research is also relevant for academics, researchers, and telecommunication practitioners, especially in the field of Radio Frequency Engineering, in understanding the technical challenges of network implementation in areas with complex topography.

Keywords **:** *4G LTE; RSRP; RSRQ; SINR; Drive test; Tinombo*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi global mengalami kemajuan pesat seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat untuk berkomunikasi dan bertukar data secara cepat dan efisien melalui perangkat

bergerak. Evolusi sistem komunikasi bergerak dari generasi pertama hingga generasi keempat (4G) telah membawa perubahan signifikan dalam penyediaan layanan telekomunikasi modern (Hoydis, 2023). Salah satu teknologi yang banyak digunakan saat ini adalah 4G Long Term Evolution (LTE), yang dikembangkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP) untuk meningkatkan efisiensi spektrum, kapasitas jaringan radio, dan kualitas layanan broadband bergerak (Al-Dujaili & Al-dulaimi, 2023; Muruganathan dkk., 2021).

Indonesia, penetrasi internet terus menunjukkan tren peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan data Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), jumlah pengguna internet pada tahun 2024 mencapai 221,56 juta jiwa dari total populasi 281 juta, dengan tingkat penetrasi 79,5%. Angka ini meningkat menjadi 231 juta pengguna pada tahun 2025, dengan tingkat penetrasi 82,2% atau naik sekitar 2–3% dibandingkan periode sebelumnya (APJII, 2025). Selain itu, laporan Digital Agency mencatat bahwa sebanyak 190 juta penduduk aktif menggunakan media sosial, dengan rata-rata penggunaan internet selama 8 jam 30 menit per hari, dan 96% akses internet dilakukan melalui perangkat mobile (Wisnuadi, 2025). Kondisi ini mendorong operator telekomunikasi untuk terus meningkatkan kualitas jaringan dan kapasitas layanan agar dapat memenuhi kebutuhan transfer data yang semakin tinggi (Kwon dkk., 2022).

Kecamatan Tinombo, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah, merupakan salah satu wilayah dengan potensi perkembangan infrastruktur yang cukup besar. Wilayah ini memiliki luas 285,9 km² atau sekitar 4,5% dari total luas kabupaten, dan pertumbuhan penduduknya meningkat sebesar 0,3% antara tahun 2015 hingga 2023 (Dunia, 2025; Statistik, 2025; X. Xu et al., 2025). Namun, kondisi geografis yang didominasi perbukitan dan teluk menyebabkan distribusi sinyal 4G LTE Telkomsel di wilayah ini tidak merata. Beberapa titik mengalami kualitas jaringan yang buruk hingga tidak ada sinyal sama sekali, terutama pada daerah dengan lereng curam yang menghambat jangkauan menara BTS (Azmi et al., 2022).

Permasalahan kualitas jaringan ini menjadi tantangan penting bagi penyedia layanan telekomunikasi dalam memastikan pemerataan akses internet di wilayah pedesaan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kondisi jaringan secara aktual adalah *drive test*, yaitu metode pengukuran langsung di lapangan untuk memperoleh informasi kualitas jaringan pada wilayah tertentu (Yuhanef et al., 2023). Penelitian ini berfokus pada analisis performa jaringan 4G LTE Telkomsel di Kecamatan Tinombo dengan menggunakan metode drive test dan pengukuran parameter Key Performance Indicator (KPI), yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), dan *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah mengenai kondisi nyata performa jaringan 4G LTE di daerah pedesaan, serta menjadi dasar bagi operator dalam perencanaan dan optimalisasi jaringan di wilayah dengan topografi yang kompleks. Selain itu, penelitian ini relevan bagi kalangan akademisi, peneliti, dan praktisi telekomunikasi, khususnya dalam bidang *Radio Frequency Engineering*, untuk memahami tantangan teknis dalam implementasi jaringan seluler di daerah terpencil.

Teknologi 4G LTE, 4G LTE (*Long Term Evolution*) merupakan teknologi telekomunikasi yang dikembangkan oleh *Third Generation Partnership Project* (3GPP) sebagai evolusi dari teknologi GSM dan UMTS. Teknologi ini pertama kali diluncurkan secara komersial oleh operator Telia Sonera pada tanggal 14 Desember 2009 di Stockholm dan Oslo (Dawood & Al-Gburi, 2021). Tujuan utama pengembangan LTE adalah untuk menyediakan layanan data dengan kecepatan tinggi, efisiensi spektrum yang lebih baik, latensi rendah, dan dukungan terhadap trafik berbasis paket secara menyeluruh (Pribadi, 2023; Serôdio et al., 2023).

Salah satu ciri khas utama teknologi 4G adalah jaringan yang sepenuhnya berbasis Internet Protocol (IP), sehingga mampu memberikan layanan mobile broadband dengan kecepatan transmisi data mencapai 100 Mbps hingga 1 Gbps tergantung kondisi jaringan (Attaran, 2023; Mishra, 2023). LTE mendukung operator scalable bandwidth dari 1,4 MHz hingga 20 MHz, dengan kecepatan rata-rata sekitar 15 Mbps dan delay 10 ms (Frauendorf & de Souza, 2023). Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk menikmati berbagai layanan seperti internet, streaming, media sosial, dan permainan daring dengan kualitas lebih baik dibandingkan generasi sebelumnya (Alraih dkk., 2022).

Arsitektur jaringan LTE menggunakan sistem *Evolved Packet System* (EPS) yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *User Equipment* (UE), *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), dan *Evolved Packet Core* (EPC) (Kheddar, 2022).

User Equipment (UE) adalah perangkat pengguna yang dilengkapi dengan kartu E-USIM berisi identitas pelanggan dan algoritma keamanan untuk autentikasi dan enkripsi (Sen et al., 2021). E-UTRAN

merupakan komponen yang menangani akses radio antara UE dan jaringan inti, dengan eNodeB sebagai elemen utama untuk pengelolaan sumber daya radio dan penjadwalan uplink dan downlink (Benmadani et al., 2025; Fowdur et al., 2024). EPC berfungsi menangani manajemen mobilitas dan pengiriman paket data berkecepatan tinggi. Komponen utama EPC meliputi MME (*Mobility Management Entity*), SGW (*Serving Gateway*), HSS (*Home Subscriber Server*), PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*), dan PCRF (*Policy Control and Charging Rules Function*) (Çakmak, 2023; Sharma & Goel, 2023). Dengan arsitektur ini, LTE dapat memberikan kecepatan akses lebih cepat dibandingkan sistem berbasis *circuit switching* pada generasi sebelumnya.

Key Performance Indicator (KPI) jaringan seluler merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas jaringan seluler. Menurut *International Telecommunication Union* (ITU), KPI diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama, yaitu *Accessibility*, *Retainability*, dan *Integrity* (Marinova et al., 2025). Di berbagai negara, regulator telekomunikasi menetapkan standar KPI yang harus dipenuhi oleh penyedia layanan seluler (Shakir et al., 2023).

Tabel 1. Standar KPI 4G LTE

	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)	RSSI (dBm)
Sangat Bagus	> -80	> -10	20	> -79
Bagus	-90 ≤ RSRP < -80	-15 ≤ RSRQ < -10	13 ≤ RSRQ < 20	-89 ≤ RSSI < -80
Cukup	-100≤ RSRP < -90	-20≤ RSRQ < -15	0 ≤ RSRQ < 13	-100≤ RSSI < -90
Buruk	< -100	< -20	< 0	< -100

Parameter KPI yang umum digunakan dalam pengukuran jaringan LTE meliputi *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), dan *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR) (Damayanti et al., 2023; Jalaluddin et al., n.d.; Y. Xu et al., 2025).

RSRP (*Reference Signal Received Power*) adalah daya rata-rata sinyal referensi yang diterima oleh perangkat pada bandwidth frekuensi tertentu. Semakin besar nilai RSRP, semakin kuat sinyal yang diterima (Damayanti et al., 2023; Y. Xu et al., 2025). RSRQ (*Reference Signal Received Quality*) mengukur kualitas sinyal yang diterima dan berbanding lurus dengan RSRP. Parameter ini digunakan dalam proses *cell selection*, *reselection*, dan *handover* (Hasan & Kwon, 2025; Jalaluddin et al., n.d.). SINR (*Signal to Interference and Noise Ratio*) menunjukkan perbandingan antara kekuatan sinyal yang diterima dengan interferensi dan noise di sekitarnya. Semakin tinggi nilai SINR, semakin baik kualitas jaringan (Jalaluddin et al., n.d.).

