

EVALUASI PERBANDINGAN MUTU JARINGAN 4G LTE ANTARA PENYEDIA LAYANAN TELKOMSEL DAN INDOSAT OOREDOO DI KOTA PATI

COMPARATIVE EVALUATION OF 4G LTE NETWORK QUALITY TELKOMSEL AND INDOSAT OOREDOO ProviderS IN THE PATI CITY AREA

Yusril Muna¹, Adhi Priyanto², Daniel Alfa Puryono³

ABSTRACT

¹STMIK AKI PATI
Jln.Kamandowo No. 13,Pati
Indonesia
yusrilrastafara@gmail.com

²STMIK AKI PATI
Jln.Kamandowo No. 13,Pati
Indonesia
adhi.stmikaki@gmail.com

³STMIK AKI PATI
Jln.Kamandowo No. 13,Pati
Indonesia
danielsempurna@gmail.com

Pesatnya kemajuan teknologi yang saat ini sedang terjadi, tentunya berimbas juga kepada layanan jaringan Internet yang saat ini hampir seluruh wilayah di Indonesia sudah bisa menikmati jaringan 4G LTE. Penyedia layanan seluler harus terus meningkatkan serta mengoptimalkan kualitas jaringan mereka agar sesuai dengan standar KPI yang telah ditetapkan. Penelitian di Kota Pati menggunakan aplikasi G-NetTrack dengan metode Drive Test bertujuan untuk mengukur nilai parameter RSRP, RSRQ, dan SNR. Dimana Provider yang dilakukan sebagai objek penelitian yakni Telkomsel dan Indosat Ooredoo. Hasil dari parameter ini menunjukkan bagaimana kualitas dari masing-masing Provider tersebut. Pada metode ini hasil yang sudah didapat dari pengukuran di beberapa titik yang telah ditentukan, nantinya akan di sandingkan dengan standar KPI yang sudah ada. Untuk ditentukan mengenai kategori dari nilai yang didapat setelah pengukuran. Telkomsel menjadi peringkat teratas dalam pengukuran ini. Dengan nilai RSRQ yang rata-rata -8 dB menunjukkan kategori yang sangat baik. Sementara untuk Indosat Ooredoo di beberapa titik lokasi nilai RSRQ nya berkategori normal saja dengan rata-rata nilainya -11,8 dB. Sementara untuk nilai RSRP dan SNR kedua Provider ini hampir sama nilainya.

Keywords : : 4G LTE, RSRQ, RSRP, SNR Drive Test

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah mendorong perkembangan cepat dalam jaringan Internet, dan saat ini 4G LTE adalah jaringan yang umum digunakan. Meskipun di Indonesia sudah tersedia jaringan 5G, namun cakupannya belum merata di seluruh wilayah Indonesia.

Teknologi 4G pertama kali muncul pada pengembangan teknologi LTE Release seri 8 dan 9. Namun pada awalnya teknologi ini tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh ITU-R (International Telecommunication Union - Radio) yang ditetapkan sehingga hal ini belum bisa disebut kedalam bagian dari keluarga LTE. Seiring berjalannya waktu, teknologi ini mengalami berbagai penyempurnaan dan pembaruan, sehingga teknologi LTE yang banyak digunakan saat ini telah mencapai tingkat perkembangan LTE Release versi 12. Dukungan skema agregasi membantu meningkatkan *Bandwidth* jaringan, sehingga kecepatan akses data dapat lebih baik. Saat diperkenalkan, teknologi 4G LTE diharapkan mampu mencapai kecepatannya antara 100 Mbps untuk unduh dan 50 Mbps untuk unggah.

Dalam perkembangannya di Indonesia terdapat beberapa Provider penyedia layanan Internet seluler. Dan ada 2 Provider yang sudah besar namanya dan memiliki cakupan jaringan yang luas yakni Telkomsel dan Indosat. Dan untuk 2 Provider ini sama-sama memiliki cakupan jaringan yang luas dan bagus di wilayah Pati kota.

