
ANALISIS AREA BAD SPOT PADA JARINGAN 5G NSA BERDASARKAN DATA DRIVE TEST DAN CET DI CLUSTER 133-MUSTIKA JAYA

Maya Dwi Anita¹ Zurnawita Zurnawita²

^{1,2}Politeknik Negeri Padang

Email: dwianitamaya@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini membahas analisis pada area bad spot pada jaringan 5G Non-Standalone (NSA) berdasarkan data drive test dan Customer Experience Test (CET) di Cluster 133–Mustika Jaya menggunakan operator Telkomsel. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas jaringan 5G serta mengidentifikasi area dengan cakupan sinyal lemah yang mempengaruhi performa layanan komunikasi. Pengambilan data dilakukan menggunakan metode drive test dengan aplikasi PHU dan pengolahan data menggunakan software GENEX Assistant Lite. Parameter yang dianalisis meliputi Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Interference Noise Ratio (SINR), Physical Cell Identity (PCI), dan throughput. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa parameter RSRP memperoleh nilai sebesar 99,94% pada kategori memenuhi standar operator dengan target $\geq 95\%$, sedangkan parameter SINR memperoleh nilai sebesar 92,08% sehingga belum memenuhi target KPI operator. Analisis juga menunjukkan adanya area bad spot yang dipengaruhi oleh weak coverage dan interferensi antar sel. Untuk meningkatkan kualitas jaringan dilakukan proses optimasi melalui penyesuaian tilt antenna, azimuth, serta pembaruan site pada beberapa titik di Cluster 133–Mustika Jaya. Setelah dilakukan optimasi, kualitas jaringan menunjukkan peningkatan performa dan cakupan layanan 5G menjadi lebih baik. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam proses evaluasi dan optimasi jaringan 5G NSA guna meningkatkan kualitas layanan dan pengalaman pengguna.

Kata Kunci: 5G NSA, Drive Test, Bad Spot, Optimasi.

Abstract: This study discusses the analysis of bad spot areas on the 5G Non-Standalone (NSA) network based on drive test and Customer Experience Test (CET) data in Cluster 133–Mustika Jaya using the Telkomsel operator. The study was conducted to determine the condition of the 5G network quality and identify areas with weak signal coverage that affect the performance of communication services. Data collection was carried out using the drive test method with the PHU application and data processing using the GENEX Assistant Lite software. The parameters analyzed include Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Interference Noise Ratio (SINR), Physical Cell Identity (PCI), and throughput. The measurement results show that the RSRP parameter obtained a value of 99.94% in the category of meeting operator standards with a target of $\geq 95\%$, while the SINR parameter obtained a value of 92.08% so it has not met the operator's KPI target. The analysis also shows the existence of bad spot areas affected by weak coverage and interference between cells. To improve network quality, an optimization process was carried out through antenna tilt and azimuth adjustments, as well as

site updates at several points in Cluster 133–Mustika Jaya. After optimization, network quality showed improved performance and improved 5G service coverage. This research is expected to serve as a reference in the evaluation and optimization of 5G NSA networks to enhance service quality and user experience.

Keywords: 5G NSA, Drive Test, Bad Spot, Optimization.

PENDAHULUAN

Jaringan 5G merupakan teknologi komunikasi seluler generasi kelima yang dirancang untuk menyediakan kecepatan data tinggi, latensi rendah, dan kapasitas jaringan yang lebih besar dibandingkan generasi sebelumnya. Kualitas layanan jaringan 5G sangat dipengaruhi oleh cakupan sinyal dan kualitas radio yang diterima pengguna. Permasalahan yang sering ditemukan pada implementasi jaringan 5G adalah munculnya area bad spot, yaitu area dengan kualitas layanan yang kurang baik akibat lemahnya cakupan sinyal atau tingginya interferensi antar sel.

Salah satu metode yang efektif untuk mengevaluasi kualitas jaringan dan mengidentifikasi area bad spot adalah drive test. Metode ini memungkinkan pengukuran kondisi jaringan secara langsung di lapangan sehingga dapat diketahui kondisi aktual jaringan yang dirasakan pengguna. Parameter yang umum digunakan dalam evaluasi jaringan meliputi RSRP, SINR, PCI, dan throughput.

Cluster 133–Mustika Jaya merupakan salah satu area implementasi jaringan 5G NSA Telkomsel yang terdiri dari 14 site 5G New On Air. Meskipun telah dilakukan pembangunan jaringan, masih ditemukan beberapa area yang mengalami penurunan kualitas layanan. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap area bad spot serta pelaksanaan optimasi jaringan guna meningkatkan kualitas layanan yang diterima pengguna.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi area bad spot pada jaringan 5G NSA di Cluster 133–Mustika Jaya, menganalisis penyebab terjadinya bad spot, serta mengevaluasi hasil optimasi jaringan berdasarkan parameter RSRP, SINR, PCI, throughput, dan Customer Experience Test.