Standar KPI Telkomsel mengklasifikasikan kualitas jaringan berdasarkan rentang nilai parameter tersebut, mulai dari kategori “Sangat Baik” hingga “Sangat Buruk” untuk setiap indikator (Jalaluddin et al., n.d.).

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *drive test* untuk menganalisis performa jaringan 4G LTE Telkomsel di Kecamatan Tinombo, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. Pengukuran dilakukan berdasarkan parameter *Key Performance Indicator* (KPI) yang meliputi *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), dan *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR) (Micheli et al., 2021).

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei kuantitatif dengan pengumpulan data primer melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan teknik *drive test*. Metode ini dipilih karena mampu

memberikan data empiris yang akurat terkait kondisi nyata jaringan seluler pada wilayah penelitian (Yuhanef et al., 2023).

Studi Literatur

Langkah studi literatur adalah titik awal dalam tugas akhir, dilakukan setelah perumusan masalah dan sebelum pengumpulan data. Ini adalah metode pengumpulan referensi teoretis dari jurnal, karya akademis, dan publikasi lain yang relevan dengan topik penelitian. Tujuannya adalah untuk memperkuat pemahaman, mempertajam fokus, mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, dan menyediakan landasan argumentasi serta konteks teoretis yang kokoh untuk analisis selanjutnya.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Tinombo hingga Desa Sipayo, Kecamatan Sidoan, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. Wilayah ini dipilih karena memiliki karakteristik geografis berupa kombinasi dataran rendah dan perbukitan yang dapat memengaruhi penyebaran sinyal jaringan seluler. Penentuan wilayah dan rute pengukuran dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Google Earth Pro dan situs Cell Mapper, yang digunakan untuk memetakan lokasi *Base Transceiver Station* (BTS) Telkomsel dan menentukan rute pengambilan data secara efektif (Jamaly et al., 2019).

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode *drive test* dengan aplikasi G-NetTrack Pro yang diinstal pada perangkat smartphone Poco F6 Pro. *Drive test* dilakukan dengan cara mengemudi mengikuti rute yang telah ditentukan sambil merekam data sinyal secara *real-time*. Parameter yang diukur meliputi: RSRP untuk mengukur kekuatan sinyal dasar, RSRQ untuk mengukur kualitas sinyal, dan SINR untuk mengukur rasio antara sinyal utama dan interferensi.

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data meliputi: Smartphone Poco F6 Pro dengan kartu SIM Telkomsel, Aplikasi G-NetTrack Pro, Laptop untuk pengolahan data, dan GPS sebagai penanda lokasi pengukuran (Micheli et al., 2021).

Sebelum pengambilan data, dilakukan konfigurasi aplikasi G-NetTrack Pro dengan mengaktifkan fitur Data Sequence dan GPS untuk merekam parameter jaringan secara berurutan. Proses perekaman dimulai dengan memilih rute awal di Desa Tinombo dan diakhiri di Desa Sipayo Kecamatan Sidoan (Micheli et al., 2021).

Teknik Analisis Data

Data hasil *drive test* yang telah direkam dianalisis menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk menghitung nilai rata-rata, rentang, serta distribusi frekuensi dari setiap parameter KPI. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan standar KPI Telkomsel (Tabel 2., 3., dan 4.), yang mengklasifikasikan kualitas sinyal ke dalam kategori Sangat Baik, Baik, Cukup, Buruk, dan Sangat Buruk (Jalaluddin et al., n.d.).

Tabel 2. Tabel Range RSRP (Telkomsel)

Warna	Range Nilai RSRP (dBm)	Keterangan
	-80 ≤ RSRP	Sangat Baik
	-90 ≤ RSRP < -80	Baik
	-100 ≤ RSRP < -90	Cukup
	-120 ≤ RSRP < -100	Buruk
	RSRP < -120	Sangat Buruk

Tabel 3. Range Nilai RSRQ (Telkomsel)

Warna	Range Nilai RSRQ (dB)	Keterangan
	-1 ≤ RSRQ	Sangat Baik
	-7 ≤ RSRQ <-1	Baik
	-14≤ RSRQ <-7	Cukup
	-20≤ RSRQ <-14	Buruk

	-20 < RSRQ	Sangat Buruk

Tabel 3. Range Nilai SINR (Telkomsel)

Warna	Range Nilai RSRQ (dB)	Keterangan
	SINR >20	Sangat Baik
	20 ≤ SINR < 10	Baik
	0 ≤ SINR < 10	Cukup Baik
	SINR< 0	Cukup
	-	Sangat Buruk

Selain itu, data pengukuran juga dipetakan secara spasial untuk mengetahui sebaran kualitas sinyal di setiap titik rute pengujian. Hasil analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi area dengan kualitas jaringan yang baik maupun area dengan blind spot atau sinyal lemah, serta mengevaluasi faktor geografis yang memengaruhi kualitas jaringan 4G LTE di wilayah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kecamatan Tinombo, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah, dengan rute pengukuran yang dimulai dari Desa Tinombo hingga Desa Sipayo, Kecamatan Sidoan. Wilayah ini memiliki luas sekitar 285,9 km² atau 4,5% dari total luas Kabupaten Parigi Moutong dan terletak di sisi timur Pulau Sulawesi yang dikelilingi oleh Teluk Tomini (Dunia, 2025). Topografi wilayah terdiri dari dataran rendah di sepanjang pantai dan perbukitan dengan ketinggian bervariasi. Kondisi geografis ini memengaruhi penyebaran sinyal jaringan seluler, terutama pada area dengan banyak bukit dan lembah yang dapat menghambat jangkauan *Base Transceiver Station* (BTS) (Azmi et al., 2022).

Penentuan rute pengukuran dilakukan dengan bantuan Google Earth Pro dan situs Cell Mapper untuk memetakan lokasi BTS Telkomsel dan menentukan jalur *drive test* yang representatif (Jamaly et al., 2019). Pengukuran lapangan dilakukan dalam kondisi cuaca cerah dan waktu siang hari antara pukul 14.00–16.00 WITA sebagai jam sibuk penggunaan jaringan (Micheli et al., 2021).

Hasil Pengukuran Parameter KPI

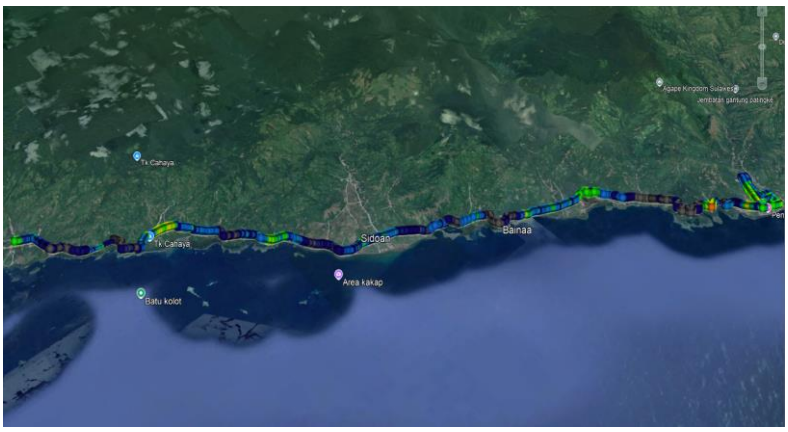
Drive test menghasilkan 8.094 titik pengukuran, dengan tiga parameter utama yang dianalisis yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Reference Signal Received Quality* (RSRQ), dan *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR) (Micheli et al., 2021). Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan standar KPI Telkomsel (Tabel 2., 3., dan 4.), yang mengklasifikasikan kualitas jaringan menjadi “Sangat Baik”, “Baik”, “Cukup”, “Buruk”, dan “Sangat Buruk” (Jalaluddin et al., n.d.).

a. Hasil Pengukuran RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal dasar yang diterima perangkat dari menara BTS. Hasil pengukuran menunjukkan nilai RSRP berkisar antara –66 dBm hingga –200 dBm, dengan rata-rata –99,63 dBm, yang tergolong kategori “Cukup” menurut standar Telkomsel (Jalaluddin et al., n.d.).

Distribusi kualitas sinyal berdasarkan kategori adalah sebagai berikut: “Sangat Baik” sebesar 4%, “Baik” 18%, “Cukup” 32%, “Buruk” 44%, dan “Sangat Buruk” 2%. Grafik sebaran menunjukkan bahwa wilayah Tinombo hingga Sidoan didominasi kategori “Cukup” dan “Buruk” (Jalaluddin et al., n.d.).