Untuk bisnis yang berfokus pada layanan Internet, memberikan layanan Internet berkualitas kepada pelanggan sangatlah penting. Namun, banyak pengguna Internet yang masih belum mengetahui kualitas layanan Internet yang mereka terima dari Penyedia Layanan Internet/*Internet Service Provider* (ISP) terdaftar mereka. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi kualitas penyedia layanan Internet berbasis

GSM, perlu dilakukan analisis parameter jaringan dengan memantau, membandingkan dan mengukur kualitas beberapa jenis penyedia layanan GSM, seperti Telkomsel dan Indosat Ooredoo.

Dengan hasil penelitian ini, diharapkan masyarakat dapat memperoleh informasi tentang kualitas layanan yang disediakan oleh penyedia layanan yang sedang diuji, kemudian informasi ini bisa menjadi panduan bagi penyedia layanan untuk meningkatkan mutu layanan 4G LTE. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan akan memotivasi penelitian-penelitian lanjutan dalam pengembangan kemampuan jaringan 4G LTE.

Untuk menilai kualitas jaringan 4G LTE yang diberikan oleh penyedia Telkomsel dan Indosat Ooredoo, dilakukan pengukuran sinyal 4G LTE, termasuk RSRP, RSSI, RSRQ, dan SNR. Pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi G-NetTrack.

2. KAJIAN PUSTAKA

Kajian Terdahulu

1. Pada penelitian analisa mengenai perbandingan sinyal 4g LTE telkomsel dan XL disekitar jalan protokol Panam, Rendi Efriyendro dan Yusnita Rahayu, 2017^[1]. Menjelaskan mengenai parameter serta *Software* G-NetTrack yang digunakan untuk mengetahui bagaimana cara menganalisa dan mengukur jaringan 4G LTE di area jalan protokol Panam. Serta menggunakan metode *Drive Test* dengan mengukur RSRP, RSRQ, dan SNR. Dan hasilnya berdasarkan parameter tersebut sinyal yang diterima di jalan protokol panam masih lemah dan belum stabil. Secara keseluruhan dari pengukuran, kualitas XL AXIATA lebih baik dibanding dengan Telkomsel.
2. Analisis Pengukuran Kualitas Layanan Pada Jaringan 4G
Pada penelitian ini, Indra Uly Widhi Nugraha, N Gunantara, serta Diafari Djunin Hartawan, 2021^[2]. Selain menggunakan G-NetTrack penulis juga menggunakan Nperf Speed Test untuk mengetahui kecepatan Internet secara langsung. Penelitian dilakukan diwilayah Denpasar utara. Kesimpulan dari pengukuran ini dapat diketahui bahwa nilai yang bagus itu di dapat jika pengukuran dilakukan di sore hari.

Pengenalan 4G LTE

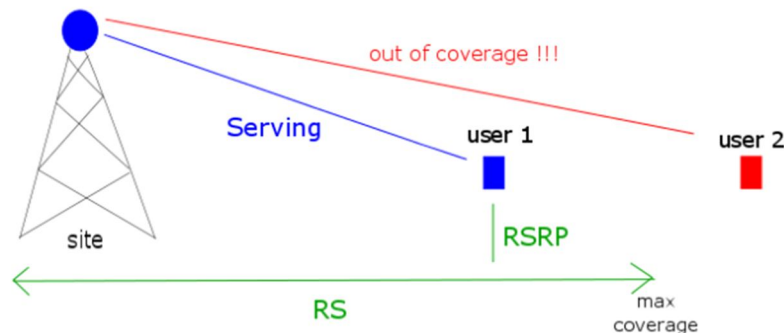
4G LTE, yakni singkatan dari "*Long-Term Evolution* Generasi Keempat," adalah teknologi jaringan seluler generasi keempat (4G) yang digunakan secara luas oleh banyak operator seluler di seluruh dunia. Teknologi ini dirancang untuk menyediakan koneksi data seluler yang lebih cepat, stabil, dan efisien daripada teknologi generasi sebelumnya, seperti 3G. Dengan kecepatan tinggi, kinerja yang stabil, latensi yang rendah, dan kapasitas besar, 4G LTE memungkinkan akses yang lancar ke data dan layanan seluler. Ini digunakan dalam berbagai perangkat, termasuk *Smartphone*, Tablet, dan Modem, dan telah menjadi standar global untuk koneksi seluler. Meskipun 4G LTE masih banyak digunakan, teknologi 5G sedang berkembang sebagai generasi selanjutnya dalam evolusi jaringan seluler dengan kecepatan dan kemampuan yang lebih tinggi.