METODE PENELITIAN

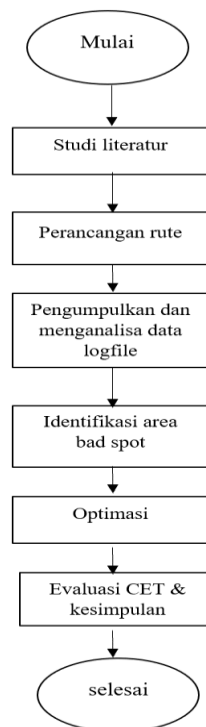


Figure 1 flow chart alur penelitian

Diagram alur penelitian pada dimulai dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori mengenai jaringan 5G NSA, drive test, parameter kualitas jaringan, dan optimasi jaringan. Selanjutnya dilakukan perancangan rute dan pengambilan data drive test pada Cluster 133–Mustika Jaya menggunakan PHU. Data hasil pengukuran berupa logfile kemudian dikumpulkan dan dianalisis berdasarkan parameter RSRP, RSRQ, SINR, dan throughput untuk mengidentifikasi area bad spot. Setelah area bad spot ditemukan, dilakukan optimasi jaringan guna meningkatkan kualitas layanan. Tahap akhir penelitian berupa evaluasi hasil Customer Experience Test (CET) untuk menilai kualitas layanan setelah optimasi, kemudian disusun kesimpulan berdasarkan seluruh hasil analisis yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil drie test pertama untuk melihat kualitas jaringan

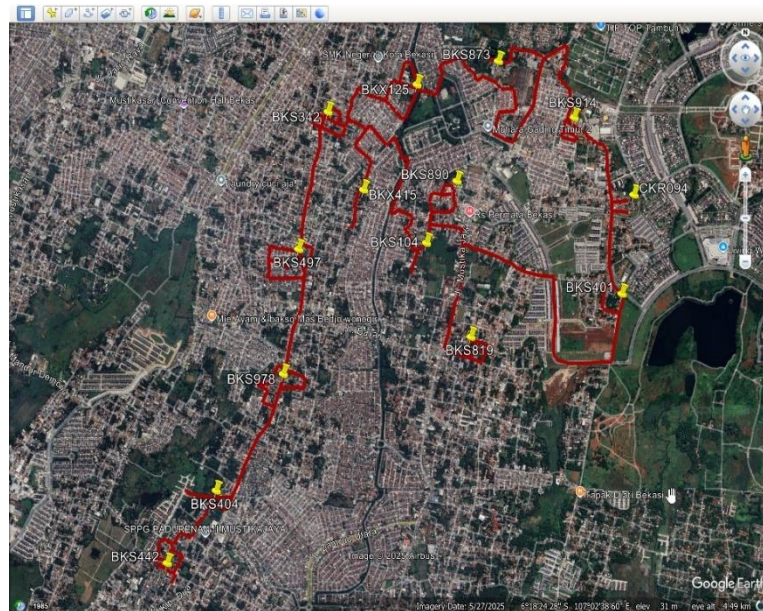


Figure 2 rute drive test

Rute pertama di buat hanya menyambungkan ke 14 site tersebut, belum melihat kemana arah sector tersebut mengarah. Ini bertujuan untuk melihat apakah relasi Anchor terhadap site ada dan terpenuhi. Pembuatan rute menyambungkan 14 site, 10 site New on air dan 4 site yang masih existing. Rute dapat di tampilkan pada Gambar di atas.

Lokasi site site tersebut dapat di tunjukkan pada tabel berikut

Tabel 1 Koordinat site

Site Name	Longitude	Latitude
BKX404_Pedurenanmustikajaya	107.0162	-6.3069
BKS104_Kotalagenda	107.029	-6.29322
BKS401_Watergarten	107.0409	-6.29604
BKS819_Jalanbkkbn-PTI	107.0317	-6.29842
BKS978_Kmpjati2	107.0203	-6.30047
CKR094_Kptenggilis-PTI	107.0416	-6.29056
BKS342_Pdktimuridhl	107.023	-6.28597

BKS873_Mustikajaya3-PTI	107.0334	-6.28314
BKS890_Perumpersadaelok-PTI	107.0309	-6.28979
BKS914_Grypsadaelok	107.038	-6.28628
BKS497_Pdktrindahsltn-TBG	107.0212	-6.29357
BKX125_Pasarmutiaragading-DMT	107.0284	-6.28443
BKS442_Pedurenan-TBG	107.0133	-6.31089
BKX415_Jlponcolgadingtimur-PAB	107.0252	-6.29028

Dari ke 14 site dapat dihasilkan pada drive test pertama yaitu:

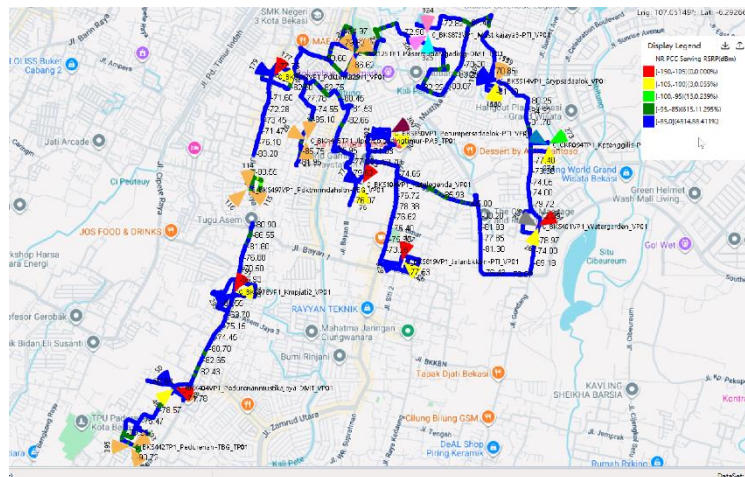


Figure 3 hasil plotting RSRP sebelum optimasi

Dari Hasil pengukuran pada parameter RSRP, dapat dihitung nilai RSRP yang memenuhi standar operator sebagai berikut :