Nilai RSRP tertinggi (–66 dBm) tercatat di Desa Sidoan, sedangkan nilai terendah (–200 dBm) terjadi di wilayah yang terhalang kontur perbukitan seperti Desa Polobuu. Kondisi geografis yang tidak mendukung, seperti adanya bukit setinggi 68 m dan 130 m di sekitar Polobuu, menyebabkan wilayah tersebut menjadi area blind spot (Micheli et al., 2021).



Gambar 1. Coverage RSRP (Reference Signal Received Power)

Gambar 1. Data *drive test* menggunakan *G-NetTrack Pro* (dari Tinombo ke Sipayo) mengukur RSRP (*Reference Signal Received Power*), di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kekuatan sinyal dan konektivitas yang lebih baik.

G2 -92

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatorname	Node	NetworkTech	Level (dBm)	Keterangan		Warna	Range	ket
2	2025.05.21_14.08.15	120.283.346	0.389702	Telkomsel	358008	4G	-92	Cukup			-80 < RSRP	Sangat Baik
3	2025.05.21_14.08.16	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-92	Cukup			-90 <= RSRP < -80	Baik
4	2025.05.21_14.08.23	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-96	Cukup			-100 <= RSRP < -90	Cukup
5	2025.05.21_14.08.23	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-96	Cukup			-120 <= RSRP < -100	Buruk
6	2025.05.21_14.08.24	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup			RSRP < -120	Sangat Buruk
7	2025.05.21_14.08.25	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup				
8	2025.05.21_14.08.25	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup				
9	2025.05.21_14.08.26	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup				
10	2025.05.21_14.08.26	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-103	Buruk		Range	Jumlah titik Sampel	Persentase
11	2025.05.21_14.08.27	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-103	Buruk		Merah	295	4%
12	2025.05.21_14.08.28	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup		Kuning	1493	18%
13	2025.05.21_14.08.29	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup		Hijau	2562	32%
14	2025.05.21_14.08.30	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-97	Cukup		Biru	3565	44%
15	2025.05.21_14.08.30	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-92	Cukup		Abu-Abu	179	2%
16	2025.05.21_14.08.31	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-92	Cukup		Total	8094	100%
17	2025.05.21_14.08.32	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-92	Cukup				
18	2025.05.21_14.08.33	120.283.454	0.390004	Telkomsel	358008	4G	-92	Cukup		Jumlah	8094	

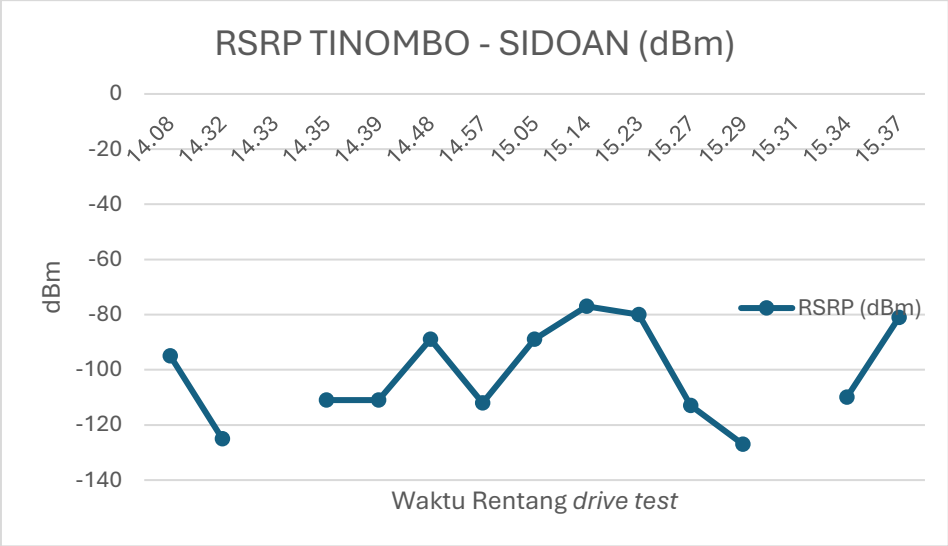
Gambar 2. Data Sampling RSRP (Reference Signal Received Power)

Gambar 2. selama drive test dari Tinombo ke Sipayo, aplikasi GNet-Track Pro merekam total 8094 sampel RSRP (*Reference Signal Received Power*) antara pukul 14.08.15 hingga 15.37.57 WITA. Data ini kemudian diolah untuk mencari rata-rata menggunakan Microsoft Excel dan diklasifikasikan kualitasnya berdasarkan warna standar: Merah (Sangat Baik), Hijau (Baik/Cukup), Biru (Buruk), dan Abu-abu/Hitam (Sangat Buruk).

Tabel 5. Hasil perekaman parameter KPI RSRP (Reference Signal Received Power)

Tempat	Waktu (WITA)	Nilai RSRP
Desa Tinombo	14.08.15	-92 dBm,
	14.32.25	-125 dBm
	14.33	Tidak Ada Sinyal semuanya
Desa Silabia	14.35.28	-111 dBm
	14.39.52	-111 dBm
Daerah Baina'a selatan	14.48.20	-89 dBm
	14.57.21	-112 dBm
Desa Sidoan	15.05.48	-89 dBm
	15.14.40	-77 dBm
Desa Bondoyong	15.23.01	-80 dBm
	15.27.51	-113 dBm
Daerah Polobu'u	15.29.37	-127 dBm
	15.31.48	Tidak Ada Sinyal
Desa Sipayo	15.34.40	-110 dBm
	15.37.57	-81 dBm

Berdasarkan tabel 5. pengukuran RSRP (*Reference Signal Received Power*) melalui drive test dari Tinombo hingga Sipayo (14.08–15.37 WITA) menunjukkan fluktuasi sinyal yang tinggi. Pengujian dimulai dengan RSRP -92 dBm di Tinombo dan sempat mengalami hilang sinyal di Tinombo dan Polobu'u karena kondisi geografis. Sebagian besar wilayah seperti Silabia dan perbatasan desa menunjukkan kondisi Buruk (-110 hingga -125 dBm). Peningkatan signifikan terjadi di Sidoan yang mencatat RSRP Sangat Bagus (-77 dBm). Meskipun sempat menurun drastis, pengukuran diakhiri di Sipayo dengan kondisi Baik (-81 dBm).



Gambar 3. Grafik RSRP Tinombo-Sidoan

Pada Gambar 3. grafik RSRP terhadap waktu menunjukkan dua titik waktu tanpa pengukuran RSRP (tidak ada sinyal), yaitu di Tinombo (14.33 WITA) dan Polobu'u (sekitar 15.31 WITA). Hal ini disebabkan oleh faktor geografis yang menghalangi cakupan sinyal (coverage) di kedua daerah tersebut.

Tabel 6. Hasil persentase data *drive test* untuk nilai RSRP

Warna	Rentang	Jumlah data Titik Koordinat	Persentase
	-80 ≤ RSRP	295	4%
	-90 ≤ RSRP < -80	1493	18%
	-100 ≤ RSRP < -90	2562	32%
	-120 ≤ RSRP < -100	3565	44%
	RSRP < -120	179	2%
	No Signal	0	0%
Nilai RSRP Terbaik	-66 dBm	8094	100%
Nilai RSRP Terburuk	-200 dBm		
Rata-rata RSRP	-99,63 dBm	Kategori “Cukup”	

Berdasarkan tabel 6. analisis persentase data RSRP (*Reference Signal Received Power*) dari total 8.094 sampel menunjukkan variasi signifikan pada parameter kekuatan sinyal, dengan rentang terukur antara -66 dBm (maksimum) hingga -200 dBm (minimum). Distribusi data didominasi oleh dua kategori: Biru (44%)