Drive Test

Drive Test adalah komponen penting dalam proses optimalisasi jaringan dalam menghimpun statistik secara langsung di lokasi. Untuk melakukan hal ini, diperlukan peralatan seperti *Maps Online*, GPS, perangkat telepon genggam, serta perangkat lunak yang khusus digunakan untuk keperluan *Drive Test*.

RSRP (Reference Signal Receive Power)

RSRP yakni ukuran intensitas sinyal saat pengguna menerimanya, dimana satuannya dBm. Nilai ini dipengaruhi oleh *range* antara pengguna dan eNodeB. Ketika jauh jaraknya maka rendah sinyalnya dan sebaliknya. Pengguna di luar wilayah tersebut tidak akan dapat mengakses jaringan 4G.



Gambar 1. Pengguna 1 Memperoleh Jaringan RSRP dari BTS

Perhitungan RSRP :

$$\text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 * \log (12 * N)$$

dimana:

RSSI = Parameter tingkat *Power* suatu jaringan.

N = Total RB (Resource Blok) RSSI bervariasi sesuai *Bandwidth*.

Jarak KPI dalam RSRP : -45 s/d -144 dBm. Informasi lebih lanjut SINR dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Regulasi Penilaian Sinyal RSRP

Kategori	Range Nilai RSRP (dBm)
Sangat Baik	$(-80) \leq x$
Baik	$(\leq -90) x < (-80)$
Normal	$(\leq -100) x < (-90)$
Buruk	$(\leq -120) x < (-100)$
Sangat Buruk	$(< -120) x$

RSRQ (Reference Signal Receive Quality)

RSRQ adalah ukuran dalam mengindikasikan kualitas jaringan saat diterima. Perhitungan RSRQ dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{RSRQ} = (\text{RSRP} * N) / \text{RSSI}$$

Dengan keterangan:

N = Jumlah RB (Resource Blok) RSSI bervariasi sesuai *Bandwidth* yang diukur.

RSSI = Parameter kekuatan sinyal.

RSRP = Tingkat jaringan saat didapat pengguna.

RSRQ = Ukuran nilai kualitas sinyal (dB).

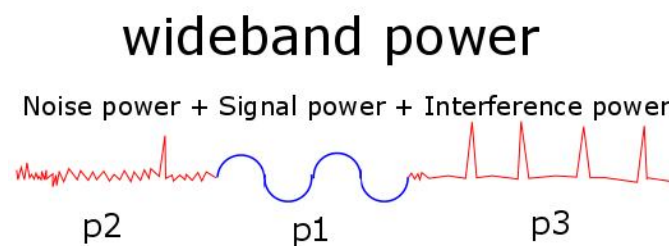
Rasio RSRQ tersebut antara -3 sampai -20 dB. Untuk pengukuran terdapat di tabel berikut:

Tabel 2. Regulasi ukuran RSRQ

Kategori	Range Nilai RSRQ (dB)
Sangat Baik	$(-9) \leq x$
Baik	$(-10) < x < (-9)$
Normal	$(-15) < x < (-10)$
Buruk	$(-19) < x < (-15)$
Sangat Buruk	$(-20) < x$

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*)

RSSI adalah daya sinyal yang diterima oleh pengguna dalam suatu jangkauan frekuensi tertentu, yang mencakup *Noise* dan Interferensi atau *Wideband Power*.



Gambar 2. RSSI Dalam Rentang Frekuensi Tertentu

RSSI dapat dihitung dengan formula berikut:

$$RSSI = P1 + P2 + P3$$

Berikut keterangannya:

P1 = Daya kekuatan sinyal.

P2 = Daya *Noise*.

P3 = Daya interferensi.

RSSI = Indikator penerimaan sinyal jaringan, yakni daya sinyal dijumlahkan antara *Noise* dan Interferensi.

SINR (*Signal To Noise Ratio*)

SINR adalah singkatan dari "*Signal-to-Interference plus Noise Ratio*," yang mengukur rasio sinyal utama terhadap gangguan dan *Noise* dalam komunikasi Nirkabel. Semakin tinggi SINR, semakin baik kualitas sinyalnya.