$$\text{Parameter Target} = \frac{\text{Jumlah sampel yang memenuhi target}}{\text{Jumlah sampel keseluruhan}} \times 100\%$$

$$\text{RSRP} = \frac{\text{Jumlah sampel RSRP} \geq -100 \text{ dBm}}{\text{Jumlah sampel keseluruhan}} \times 100\%$$

$$\text{RSRP} \geq -100 \text{ dBm} = \frac{(4824+615+13)\text{ sampel}}{5445 \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\text{RSRP} \geq -100 \text{ dBm} = \frac{5452 \text{ sampel}}{5445 \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\text{RSRP} \geq -100 \text{ dBm} = 99,94 \%$$

Daru rumus dan gambar dari plottingan RSRP dapat dilihat hasil histogram dari RSRP dimana diagram batang menunjukkan distribusi sampel berdasarkan rentang nilai Reference

Signal Received Power (RSRP) yang diperoleh selama pelaksanaan drive test. Berdasarkan hasil pengolahan data, sebanyak 4824 sampel atau 88,42% berada pada kategori RSRP lebih besar dari -85 dBm, sedangkan 616 sampel atau 11,29% berada pada rentang -95 dBm hingga -85 dBm. Selanjutnya, sebanyak 13 sampel atau 0,24% berada pada rentang -100 dBm hingga -95 dBm dan hanya 3 sampel atau 0,05% berada pada rentang -105 dBm hingga -100 dBm. Tidak ditemukan sampel dengan nilai RSRP di bawah -105 dBm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar area pengukuran memiliki tingkat daya sinyal yang sangat baik karena 99,71% sampel berada pada nilai RSRP di atas -95 dBm.

Selanjutnya melihat hasil plottingan drive test pertama dari SINR, dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini

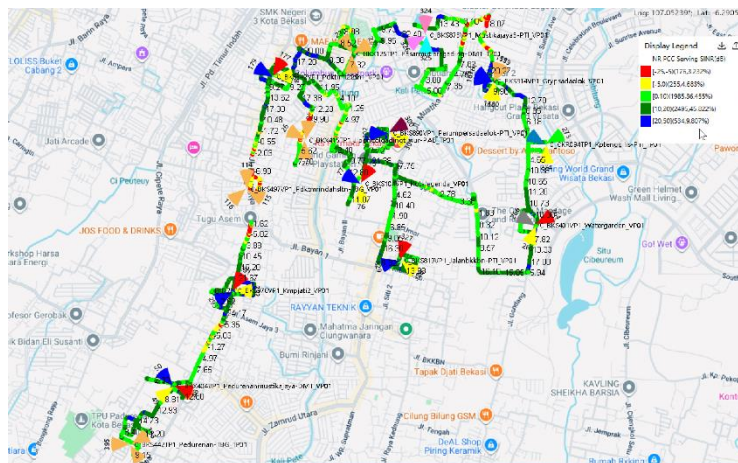


Figure 4 hasil plottingan SINR sebelum optimasi

Dari hasil pengukuran pada parameter SINR yang didapatkan seperti pada gambar 4.5, dapat dihitung nilai dari SINR yang memenuhi operator sebagai berikut

$$\text{Parameter Target} = \frac{\text{Jumlah sampel yang memenuhi target}}{\text{Jumlah sampel keseluruhan}} \times 100\%$$

$$\text{SINR} \geq 0 \text{ db} = \frac{\text{Jumlah sampel RSRP} \geq 0 \text{ db}}{\text{Jumlah sampel keseluruhan}} \times 100\%$$

$$\text{SINR} \geq 0 \text{ db} = \frac{(534+2495+1985)\text{ sampel}}{5445 \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\text{SINR} \geq 0 \text{ db} = \frac{5452 \text{ sampel}}{5445 \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\text{SINR} \geq 0 \text{ db} = 92,08 \%$$

Dari hasil pengukuran yang didapatkan pada parameter SINR, didapatkan hasil persentase sebanyak 92,08 % untuk nilai ≥ 0 db. Dengan standar dari operator sebesar 95%. Maka untuk parameter SINR belum memenuhi standar dari operator.

sebanyak 9,8% sampel berada pada rentang nilai SINR di atas 20 dB, sedangkan 45,8% sampel berada pada rentang 10 dB hingga 20 dB. Selanjutnya, 36% sampel berada pada rentang 0 dB hingga 10 dB dan hanya 7,8% sampel yang memiliki nilai SINR di bawah 0 dB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar area pengukuran memiliki kualitas sinyal yang baik dengan tingkat interferensi yang relatif rendah.