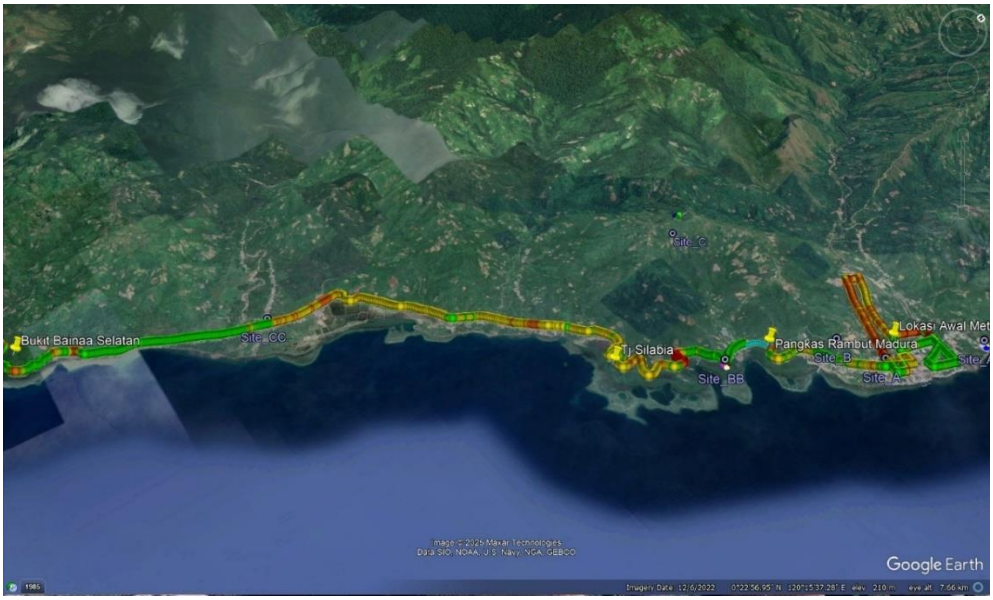
dan Hijau (32%), diikuti Kuning (18%), Merah (4%), dan Abu-abu (2%). Berdasarkan dominasi persentase gabungan kategori Hijau dan Biru, kekuatan jaringan 4G LTE Telkomsel di area survei diklasifikasikan secara keseluruhan sebagai Cukup.

b. Hasil Pengukuran RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

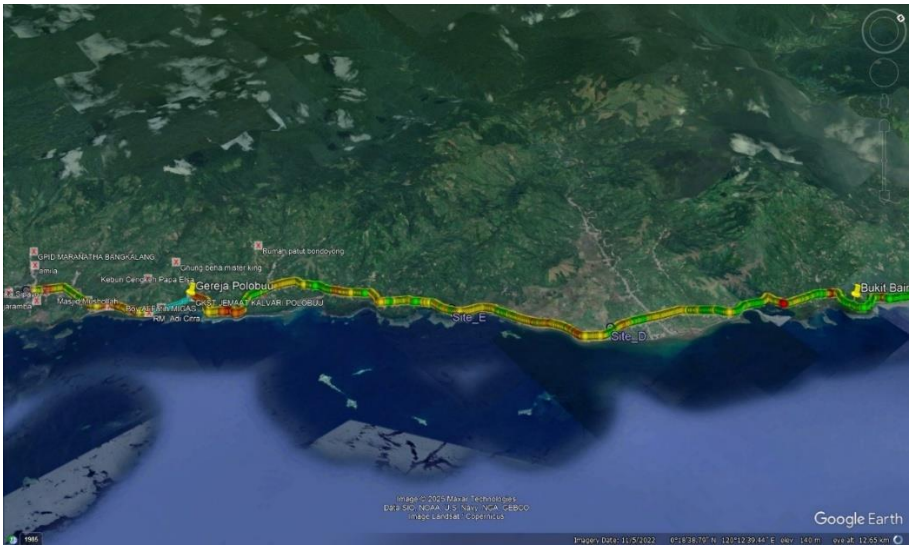
RSRQ mengukur kualitas sinyal yang diterima oleh pengguna dan berbanding lurus dengan RSRP (Hasan & Kwon, 2025; Jalaluddin et al., n.d.). Hasil pengukuran menunjukkan nilai RSRQ berkisar antara –3 dB hingga –20 dB, dengan rata-rata –8,30 dB, yang termasuk kategori "Cukup" menurut standar Telkomsel (Jalaluddin et al., n.d.).

Sebagian besar titik pengukuran berada pada kategori "Cukup" (62,55%) dan "Baik" (31,72%), sedangkan kategori "Buruk" hanya 2,17%. Tidak terdapat titik dengan kategori "Sangat Baik" (Jalaluddin et al., n.d.).

Kualitas RSRQ yang rendah ditemukan pada wilayah Baina'a Selatan (–18 dB) akibat terhalang dua bukit dengan ketinggian 57 m dan 128 m. Sementara itu, wilayah datar seperti Desa Sidoan menunjukkan nilai RSRQ lebih stabil di kisaran –7 dB hingga –10 dB (Micheli et al., 2021).



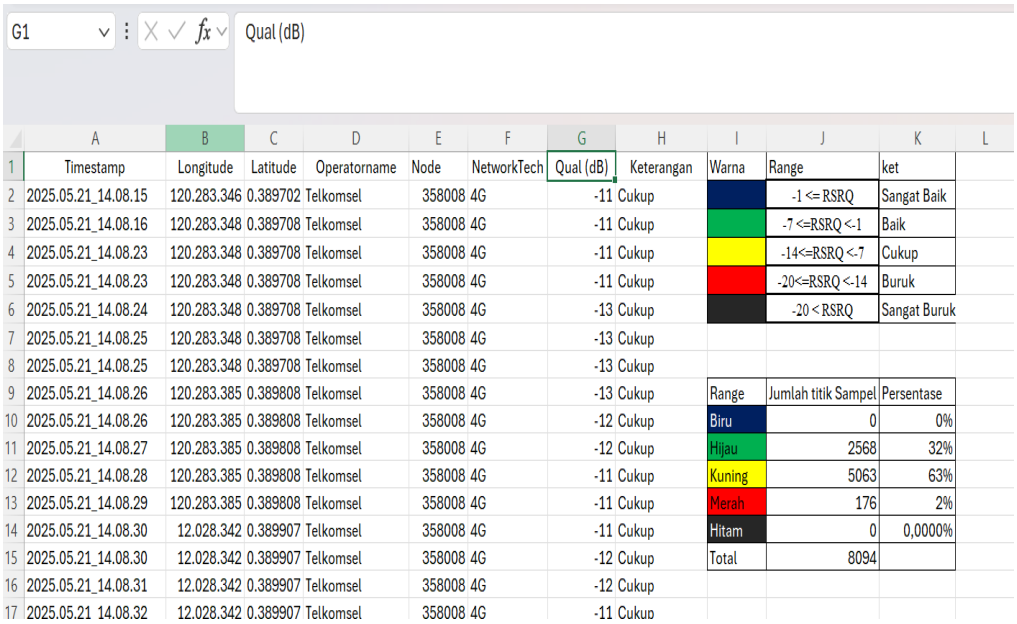
Gambar 4. Data RSRQ Tinombo-Bukit Baina'a Selatan



Gambar 5. Data RSRQ Baina'a Selatan – Andika Motor (desa Sipayo)

Drive test menggunakan G-NetTrack Pro mengukur RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), yang menunjukkan kualitas sinyal. Pengukuran pada rute Tinombo hingga Bukit Baina'a Selatan menunjukkan

bahwa sebagian besar kualitas jaringan berada dalam kategori Baik dan Cukup, mengindikasikan konektivitas yang memadai.



G1 | Qual (dB)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatorname	Node	NetworkTech	Qual (dB)	Keterangan	Warna	Range	ket	
2	2025.05.21_14.08.15	120.283.346	0.389702	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup		-1 <= RSRQ	Sangat Baik	
3	2025.05.21_14.08.16	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup		-7 <=RSRQ <-1	Baik	
4	2025.05.21_14.08.23	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup		-14<=RSRQ <-7	Cukup	
5	2025.05.21_14.08.23	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup		-20<=RSRQ <-14	Buruk	
6	2025.05.21_14.08.24	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-13	Cukup		-20 < RSRQ	Sangat Buruk	
7	2025.05.21_14.08.25	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-13	Cukup				
8	2025.05.21_14.08.25	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	-13	Cukup				
9	2025.05.21_14.08.26	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-13	Cukup	Range	Jumlah titik Sampel	Persentase	
10	2025.05.21_14.08.26	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-12	Cukup	Biru	0	0%	
11	2025.05.21_14.08.27	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-12	Cukup	Hijau	2568	32%	
12	2025.05.21_14.08.28	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup	Kuning	5063	63%	
13	2025.05.21_14.08.29	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup	Merah	176	2%	
14	2025.05.21_14.08.30	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup	Hitam	0	0,0000%	
15	2025.05.21_14.08.30	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-12	Cukup	Total	8094		
16	2025.05.21_14.08.31	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-12	Cukup				
17	2025.05.21_14.08.32	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	-11	Cukup				