Rumus untuk SINR yakni:

$$SINR = S / I+N$$

Dengan keterangannya:

S = Kekuatan sinyal rata-rata

I = Daya interferensi rata-rata.

N = Daya *Noise*.

Jarak rasio : 30 s/d -20 Db, berikut untuk tabel standar nilainya:

Tabel 3. Regulasi penilaian SINR

Kategori	Range Nilai SINR
Sangat Baik	$(-30) \leq x < (-15)$
Baik	$(-15) \leq x < (-10)$
Normal	$(-10) \leq x < (-5)$
Buruk	$(-5) \leq x < (-1)$
Sangat Buruk	$(-1) \leq x < (0)$

3. METODE PENELITIAN

Umum

Teknik yang digunakan saat mapping kekuatan sinyal dalam penelitian ini adalah melalui *Drive Test*, yang memanfaatkan perangkat lunak G-Net Track yang berbasis sistem operasi Android.

Rancangan Penelitian

Untuk mempermudah dalam melakukan penelitian dan juga melakukan analisa terkait pengukuran parameter yang ada. Maka penulis membuat diagram alir yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram Alir Rancangan Penelitian

Menentukan Lokasi Penelitian

Menentukan lokasi penelitian dalam melakukan pengukuran merupakan salah satu hal yang penting. Disini penulis menentukan lokasi penelitian berdasarkan kepadatan penduduk, aktivitas masyarakat yang paling banyak di area Pati kota, dimana di lokasi tersebut mempunyai *Traffic* jaringan Internet yang cukup padat.

Untuk lokasi yang menjadi titik pengukuran yakni di area Alun-alun Pati, Jl. P. Sudirman, Puri, Stadion Joyo Kusumo, Jl. Penjawi, dan Alun-alun Kembang Joyo Pati.

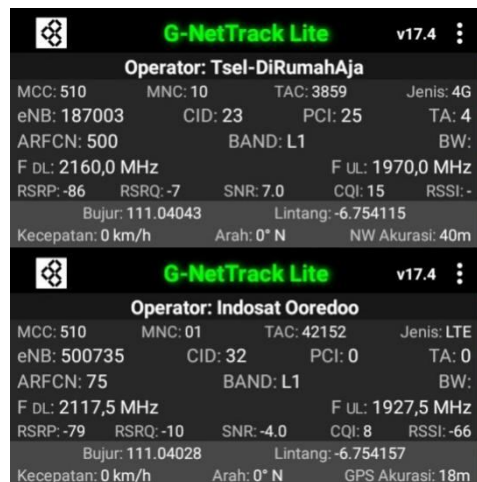
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan metode *Drive Test* di titik yang sudah ditentukan pada tanggal 04 September 2023. Pengukuran dilakukan pada jam yang tepat, dimana lokasi yang menjadi titik pengukuran sedang padat dengan aktivitas warga. Hasil pengukuran dan penjelasannya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Alun-Alun Pati

Berikut hasil pengukuran di titik Alun-alun Pati



G-NetTrack Lite v17.4					
Operator: Tsel-DiRumahAja					
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 3859	Jenis: 4G		
eNB: 187003	CID: 23	PCI: 25	TA: 4		
ARFCN: 500	BAND: L1	BW:			
F DL: 2160,0 MHz		F UL: 1970,0 MHz			
RSRP: -86	RSRQ: -7	SNR: 7.0	CQI: 15	RSSI: -	
Bujur: 111.04043		Lintang: -6.754115			
Kecepatan: 0 km/h	Arah: 0° N	NW Akurasi: 40m			

G-NetTrack Lite v17.4					
Operator: Indosat Ooredoo					
MCC: 510	MNC: 01	TAC: 42152	Jenis: LTE		
eNB: 500735	CID: 32	PCI: 0	TA: 0		
ARFCN: 75	BAND: L1	BW:			
F DL: 2117,5 MHz		F UL: 1927,5 MHz			
RSRP: -79	RSRQ: -10	SNR: -4.0	CQI: 8	RSSI: -66	
Bujur: 111.04028		Lintang: -6.754157			
Kecepatan: 0 km/h	Arah: 0° N	GPS Akurasi: 18m			