Untuk melihat dan mengevaluasi hasil *create anchor* yang baik, kita perlu melakukan pengamatan anchor pada tiap site nya. Anchor pada wilayah Cluster 133-Mustika Jaya dapat dilihat seperti pada Gambar berikut

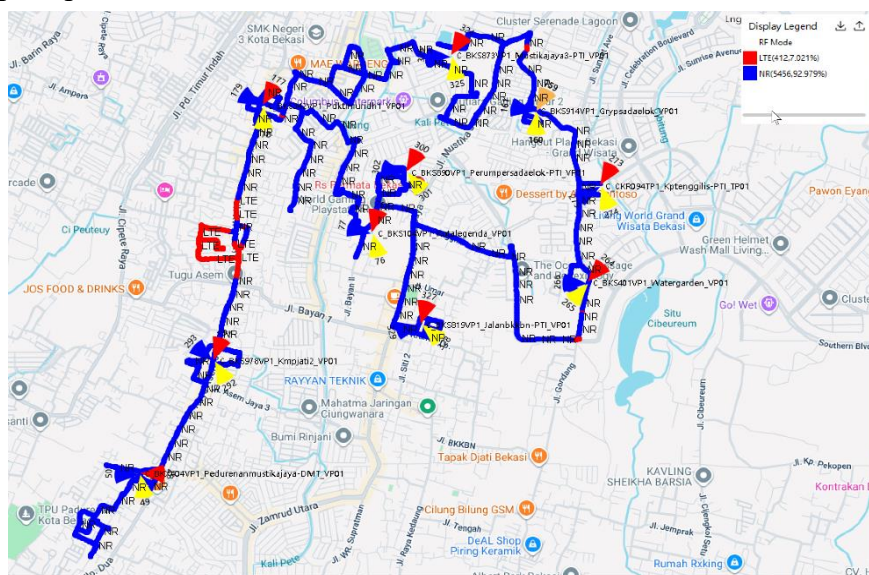


Figure 5 RF Mode

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Gambar dapat dilihat bahwa *anchor* telah terbentuk dengan baik, namun masih ada *amchor* yang belum terbentuk, dikarenakan site masih *excisting* menyebabkan putusnya hasil plotingan pada paraneter lain. Selain itu anchor pada site lain sudah terbentuk dengan baik, sehingga mendukung proses *achoring* antara jaringan LTE sebagai *anchor* dan jaringan NR sebagai *secondary cell*.

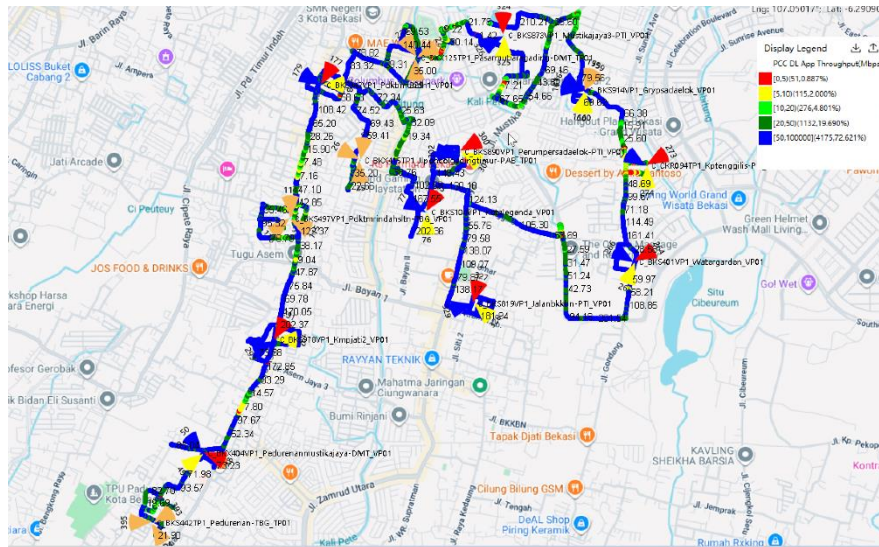


Figure 6 Throughput

Hasil pengukuran *Throughput* DL menunjukkan adanya variasi kecepatan pada beberapa area di Cluster 133-Mustika jaya. Dapat dilihat pada Gambar berikut

terlihat persentase tiap sampel pada Gambar 4.10 hanya 1 yang memenuhi standar operator yaitu ≥ 50 Mbps dengan 4175 titik sampel, maka dari itu di dapatkan hasil persentase sebanyak 72,62%. Dengan standar operator yaitu sebesar 80% maka untuk *throughput downlink* belum memenuhi standar operator.

Identifikasi bd spot

kurangnya hasil *create anchor* pada jaringan 5G NR sehingga hal ini menyebabkan rute plottingan pada parameter lain menjadi putus seperti yang dapat dilihat pada Gambar.