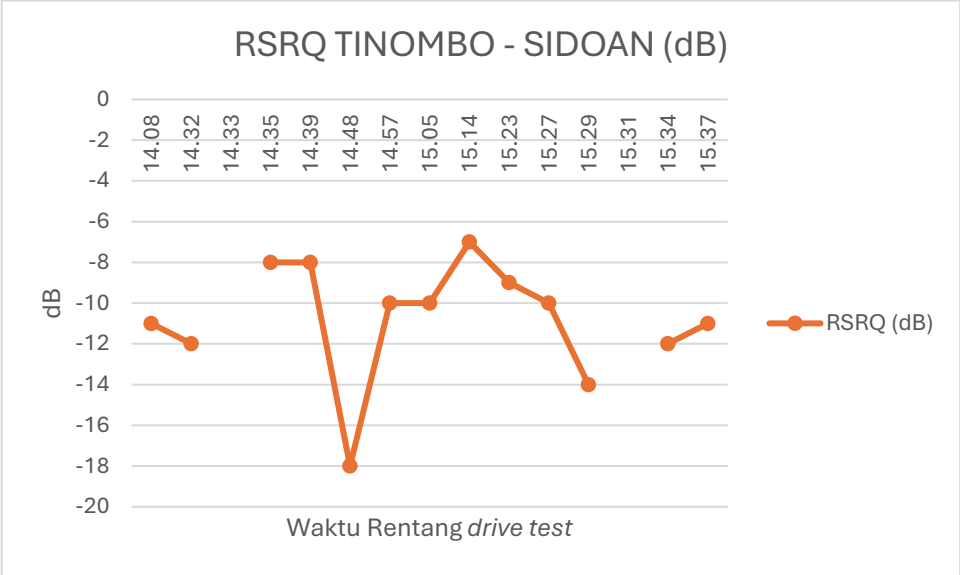
Gambar 6. Data Sampling RSRQ

Pada Gambar 6. data RSRQ (*Reference Signal Received Quality*) dikumpulkan melalui drive test menggunakan GNet-Track Pro dari Tinombo ke Sipayo. Sebanyak 8094 sampel RSRQ direkam antara pukul 14.08.15 hingga 15.37.57 WITA, kemudian dihitung rata-ratanya menggunakan Excel. Kualitas sinyal RSRQ diklasifikasikan berdasarkan standar warna: Biru (Sangat Baik), Hijau (Baik), Kuning (Cukup), Merah (Buruk), dan Abu-abu/Hitam (Sangat Buruk).

Tabel 7. Hasil perekaman Parameter KPI RSRQ (Reference Signal Received Quality)

Tempat	Waktu (WITA)	Nilai RSRQ (dB)
Desa Tinombo	14.08.15	-11
	14.32.25	-12
	14.33	Tidak Ada Sinyal
Desa Silabia	14.35.28	-8
	14.39.52	-8
Daerah Baina’a selatan	14.48.20	-18
	14.57.21	-10
Desa Sidoan	15.05.48	-10
	15.14.40	-7
Desa Bondoyong	15.23.01	-9
	15.27.51	-10
Daerah Polobu’u	15.29.37	-14
	15.31.48	Tidak Ada Sinyal
Desa Sipayo	15.34.40	-12
	15.37.57	-11

Berdasarkan tabel 7. Pengukuran parameter RSRQ (*Reference Signal Received Quality*) sepanjang rute drive test Tinombo–Sipayo (14.08–15.37 WITA) menunjukkan kualitas sinyal yang didominasi oleh kategori Cukup (misalnya, Tinombo -11 dB, Silabia -8 dB, dan Sidoan -7 dB hingga -10 dB). Meskipun demikian, terdapat dua anomali kualitas sinyal: penurunan signifikan ke kategori Buruk di Baina’a Selatan (-18 dB) dan awal Sipayo (-12 dB), serta pencatatan dua insiden hilang sinyal (sinyal tidak tercakup) pada waktu 14.33 WITA di Tinombo dan 15.31 WITA di Polobu'u, yang diindikasikan oleh kondisi geografis. Pengukuran diakhiri di Sipayo dengan kualitas Cukup (-11 dB).



Gambar 7. Data Grafik RSRQ

Berdasarkan gambar 7. grafik RSRQ terhadap waktu menunjukkan dua insiden hilang sinyal (tidak ada pengukuran RSRQ) akibat faktor geografis, yaitu di Tinombo pada pukul 14.33 WITA dan di Polobu'u sekitar pukul 15.31 WITA. Kejadian ini mengindikasikan bahwa kedua lokasi tersebut tidak tercakup sinyal (*coverage*) dengan baik.

Tabel 8. Persentase data *drive test* untuk nilai RSRQ

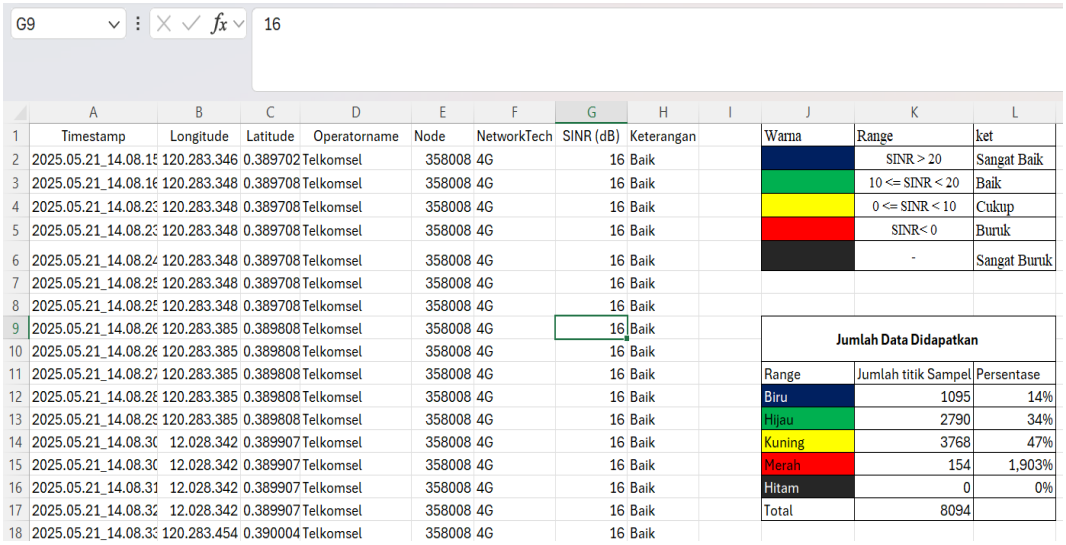
Warna	Rentang	Jumlah data Titik Koordinat	Persentase
	-1 ≤ RSRQ	0	0%
	-7 ≤ RSRQ <-1	2568	31,72%
	-14≤ RSRQ <-7	5063	62,55%
	-20≤ RSRQ <-14	176	2,17%
	-20 < RSRQ	0	0,000%
	No Signal	287	3,54%
Nilai terbaik RSRQ	-3 dB	8094	100%
Nilai terburuk RSRQ	-20 dB		
Rata-rata RSRQ	-8,298 dB	Kategori “Cukup”	

Berdasarkan tabel 8. Analisis terhadap 8.094 sampel data RSRQ (Reference Signal Received Quality) menunjukkan rentang nilai terukur yang luas, berkisar dari -3 dB (maksimum) hingga -20 dB (minimum). Secara persentase, distribusi kualitas sinyal didominasi secara signifikan oleh kategori Kuning (63%) dan Hijau (32%). Berdasarkan dominasi persentase gabungan kedua kategori tersebut, kualitas jaringan 4G LTE Telkomsel di wilayah studi dikategorikan sebagai Cukup (*Sufficient*).

c. Hasil Pengukuran SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*)

Parameter SINR menunjukkan perbandingan antara sinyal utama dengan interferensi dan noise yang ada di sekitar. Hasil pengukuran menunjukkan nilai SINR berkisar antara –1 dB hingga 23 dB, dengan variasi kualitas yang cukup lebar antar lokasi (Jalaluddin et al., n.d.).

Nilai SINR tertinggi (23 dB) diperoleh di Desa Sidoan, sedangkan nilai terendah (–1 dB) tercatat di wilayah Baina'a Selatan (Micheli et al., 2021). Secara umum, wilayah datar seperti Tinombo dan Bondoyong menunjukkan kualitas SINR yang baik hingga sangat baik (≥ 13 dB), sedangkan wilayah berbukit seperti Silabia dan Polobuu menunjukkan nilai SINR rendah akibat interferensi tinggi dan hambatan geografis (Jalaluddin et al., n.d.).