Gambar 4. Hasil Pengukuran Telkomsel dan Indosat di Alun-Alun Pati

Dari hasil pengukuran antara Telkomsel dan Indosat di titik Alun-alun Pati dapat dibuat tabel sebagai berikut:

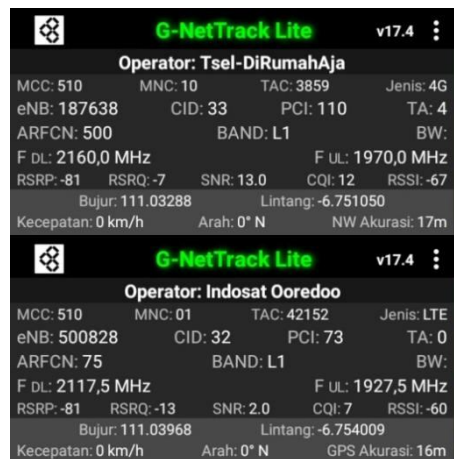
Tabel 4. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Alun-alun Pati

Pengukuran	Telkomsel	Kategori	Indosat Ooredoo	Kategori
RSRP (dBm)	-86	Baik	-79	Sangat baik
RSRQ (dB)	-7	Sangat Baik	-10	Baik
SNR (dB)	7	Baik	- 4	Normal

Dari tabel diatas bisa dilihat bahwa nilai dari Telkomsel lebih baik pada pengukuran RSRQ dan SNR dengan nilai -86 dBm kategori sangat baik dan -7 dB kategori baik. Sementara Indosat lebih baik di pengukuran RSRP dengan nilai -79 masuk kekategori sangat baik.

2. Jl. P. Sudirman

Berikut hasil pengukuran di Jl. P. Sudirman



Gambar 5. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat di Jl. P. Sudirman

Dari hasil pengukuran antara Telkomsel dan Indosat di titik Jl. P. Sudirman dapat dibuat tabel sebagai berikut:

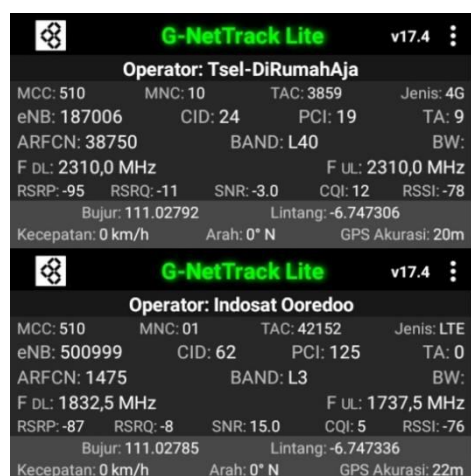
Tabel 5. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Jl. P. Sudirman

Pengukuran	Telkomsel	Kategori	Indosat Ooredoo	Kategori
RSRP (dBm)	-81	Baik	-81	Sangat baik
RSRQ (dB)	-7	Sangat Baik	-13	Normal
SNR (dB)	13	Baik	2	Normal

Dari tabel diatas bisa dilihat bahwa Telkomsel memiliki nilai yang lebih baik untuk pengukuran RSRQ dan SNR dengan nilai -7 kategori sangat baik dan 13 kategori baik. Sementara Indosat memiliki nilai yang lebih baik pada pengukuran RSRP yakni -81 kategori sangat baik.

3. Area Puri Pati

Berikut hasil pengukuran di Area Puri Pati



Gambar 6. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat di Area Puri Pati

Dari hasil pengukuran antara Telkomsel dan Indosat di titik Area Puri Pati dapat dibuat tabel sebagai berikut:

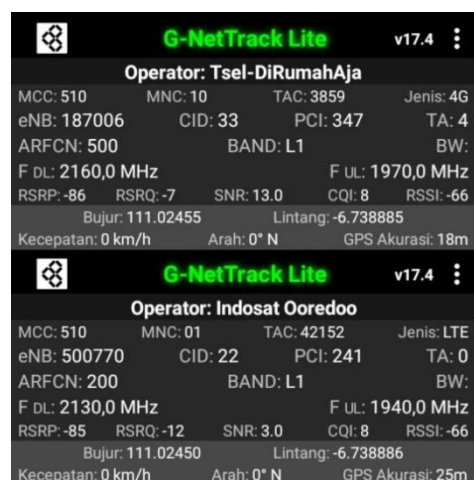
Tabel 6. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Area Puri Pati