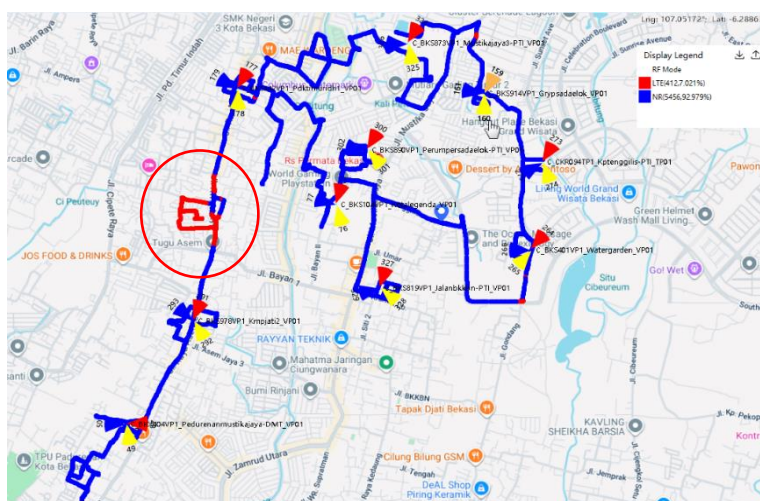


Figure 7 kurangnya relasi anchor

Pada titik yang telah dilingkari merah pada Gambar 4.13 terjadi karena adanya nya *Bad spot* yang dikarenakan adanya *weak covarage*. *Weak covarage* ini dapat dipengaruhi oleh beberapa keadaan seperti jarak site yang relatif jauh, adanya *obstacle* oleh bangunan dan adanya tidak adanya sel dominan (*dominant serving cell*).

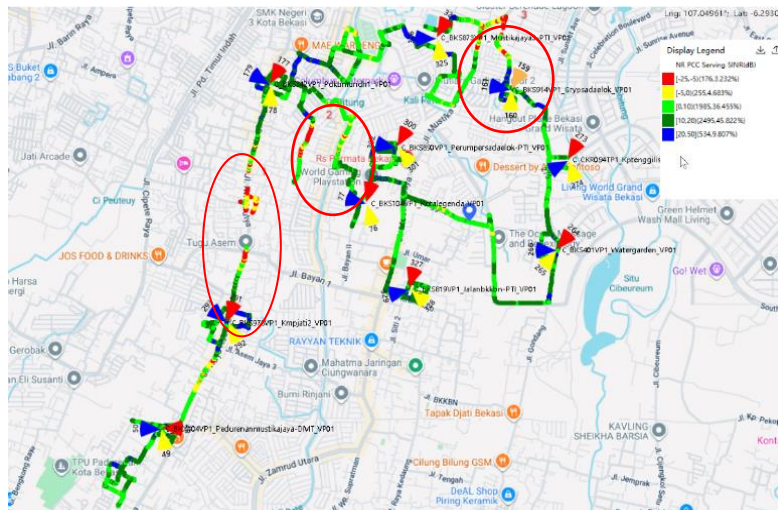


Figure 8 titik Bad spot

Pada bad spot yang terjadi pada Cluster 133-Mustika Jaya yang menyebabkan tidak tercapainya standar operator pada parameter SINR terjadi karena tidak adanya sel dominan. Sperti contoh pada Bad spot ini

Type	PCI	EAR...	RSRP(dBm)	RSRQ(dBm)	SINR(dB)	eNB ID	Cell ID	Cell Name	Distance(...)
Serv...	114	500	-86.31	-14.94	0.00	143497	13	E_BKS497MR1_Pdktmrind...	27.60
SCC...	115	1850	-78.38	-9.62	5.50	143497	21	E_BKS497ML1_Pdktmrind...	27.60
Det...	115	500	-81.88	-11.25		143497	23	E_BKS497MR1_Pdktmrind...	27.60
Det...	293	500	-88.88	-19.00		143978	33	E_BKS978MR1_Kmpjati2_...	770.48
Det...	114	1850	-89.00	-19.12		143497	11	E_BKS497ML1_Pdktmrind...	27.60
Det...	309	1850	-91.25	-21.62		143046	11	E_BKS046ML1_Pdtimurind...	1615.08
Det...	116	1850	-91.38	-21.62		143497	31	E_BKS497ML1_Pdktmrind...	27.60
Det...	116	500	-91.50	-20.88		143497	33	E_BKS497MR1_Pdktmrind...	27.60
Det...	25	500	-91.62	-20.50		473415	23	E_BKS415MR1_Ilponcolga...	556.68
Det...	309	500	-92.25	-21.38		143046	13	E_BKS046MR1_Pdtimurind...	1615.08

Figure 9 contoh interferensi pada bad spot

Pada gambar diatas dapat dilihat daerah dengan koordinat 107.02143 -6.29357 mengalami masalah berupa RSRP serving cell sebesar -86,31 dBm yang masih termasuk kategori baik. Namun demikian, nilai SINR yang diperoleh hanya sebesar 0 dB dan nilai RSRQ sebesar -14,94 dB menunjukkan kualitas sinyal yang kurang baik. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya interferensi yang tinggi pada area pengukuran. Selain itu, terdapat beberapa *neighbor cell* yang memiliki level RSRP relatif dekat dengan *serving cell*, seperti PCI 115 dengan RSRP sebesar -81,88 dBm dan PCI 293 dengan RSRP sebesar -88,88 dBm.

Kecilnya selisih daya sinyal antar sel menyebabkan UE menerima sinyal dari beberapa sel secara bersamaan sehingga meningkatkan potensi overlap coverage dan interferensi antar sel. Oleh karena itu, rendahnya nilai SINR pada titik bad spot ini diduga disebabkan oleh tingginya interferensi yang berasal dari sel-sel tetangga yang memiliki tingkat penerimaan sinyal yang hampir sama dengan serving cell.