	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
1	Timestamp	Longitude	Latitude	Operatorname	Node	NetworkTech	SINR (dB)	Keterangan	Warna	Range	ket
2	2025.05.21_14.08.15	120.283.346	0.389702	Telkomsel	358008	4G	16	Baik		SINR > 20	Sangat Baik
3	2025.05.21_14.08.16	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	16	Baik		10 <= SINR < 20	Baik
4	2025.05.21_14.08.23	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	16	Baik		0 <= SINR < 10	Cukup
5	2025.05.21_14.08.23	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	16	Baik		SINR< 0	Buruk
6	2025.05.21_14.08.24	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	16	Baik		-	Sangat Buruk
7	2025.05.21_14.08.25	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	16	Baik			
8	2025.05.21_14.08.25	120.283.348	0.389708	Telkomsel	358008	4G	16	Baik			
9	2025.05.21_14.08.26	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Jumlah Data Didapatkan		
10	2025.05.21_14.08.26	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	16	Baik			
11	2025.05.21_14.08.27	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Range	Jumlah titik Sampel	Persentase
12	2025.05.21_14.08.28	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Biru	1095	14%
13	2025.05.21_14.08.29	120.283.385	0.389808	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Hijau	2790	34%
14	2025.05.21_14.08.30	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Kuning	3768	47%
15	2025.05.21_14.08.30	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Merah	154	1,903%
16	2025.05.21_14.08.31	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Hitam	0	0%
17	2025.05.21_14.08.32	12.028.342	0.389907	Telkomsel	358008	4G	16	Baik	Total	8094	
18	2025.05.21_14.08.33	120.283.454	0.390004	Telkomsel	358008	4G	16	Baik			

Gambar 8. Data Sampling SINR

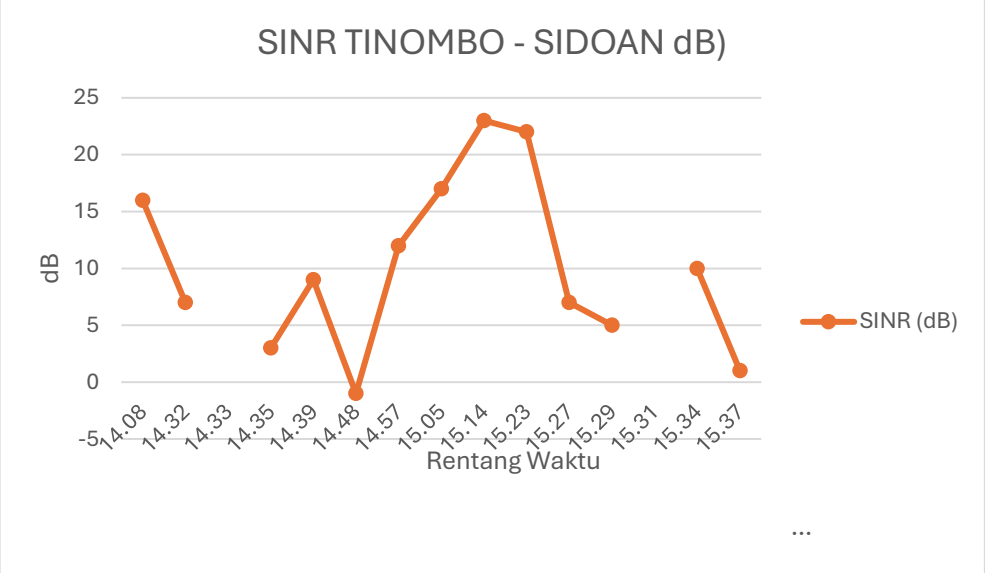
Berdasarkan Gambar 8. data SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*) dikumpulkan melalui drive test menggunakan GNet-Track Pro dari Tinombo ke Sipayo. Sebanyak 8.094 sampel SINR direkam antara pukul 14.08.15 hingga 15.37.57 WITA, kemudian dihitung rata-ratanya menggunakan Excel. Kualitas SINR diklasifikasikan berdasarkan standar warna: Biru (Sangat Baik), Hijau (Baik), Kuning (Cukup), Merah (Buruk), dan Abu-abu/Hitam (Sangat Buruk).

Tabel 9. Hasil perekaman parameter KPI SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

Tempat	Waktu (WITA)	Nilai SINR (dBm)
Desa Tinombo	14.08.15	16
	14.32.25	7
	14.33	Tidak Ada Sinyal semuanya
Desa Silabia	14.35.28	3
	14.39.52	9
Daerah Baina'a selatan	14.48.20	-1
	14.57.21	12
Desa Sidoan	15.05.48	17
	15.14.40	23
Desa Bondoyong	15.23.01	22
	15.27.51	7
Daerah Polobu'u	15.29.37	5
	15.31.48	Tidak Ada Sinyal
Desa Sipayo	15.34.40	10
	15.37.57	1

Berdasarkan tabel 9. Pengukuran SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*) selama drive test Tinombo–Sipayo (14.08–15.37 WITA) menunjukkan variasi kualitas sinyal. Sinyal umumnya berada di

kategori Cukup/Baik, bahkan mencapai Sangat Baik di Sidoan (23 dB) dan Bondoyong (22 dB). Namun, tercatat kualitas Buruk di Baina'a Selatan (-1 dB), dan terjadi kehilangan sinyal total di dua titik (Tinombo dan Polobu'u) karena faktor geografis. Pengujian diakhiri di Sipayo dengan kondisi Cukup (1 dB).



Gambar 9. Data Grafik SINR

Pada gambar 9. Grafik SINR (*Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio*) terhadap waktu (Gambar 4.16) menunjukkan dua titik waktu tanpa pengukuran SINR, yang mengindikasikan hilangnya sinyal di lokasi tersebut. Titik pertama adalah di Tinombo pada pukul 14.33 WITA, dan titik kedua adalah di Polobu'u sekitar pukul 15.31 WITA.

Tabel 10. Persentase data drive test untuk nilai SINR

Warna	Rentang	Jumlah data Titik Koordinat	Persentase
	SINR >20	1095	13,52%
	20 ≤ SINR < 10	2790	34,46%
	0 ≤ SINR < 10	3768	46,55%
	SINR< 0	154	1,93%
	-	-	-
	No Signal	287	3,54%
Nilai terbaik SINR	29 dB	8094	100%
Nilai terburuk SINR	-7 dB		
Rata-rata SINR	9,870	Kategori “Cukup”	

Berdasarkan tabel 10. Analisis terhadap total 8.094 sampel data SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*) menunjukkan variabilitas nilai yang signifikan, berkisar antara deviasi tertinggi 29 dBm dan terendah -7 dBm. Distribusi kualitas sinyal didominasi oleh kategori Kuning (47%) dan Hijau (34%), diikuti oleh Biru (14%), Merah (1,903%), dan Abu-abu/Hitam (0%). Berdasarkan dominasi persentase pada skala "Cukup", kekuatan jaringan 4G LTE secara keseluruhan di area studi diklasifikasikan sebagai Cukup (*Sufficient*).

Sebaran Spasial Kualitas Jaringan

Pemetaan sebaran kualitas sinyal menunjukkan bahwa wilayah dengan kualitas "Baik" dan "Sangat Baik" cenderung berada pada area terbuka, datar, dan dekat dengan lokasi BTS, seperti Desa Sidoan dan Bondoyong. Sebaliknya, wilayah dengan kualitas "Buruk" hingga "Sangat Buruk" berada di daerah belakang bukit, lembah sempit, atau lokasi yang jauh dari BTS, seperti Silabia dan Polobuu (Micheli et al., 2021). Fenomena *blind spot* jelas terlihat pada wilayah yang berada di balik perbukitan atau area teluk yang menjorok ke daratan.

Ringkasan Hasil Penelitian

Secara umum, hasil pengukuran menunjukkan bahwa:

Kekuatan sinyal (RSRP) berada pada kategori "Cukup", dengan variasi yang sangat dipengaruhi kondisi topografi.

Kualitas sinyal (RSRQ) didominasi kategori "Cukup" dan "Baik", dengan penurunan kualitas signifikan pada wilayah berbukit.

Rasio sinyal terhadap interferensi (SINR) menunjukkan kualitas yang baik di wilayah datar, namun rendah di wilayah dengan banyak hambatan fisik.