Pengukuran	Telkomsel	Kategori	Indosat Ooredoo	Kategori
RSRP (dBm)	-87	Baik	-95	Normal
RSRQ (dB)	-8	Sangat Baik	-11	Normal
SNR (dB)	15	Baik	-3	Normal

Dari hasil tabel diatas, dapat dilihat bahwa Telkomsel lebih unggul di ketiga jenis pengukuran. Baik itu RSRP, RSRQ ataupun SNR. Dimana nilai dari masing-masing pengukuran tersebut yakni -87 dBm untuk RSRP kategori Baik, -8 untuk RSRQ kategori sangat baik dan SNR dengan nilai 15 kategori baik. Sementara Indosat Ooredoo semua pengukuran hasilnya normal.

4. Stadion Joyokusumo Pati

Berikut hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Stadion Joyokusumo Pati



Gambar 7. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat di Stadion Joyokusumo Pati

Dari hasil pengukuran antara Telkomsel dan Indosat di titik Stadion Joyokusumo Pati dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di titik Stadion Joyokusumo Pati

Pengukuran	Telkomsel	Kategori	Indosat Ooredoo	Kategori
RSRP (dBm)	-86	Baik	-85	Baik
RSRQ (dB)	-7	Sangat Baik	-12	Normal
SNR (dB)	13	Baik	3	Baik

Dari tabel diatas bisa dilihat bahwa Telkomsel hanya unggul di nilai RSRQ, dengan nilai -7 kategori sangat baik. Sementara Indosat Ooredoo masih dapat mengimbangi skor dari Telkomsel di dua pengukuran yakni RSRP dan SNR.

5. Jl. Penjawi Pati

Berikut hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo

Operator: Tsel-DiRumahAja				
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 3859	Jenis: 4G	
eNB: 187003	CID: 15	PCI: 366	TA: 12	
ARFCN: 38948	BAND: L40	BW:		
F DL: 2329,8 MHz		F UL: 2329,8 MHz		
RSRP: -97	RSRQ: -12	SNR: -3.0	CQI: 4	RSSI: -79
Bujur: 111.03873		Lintang: -6.743704		
Kecepatan: 0 km/h	Arah: 0° N	GPS Akurasi: 22m		

Operator: Indosat Ooredoo				
MCC: 510	MNC: 01	TAC: 42152	Jenis: LTE	
eNB: 500676	CID: 91	PCI: 30	TA: 0	
ARFCN: 3652	BAND: L8	BW:		
F DL: 945,2 MHz		F UL: 900,2 MHz		
RSRP: -86	RSRQ: -11	SNR: -2.0	CQI: 9	RSSI: -70
Bujur: 111.03871		Lintang: -6.743665		
Kecepatan: 4 km/h	Arah: 53° NE	GPS Akurasi: 17m		

Gambar 8. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Jl. Penjawi

Dari hasil pengukuran antara Telkomsel dan Indosat di Jl. Penjawi Pati dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Jl. Penjawi Pati

Pengukuran	Telkomsel	Kategori	Indosat Ooredoo	Kategori
RSRP (dBm)	-97	Normal	-86	Baik
RSRQ (dB)	-12	Normal	-11	Normal
SNR (dB)	-3	Normal	9	Baik

Dari tabel diatas bisa diketahui, bahwa indosat ooredoo lebih unggul dibandingkan telkomsel. Indosat mendapat skor yang lebih baik di pengukuran RSRP dan SNR yakni -86 dBm dan 9 dB.