Perubahan kualitas jaringan

Setelah dilakukannya *anchoring* untuk hasil data plottingan 5G agar tidak putus. Maka di perlukannya rute tambahan baru di area tertentu untuk melihat hasilnya. Untuk hasil setelah melakukan re drive test dan menambahkan rute tambahan seperti dapat dilihat pada Gambar berikut

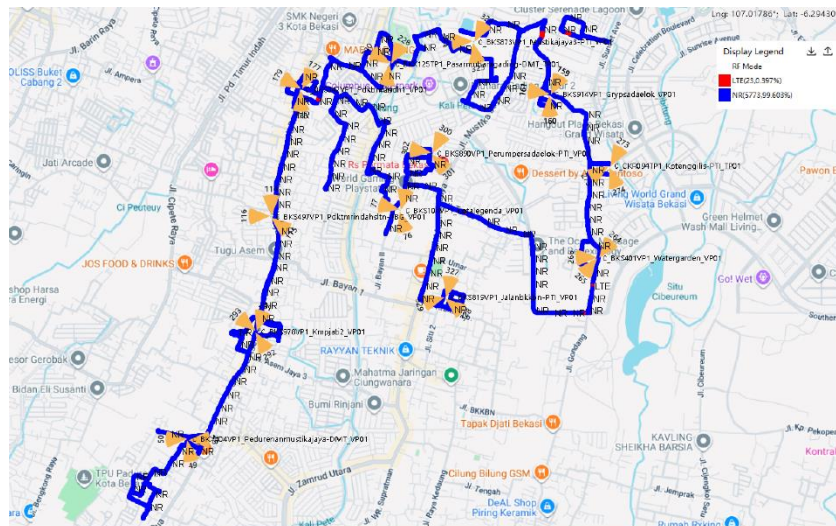


Figure 11 hasil setelah create anchor

Dengan adanya penggabungan antara data logfile lama dan logfile baru membuat data menjadi lebih baik pada RF Mode, namun perlu dilakukan pengamatan juga pada paramter lain terutama pada paramet yang seblumnya tidak mencapai standar opertaot atau tidak adanya servingan PCI pada site. Untuk parameter SINR sebelumnya bernilai 92,08 % , data terbaru dapat dilihat seperti pada Gambar berikut

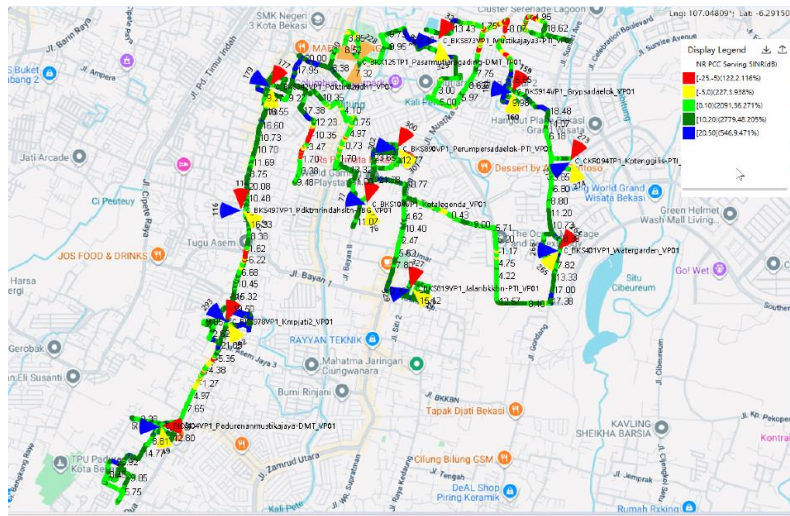


Figure 13 hasil SINR

Dari hasil yang di dapat pada data logfile yang baru, data dari parameter SINR tidak banyak berubah yaitu masih terdapat banyak *weak coverage*. Pada data baru ini dapat dilihat persentase dari SINR yaitu 93,95%. Hasil ini tidak banyak berubah dari hasil sebelumnya yang bernilai 92,08 %. Dengan nilai ini pada parameter SINR masih belum memenuhi standar dari operator. Hasil data parameter SINR ini masih memerlukan optimasi atau perubahan pada site dan e-tilt nya.

Optimasi dengan melakukan perubahan tilting dan re azimuth

Pada tabel berikut ditampilkan perbandingan perubahan konfigurasi antenna yang dilakukan pada masing masing site di cluster 133-Mustika jaya. Perubahan ini meliputi erubahan nilai azimuth, mechanical tilt, dan electrical tilt pada masing-masing sektor antenna. Perubahan konfigurasi ini dilakukan secara selektif berdasarkan hasil analisis arah pancar sinyal dan tingkat interferensi yang teridentifikasi pada setiap site.