Temuan ini memperlihatkan bahwa topografi wilayah menjadi faktor dominan yang memengaruhi performa jaringan 4G LTE Telkomsel di Kecamatan Tinombo (Damayanti et al., 2023; Jalaluddin et al., n.d.; Micheli et al., 2021).

Pembahasan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kualitas jaringan 4G LTE Telkomsel di Kecamatan Tinombo secara umum berada dalam kategori "Cukup", dengan variasi kualitas yang dipengaruhi oleh kondisi geografis dan jarak terhadap *Base Transceiver Station* (BTS). Berdasarkan parameter RSRP, RSRQ, dan SINR, wilayah dengan topografi datar cenderung memiliki kualitas sinyal yang lebih baik dibandingkan wilayah berbukit atau lembah tertutup (Jalaluddin et al., n.d.; Micheli et al., 2021).

1. Pengaruh Topografi terhadap Kekuatan Sinyal (RSRP)

Nilai RSRP yang berkisar antara –66 dBm hingga –200 dBm menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada kekuatan sinyal di setiap lokasi pengukuran. Wilayah yang berada dekat dengan BTS dan memiliki kontur datar, seperti Desa Sidoan dan Bondoyong, menunjukkan nilai RSRP yang stabil dan masuk dalam kategori "Baik" hingga "Sangat Baik". Sebaliknya, wilayah yang berada di balik bukit seperti Desa Polobuu dan Silabia mengalami penurunan kekuatan sinyal secara drastis hingga kategori "Sangat Buruk" (Micheli et al., 2021).

Fenomena ini konsisten dengan teori propagasi gelombang radio, di mana jarak dan hambatan fisik seperti perbukitan dapat menyebabkan pelemahan daya sinyal (path loss) secara signifikan (Damayanti et al., 2023). LTE bekerja pada frekuensi tinggi sehingga lebih sensitif terhadap halangan dibandingkan teknologi seluler generasi sebelumnya (Y. Xu et al., 2025). Oleh karena itu, daerah yang memiliki elevasi tinggi atau posisi di balik bukit sering mengalami area blind spot yang ditandai dengan hilangnya sinyal secara tiba-tiba meskipun berada dalam jangkauan makro jaringan.

2. Kualitas Sinyal (RSRQ) dan Interferensi Lingkungan

Nilai rata-rata RSRQ sebesar –8,30 dB yang tergolong "Cukup" mencerminkan adanya gangguan atau penurunan kualitas sinyal akibat interferensi maupun kondisi radio lingkungan. RSRQ yang buruk (≤ –15 dB) terutama ditemukan di wilayah Baina'a Selatan dan Polobuu, yang dikelilingi bukit setinggi 57–128 m [33].

Menurut standar KPI Telkomsel, nilai RSRQ yang rendah sering dikaitkan dengan kondisi kanal yang tidak ideal, seperti penurunan throughput, peningkatan latency, dan risiko packet loss (Hasan & Kwon, 2025; Jalaluddin et al., n.d.). Faktor lingkungan seperti vegetasi lebat dan bentuk kontur lembah dapat menyebabkan multipath fading, yang pada akhirnya menurunkan kualitas sinyal meskipun daya sinyal (RSRP) tidak terlalu rendah (Damayanti et al., 2023). Dengan demikian, kualitas jaringan tidak hanya ditentukan oleh kekuatan sinyal, tetapi juga kestabilan kanal transmisi.

3. SINR sebagai Indikator Kualitas Layanan

Parameter SINR yang menunjukkan rasio antara sinyal utama dengan interferensi dan noise memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap kualitas jaringan. Nilai SINR di wilayah datar seperti Tinombo dan Sidoan umumnya ≥ 13 dB dan masuk kategori "Baik" hingga "Sangat Baik", sedangkan wilayah seperti Silabia dan Baina'a Selatan menunjukkan nilai rendah bahkan negatif (–1 dB) (Jalaluddin et al., n.d.; Micheli et al., 2021).

Nilai SINR yang rendah menandakan bahwa interferensi dari sel tetangga atau pantulan sinyal cukup tinggi. Kondisi ini sering terjadi di wilayah berbukit, di mana sinyal dapat terpantul secara acak dan menyebabkan penurunan kualitas kanal uplink maupun downlink. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar sistem LTE, di mana kualitas layanan sangat bergantung pada perbandingan sinyal terhadap interferensi, bukan hanya kekuatan sinyal (Jalaluddin et al., n.d.; Y. Xu et al., 2025).

4. Implikasi terhadap Optimalisasi Jaringan

Temuan penelitian ini memberikan gambaran penting bahwa kondisi geografis menjadi faktor utama yang memengaruhi performa jaringan 4G LTE Telkomsel di Kecamatan Tinombo. Wilayah dengan kontur yang kompleks membutuhkan strategi khusus dalam perencanaan jaringan. Beberapa pendekatan teknis yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah ini antara lain:

a) Penambahan BTS mikro atau small cell di area dengan blind spot untuk memperluas cakupan jaringan,
b) Penyesuaian kemiringan antena (tilting) agar daya pancar dapat lebih optimal menjangkau wilayah yang terhalang,
c) Optimalisasi parameter radio, seperti *power control* dan *handover threshold*, untuk mengurangi interferensi antarsel (Jalaluddin et al., n.d.).

Strategi ini sejalan dengan pendekatan optimasi yang direkomendasikan oleh 3GPP dan operator jaringan dalam menghadapi tantangan geografis di wilayah pedesaan (Jalaluddin et al., n.d.; Y. Xu et al., 2025). Dengan implementasi yang tepat, kualitas sinyal dan pengalaman pengguna dapat ditingkatkan secara signifikan.

5. Perbandingan dengan Standar KPI

Jika dibandingkan dengan standar KPI Telkomsel, nilai rata-rata parameter yang diperoleh menunjukkan bahwa kualitas jaringan secara keseluruhan masih berada dalam batas toleransi "Cukup". Namun, dominasi kategori "Buruk" pada RSRP (44%) serta keberadaan titik-titik dengan SINR sangat rendah menandakan perlunya perbaikan jaringan pada beberapa segmen wilayah (Jalaluddin et al., n.d.).

Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun cakupan jaringan 4G LTE Telkomsel telah menjangkau sebagian besar wilayah Kecamatan Tinombo, kualitas layanan belum merata dan masih dipengaruhi secara signifikan oleh faktor topografi.

6. Keterkaitan dengan Studi Sebelumnya

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan berbagai studi tentang pengaruh topografi terhadap propagasi sinyal seluler. Wilayah perbukitan diketahui dapat menyebabkan shadowing dan multipath fading yang signifikan, terutama pada frekuensi tinggi seperti LTE (Damayanti et al., 2023; Y. Xu et al., 2025). Drive test yang dilakukan pada wilayah Tinombo memperkuat bukti empiris bahwa konfigurasi jaringan standar tidak selalu optimal di wilayah non-perkotaan dengan kondisi geografis kompleks.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa performansi jaringan 4G LTE Telkomsel pada wilayah Tinombo hingga Desa Sipayo menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kualitas layanan, khususnya dalam konteks hambatan atau blindspot cakupan jaringan. Terdapat dua titik uji pengukuran, yaitu di daerah Silabia dan Polobu'u, yang tidak terjangkau jaringan 4G LTE. Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor geografis dan lingkungan,

seperti keberadaan bukit-bukit lereng tinggi di sekitar wilayah pengukuran, posisi wilayah yang diapit teluk, serta kondisi cuaca yang tidak stabil selama proses pengambilan data.