6. Alun-alun Kembang Joyo Pati

Berikut hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Alun-alun Kembang Joyo Pati

Operator: Tsel-DiRumahAja				
MCC: 510	MNC: 10	TAC: 3859	Jenis: 4G	
eNB: 187652	CID: 23	PCI: 229	TA: 6	
ARFCN: 500	BAND: L1	BW:		
F DL: 2160,0 MHz		F UL: 1970,0 MHz		
RSRP: -86	RSRQ: -8	SNR: 5.0	CQI: 6	RSSI: -70
Bujur: 111.04608		Lintang: -6.749006		
Kecepatan: 1 km/h	Arah: 0° N	GPS Akurasi: 15m		

Operator: Indosat Ooredoo				
MCC: 510	MNC: 01	TAC: 42152	Jenis: LTE	
eNB: 501484	CID: 32	PCI: 343	TA: 0	
ARFCN: 75	BAND: L1	BW:		
F DL: 2117,5 MHz		F UL: 1927,5 MHz		
RSRP: -90	RSRQ: -14	SNR: -9.0	CQI: 2	RSSI: -66
Bujur: 111.04602		Lintang: -6.748982		
Kecepatan: 0 km/h	Arah: 0° N	GPS Akurasi: 16m		

Gambar 9. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Alun-alun Kembang Joyo

Dari hasil pengukuran antara Telkomsel dan Indosat di Alun-alun Kembangjoyo Pati dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil pengukuran Telkomsel dan Indosat Ooredoo di Kembang Joyo Pati

Pengukuran	Telkomsel	Kategori	Indosat Ooredoo	Kategori
RSRP (dBm)	-86	Baik	-90	Baik
RSRQ (dB)	-8	Sangat Baik	-14	Baik
SNR (dB)	5	Baik	-9	Baik

Dari hasil tersebut bisa diketahui bahwa Telkomsel lebih unggul dipengukuran RSRQ dengan nilai -8 dBm. Sementara di dua pengukuran masih dalam kategori yang sama yakni RSRP dan SNR.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas sinyal yang sudah diukur di beberapa titik yang memang memiliki aktivitas yang cukup padat untuk warga Pati. Dapat disimpulkan bahwa untuk wilayah Pati kota kelayakan jaringan 4g sudah optimal. Hal itu bisa dilihat berdasarkan hasil pengukuran yang kategorinya selalu diatas normal, atau minimal kategori normal.

Dari parameter RSRP, RSRQ dan SNR, kedua Provider sama baiknya. Hal itu dilihat dari hasil pengukuran yang tidak pernah berkategori buruk. Untuk Telkomsel lebih unggul di pengukuran RSRQ dengan nilai rata-rata -8 dB berkategori sangat baik, dan kategori tersebut di dapat hampir pada semua titik pengukuran. Sementara untuk pengukuran RSRQ, Indosat Ooredoo selalu mendapatkan kategori normal hampir di semua titik. Dengan rata rata nilai RSRQ nya yakni -11,8 dB

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada STMIK AKI yang telah memberikan dukungan dan penyediaan fasilitas selama masa penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bayudin, S., Fauziah, A., Razi, F.,. (2021). "Pengujian drive test untuk menentukan kualitas layanan jaringan di kota lhokseumawe." Jurnal TEKTRON (Vol.5. No.1)
- [2] Efriyendro, R., & Rahayu, Y. (2017). "Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Parameter Drive Test Menggunakan Software G-Net Track Pro di Area Jalan Protokol Panam." Jom FTEKNIK (Vol.4. No.2)
- [3] Evalina, N., Harahap, P., & Adrian, A. R. (2021). "Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Operator X Dan Y Di Wilayah Kampus Utama UMSU." TRJT (Vol.1.)
- [4] Fajar, A. N., & Devia, E. (2017). "Analisa dan optimalisasi jaringan 4g LTE dengan metode electrical tilt menggunakan drivetest." Jakarta Timur : Jurnal Jiifor.
- [5] Farida, F., & Yudianto, A. H. (2020). "Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang Menggunakan Metode Drive Test." Jurnal Sustainable Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan 9(1):1-7
- [6] Ismemet, Y., Sutoyo., Purnamirza, T., Mulyono. (2022). "Analisis perbandingan kualitas sinyal 4G LTE pada beberapa Provider." INTECOM (Vol.5. No.1)
- [7] Jalaluddin, F. Imansyah, F. T. P. W. (2020). "Analisis performansi jaringan dan kualitas sinyal 4g LTE telkomsel di area fakultas teknik untan pontianak." Teknik Elektro Universitas Tanjungpura (Vol.2. No.1)