Tabel 2 data site sebelum perubahan

Site name	Azimuth tiap sector			Mechanicak tilt tiap sector			Electrical tilt tiap sector		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BKX404	110	230	320	4	2	2	5	2	3
BKS104	30	180	300	4	2	2	8	2	2
BKS401	60	200	320	2	2	2	10	8	10
BKS819	-	-	-	-	-	-	2	2	2
BKS978	30	90	240	6	6	6	2	1	1

CKR094	60	180	300	2	2	2	2	2	2
BKS342	30	90	300	0	0	0	7	8	5
BKS873	0	180	240	2	2	2	2	1	2
BKS890	60	120	270	2	2	0	4	1	2
BKS914	20	190	300	0	2	4	7	2	4
BKS497	0	120	230	0	2	0	3	2	2
BKX125	60	180	330	1	1	3	4	4	3
BKS442	60	150	270	0	0	0	5	6	7
BKX415	10	180	300	2	2	2	2	2	2

Tabel 3 data site setelah perubahan

Site name	Azimuth tiap sector			Mechanicak tilt tiap sector			Electrical tilt tiap sector		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BKX404	105	180	310	3	4	3	5	2	3
BKS104	30	180	300	4	2	2	8	2	2
BKS401	40	220	320	2	2	2	10	8	10
BKS819	-	-	-	-	-	-	2	2	2
BKS978	30	90	240	4	4	4	2	2	1
CKR094	60	160	275	2	2	2	2	2	2
BKS342	30	180	300	0	0	0	7	8	5
BKS873	0	170	280	2	2	2	2	1	2
BKS890	60	120	270	2	2	0	4	1	2
BKS914	60	180	280	2	2	4	7	2	4
BKS497	0	110	230	2	2	2	7	3	5
BKX125	30	180	330	2	2	3	4	4	3
BKS442	60	150	250	2	2	2	5	5	7
BKX415	10	180	300	2	2	2	2	2	2

Berdasarkan Tabel di atas, nilai yang dicetak tebal menunjukkan parameter konfigurasi antenna yang mengalami perubahan setelah proses optimasi dilakukan. Pemberian highlight berupa cetak tebal tersebut bertujuan untuk mempermudah identifikasi secara visual terhadap parameter mana saja yang disesuaikan pada masing-masing site dan sektor, sehingga

perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah optimasi dapat terbaca dengan lebih jelas dan sistematis. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa tidak seluruh site dan sektor mengalami perubahan konfigurasi, melainkan hanya pada bagian-bagian tertentu yang berdasarkan hasil analisis drive test sebelumnya teridentifikasi memiliki kualitas sinyal di bawah target KPI. Sebagai contoh, site BKX404 mengalami perubahan pada seluruh azimuth dan parameter mechanical tilt di ketiga sektor yang mengindikasikan bahwa arah pancar sinyal pada site tersebut perlu diluruskan untuk mengurangi interferensi antar sel. Sementara itu, site BKX415 tidak mengalami perubahan konfigurasi sama sekali, yang berarti site tersebut telah memenuhi target KPI sejak sebelum optimasi dilakukan dan tidak memerlukan penyesuaian lebih lanjut.

setelah dilakukan optimasi terlihat adanya peningkatan kualitas data jaringan. Beberapa titik pengukuran menunjukkan perbaikan kondisi layanan yang signifikan, meskipun masih terdapat beberapa area yang memiliki kualitas layanan rendah. Tampilan pengolahan data dapat dilihat pada Gambar berikut.

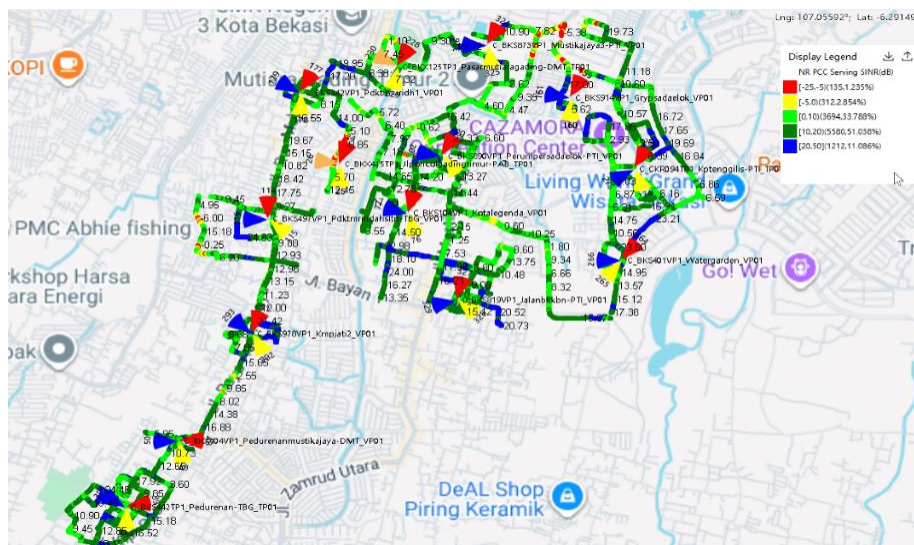


Figure 14 SINR Selesai optimasi

Dapat dilihat bahwa hasil parameter SINR mengalami peningkatan yang signifikan, di mana nilai persentase awal sebesar 92% meningkat menjadi 96% setelah dilakukan optimasi. Peningkatan ini menunjukkan adanya perbaikan kualitas jaringan yang cukup baik dan konsisten. Dengan capaian nilai SINR sebesar 96%, kualitas layanan yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh operator, sehingga jaringan pada area

pengukuran dapat dikatakan berada dalam kondisi yang optimal dan layak untuk mendukung layanan data bagi pengguna.