Hasil pengukuran parameter kualitas sinyal menunjukkan bahwa nilai rata-rata RSRP sebesar -99,63 dBm berada pada skala warna hijau dengan kategori "Cukup". Sementara itu, nilai rata-rata RSRQ sebesar -8,298 dB berada pada skala warna kuning dengan kategori "Cukup", dan nilai rata-rata SINR sebesar 9,870 dB juga berada pada skala warna kuning dengan kategori "Cukup". Secara keseluruhan, performansi jaringan 4G LTE Telkomsel di wilayah tersebut tergolong cukup baik namun masih terdapat titik-titik tertentu yang membutuhkan perhatian khusus untuk peningkatan cakupan dan kualitas layanan.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar kajian serupa dapat dilakukan di wilayah lain di sekitar Tinombo guna memperoleh gambaran performansi jaringan yang lebih komprehensif. Selain itu, perlu dilakukan analisis terhadap jaringan 4G LTE dari provider lain untuk mendapatkan perbandingan performansi yang objektif. Di sisi lain, peningkatan kualitas jaringan menjadi hal yang penting untuk menjamin stabilitas layanan dan kecepatan transfer data. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan menjalin kerja sama dengan pihak penyedia layanan telekomunikasi guna mendorong peningkatan performansi jaringan berdasarkan parameter *Key Performance Indicator* (KPI) yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Dujaili, M. J., & Al-dulaimi, M. A. (2023). Fifth-Generation Telecommunications Technologies: Features, Architecture, Challenges and Solutions. *Wirel Pers Commun*, *128*(1), 447–469. https://doi.org/10.1007/s11277-022-09962-x

Alraih dkk. (2022). Revolution or Evolution? Technical Requirements and Considerations towards 6G Mobile Communications. *Sensors*, *22*(3), 762. https://doi.org/10.3390/s22030762

APJII. (2025). *APJII Jumlah Pengguna Internet Indonesia Tembus 221 Juta Orang*. Diakses: 30 Januari [Daring]. Tersedia pada. https://apjii.or.id/berita/d/apjii-jumlah-pengguna-internet-indonesia-tembus-221-juta-orang

Attaran, M. (2023). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *J Ambient Intell Humaniz Comput*, *14*(5), 5977–5993. https://doi.org/10.1007/s12652-020-02521-x

Azmi, K. H. M., Radzi, N. A. M., Azhar, N. A., Samidi, F. S., Zulkifli, I. T., & Zainal, A. M. (2022). Active Electric Distribution Network: Applications, Challenges, and Opportunities. *IEEE Access*, *10*, 134655–134689. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3229328

Benmadani, H. E., Azni, M., Alharbi, T. E., Alzaidi, M. S., & Tounsi, M. (2025). Deep Reinforcement Learning-Based Dynamic Scheduling for Real-Time Applications in LTE and RAN Slicing for eMBB in 5G. *IEEE Access*, *13*, 33555–33570. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3541531

Çakmak, M. (2023). The Impact of Denial-of-Service Attacks and Queue Management Algorithms on Cellular Networks. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*. https://doi.org/10.38016/jista.1225716

Damayanti, L., Panggabean, D., Pingkan, S. R., Wulandari, A., Hikmaturokhman, A., & Hidayatullah, A. (2023). Design and Build 4G Open Radio Access Network at SmartLab Politeknik Negeri Jakarta. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, *6*(2), 414–423. https://doi.org/10.31289/jite.v6i2.7537

Dawood, O., & Al-Gburi, S. (2021). *GENERAL OVERVIEW OF 4G AND 5G WITH FIELD MEASUREMENTS AND PERFORMANCE COMPARISON*. Diakses: 30 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/125111/AlgburiOmar.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Dunia, E. (2025). *Tinombo, Parigi Moutong*. Diakses: 30 Januari [Daring]. Tersediapada. https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Tinombo,_Parigi_Moutong

Fowdur, T. P., Indoonundon, M., Milovanovic, D. A., & Bojkovic, Z. S. (2024). *5G NR Modelling in MATLAB*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003465393

Frauendorf, J. L., & de Souza, É. A. (2023). The Different Architectures Used in 1G, 2G, 3G, 4G, and 5G Networks. In *The Architectural and Technological Revolution of 5G* (pp. 83–107). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10650-7_7

Hasan, M. M., & Kwon, S. (2025). Joint call admission control and load-balancing in ultra-dense cellular networks: a proactive approach. *Wireless Networks*, *31*(2), 1529–1540. https://doi.org/10.1007/s11276-024-03859-2

Hoydis, J. dkk. (2023). *"Sionna: An Open-Source Library for Next-Generation Physical Layer Research, ' '*.

Jalaluddin, F. I., Pontia, F. W. T., & Elektro, P. S. T. E. J. T. (n.d.). *ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN DAN KUALITAS SINYAL 4G LTE TELKOMSEL DI AREA FAKULTAS TEKNIK UNTAN PONTIANAK*. https://doi.org/10.26418/j3eit.v8i2.42007

Jamaly, N., Mauron, S., Merz, R., Schumacher, A., & Wenger, D. (2019). Delivering Gigabit Capacities to Passenger Trains: Tales from an Operator on the Road to 5G. *IEEE Communications Magazine*, *57*(9), 18–23. https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.1800949

Kheddar, H. (2022). *From 2G to 4G Mobile Network: Architecture and Key Performance Indicators*. Okt.

Kwon dkk. (2022). Review of Smart Hospital Services in Real Healthcare Environments. *Healthc Inform Res*, *28*(1), 3–15. https://doi.org/10.4258/hir.2022.28.1.3

Marinova, S., Tian, Y., & Leon-Garcia, A. (2025). E2E Network Slice Assurance for B5G/6G: Realizing Data Collection and Management, MLOps, and Closed-Loop Control. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, *6*, 759–774. https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2025.3528644

Micheli, D., Muratore, G., Vannelli, A., Scaloni, A., Sgheiz, M., & Cirella, P. (2021). Rain Effect on 4G LTE In-Car Electromagnetic Propagation Analyzed Through MDT Radio Data Measurement Reported by Mobile Phones. *IEEE Trans Antennas Propag*, *69*(12), 8641–8651. https://doi.org/10.1109/TAP.2021.3090505

Mishra, R. (2023). An overview of backbone technology behind the latest advanced gadgets in use: 4G & 5G. *Spatial Information Research*, *31*(1), 15–26. https://doi.org/10.1007/s41324-022-00474-1

Muruganathan dkk. (2021). An Overview of 3GPP Release-15 Study on Enhanced LTE Support for Connected Drones. *IEEE Communications Standards Magazine*, *5*(4), 140–146. https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.0001.1900021

Pribadi, A. (2023). VoIP (Voice over Internet Protocol) Based on Asterisk Using Trixbox at SMKN 1 Bangkinang. *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, *3*(2), 65–70. https://doi.org/10.35870/ijsecs.v3i2.1275

Sen, A., Mondal, A., Palit, B., Jayatheerthan, J., Paul, K., & Chakraborty, S. (2021). An ns3-based Energy Module of 5G NR User Equipments for Millimeter Wave Networks. *IEEE INFOCOM 2021 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), IEEE, Mei*, 1–2. https://doi.org/10.1109/INFOCOMWKSHPS51825.2021.9484493

Serôdio, C., Cunha, J., Candela, G., Rodriguez, S., Sousa, X. R., & Branco, F. (2023). The 6G Ecosystem as Support for IoE and Private Networks: Vision, Requirements, and Challenges. *Future Internet*, *15*(11), 348. https://doi.org/10.3390/fi15110348

Shakir, Z., Mjhool, A. Y., Al-Thaedan, A., Al-Sabbagh, A., & Alsabah, R. (2023). Key performance indicators analysis for 4 G-LTE cellular networks based on real measurements. *International Journal of Information Technology (Singapore)*, *15*(3), 1347–1355. https://doi.org/10.1007/s41870-023-01210-0

Sharma, P., & Goel, S. (2023). A Practical Guide on Security and Privacy in Cyber-Physical Systems. *Vol*, *03*. *WORLD*. https://doi.org/10.1142/13337

Statistik, B. P. (2025). *Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin (Jiwa), 2023*. Diakses: 30 Januari [Daring]. Tersedia pada. https://parigimoutongkab.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzUjMg

Wisnuadi, K. (2025). *Statistik Menarik Industri Digital di Indonesia Tahun 2025*. Diakses: 30 Januari [Daring]. Tersedia pada. https://dipstrategy.co.id/blog/statistik-menarik-industri-digital-di-indonesia-tahun-2025/

Xu, X., Meng, S., & Zhou, L. (2025). Infrastructure, urban population growth and the regulatory role of human capital: an empirical analysis. *Appl Econ*, 1–15. https://doi.org/10.1080/00036846.2025.2548411

Xu, Y., Wu, K., Zhang, J. A., Wang, Z., Jayawickrama, B. A., & Guo, Y. J. (2025). Smartphone-Based Experimental Analysis of Rainfall Effects on LTE Signal Indicators. *Sensors*, *25*(2), 375. https://doi.org/10.3390/s25020375

Yuhanef, A., Chandra, D., & Mursydan, A. (2023). Zurnawita, dan S. Yusnita, ``Physical Tunning Influence

on 4G Network in Minangkabau International Airport. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, *5*(2), 146–159. https://doi.org/10.62527/ijasce.5.2.141