Pada pengukuran parameter RSRP, nilai sebelum optimasi sebenarnya sudah berada pada kondisi yang sangat baik, yaitu mencapai 99%. Namun, dengan dilakukannya *re-drive test*, penambahan serta perluasan rute pengukuran, dan penerapan optimasi jaringan, hasil parameter RSRP menunjukkan peningkatan kualitas yang semakin optimal.

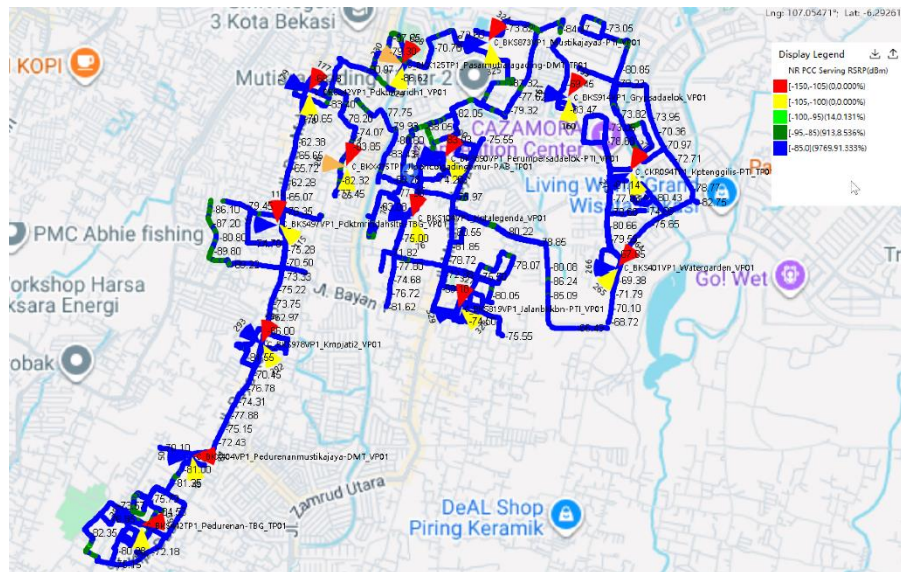


Figure 15 RSRP setelah optimasi

Dengan capaian nilai RSRP yang mencapai 100%, dapat disimpulkan bahwa kondisi jaringan berada pada tingkat yang sangat optimal. Selain itu, nilai RSRP ini telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh operator bahkan sejak sebelum dilakukan optimasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kualitas jaringan 5G NSA pada Cluster 133–Mustika Jaya secara umum sudah baik dengan cakupan yang didukung oleh 14 site New On Air dan beberapa site existing. Sebelum optimasi, parameter RSRP telah memenuhi target KPI operator dengan nilai 99,94%, namun parameter SINR dan throughput masih berada di bawah standar akibat adanya bad spot, interferensi antar sel, serta konfigurasi antena yang belum optimal. Setelah dilakukan optimasi melalui penyesuaian azimuth, mechanical tilt, electrical tilt, dan perluasan rute drive test, kualitas jaringan mengalami peningkatan yang signifikan, ditandai dengan meningkatnya nilai SINR menjadi 96,42%, RSRP mencapai 100%, serta serving PCI yang lebih optimal sehingga seluruh KPI operator berhasil terpenuhi. Hasil Customer Experience

Test (CET) juga menunjukkan bahwa jaringan 5G memberikan performa yang lebih baik dibandingkan 4G dengan kecepatan unduh mencapai 174–213 Mbps dan latency yang baik, sehingga mampu memberikan pengalaman layanan yang optimal bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Borralho, R., Mohamed, A., Quddus, A. U., Vieira, P., & Tafazolli, R. (2021). A survey on coverage enhancement in cellular networks: Challenges and solutions for future deployments. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 23(2), 1302. <https://doi.org/10.1109/comst.2021.3053464>
- Simargolang, M. Y., & Widarma, A. (2022). Quality of Service (QoS) for Network Performance Analysis Wireless Area Network (WLAN). *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, 7(1), 162. <https://doi.org/10.24114/cess.v7i1.29759>
- Arjunandi, B., Naufala, W. Z., Sabani, R., Almutaqin, M. S., & Setiawan, I. (2023). ANALISIS KUALITAS LAYANAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK ITIL V3 DOMAIN SERVICE DESIGN PADA APLIKASI GRAB. *Simtek Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, 8(1), 53. <https://doi.org/10.51876/simtek.v8i1.170>
- Odida, M. (2024b). The Evolution of Mobile Communication: A Comprehensive Survey on 5G Technology. *Journal of Sensor Networks and Data Communications*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.33140/jsndc.04.01.06>
- Bitsikas, E., Belfki, A., & Ranganathan, A. (2024). Dyna-5G: A dynamic, flexible, and self-organizing 5G network for M2M ecosystems. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.15681>
- Akram, A., Melvandino, F. H., Bragaswara, W. Y., & Ramza, H. (2023). ANALISIS KINERJA JARINGAN 4G LTE MENGGUNAKAN METODE DRIVE TEST DI KELURAHAN KAMPUNG RAMBUTAN, JAKARTA TIMUR. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3140>