

OPTIMASI JARINGAN 4G LTE PADA JALUR TOL CIKOPO PALIMANAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *PHYSICAL TUNING*

Hajiar Yuliana^{1*}, Muhammad Reza Hidayat², Ade Sena Permana³, Nivika Tiffany Somantri⁴, Ni Ketut Hariyawati Dharmi⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi

Email: ¹hajiar.yuliana@lecture.unjani.ac.id, ²mreza@lecture.unjani.ac.id, ³adesena@unjani.ac.id,
⁴nivika.tiffany@lecture.unjani.ac.id, ⁵niketuthd@yahoo.com

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 05 Oktober 2023, diterima untuk diterbitkan: 10 Juni 2024)

Abstrak

Kebutuhan akan layanan komunikasi dan informasi meningkat pesat. Teknologi 4G diharapkan memenuhi kebutuhan akan kecepatan jaringan yang optimal, tetapi menghadapi kendala yang mempengaruhi kualitas jaringan. Namun, teknologi 4G ini memiliki beberapa kendala yang menyebabkan kecepatan jaringan tidak optimal sehingga perlu dilakukan optimasi untuk memperbaiki hal tersebut. Penelitian ini mengoptimalkan kondisi level sinyal *Reference Signal Received Power* (RSRP) di Jalur Tol Cikopo-Palimanan (Cipali). RSRP adalah indikator penting untuk menilai kekuatan sinyal dari *base station*, dimana nilai rendah menunjukkan sinyal yang lemah atau terganggu. Proses optimasi dilakukan dengan menganalisis nilai RSRP berdasarkan data antenna beserta parameter dan disimulasikan di *Atoll Planning Software* dengan menggunakan metode *physical tuning*. Berdasarkan hasil data yang didapatkan terdapat beberapa 4 area spot yang memiliki *coverage* yang kurang baik dengan level RSRP dibawah -90 dBm. Optimasi dilakukan di 4 spot yang mempunyai kondisi level sinyal dibawah -90 dBm dengan menggunakan metode *physical tuning*, yaitu berupa pengaturan dan perubahan derajat tilting dan arah antenna agar mendapatkan level sinyal dan daya pancar yang lebih baik. Setelah dilakukan optimasi, terdapat perbaikan level sinyal RSRP dimana terjadi kenaikan persentase untuk level sinyal diatas -90 dBm dari 88,73% menjadi 90,67% dan penurunan persentase untuk level sinyal dibawah -90 dBm dari 11,27% menjadi 9,33%.

Kata kunci: *optimasi coverage, physical tuning, RSRP, 4G*

4G LTE NETWORK OPTIMIZATION ON CIKOPO PALIMANAN TOLL ROAD USING *PHYSICAL TUNING METHOD*

Abstract

The rising demand for communication and information services necessitates optimal network speeds, typically met by 4G technology. However, impediments often hinder network quality. This study focuses on optimizing the Reference Signals Received Power (RSRP) along the Cikopo-Palimanan (Cipali) Toll Road. Using data analysis and simulation in *Atoll Planning Software*, the physical tuning method is employed to enhance RSRP signal levels. Results reveal several areas with subpar coverage, indicated by RSRP levels below -90 dBm. Optimization efforts concentrate on these areas, adjusting antenna tilting and direction to improve signal strength. Post-optimization, signal levels improve, with a rise in levels above -90 dBm from 88.73% to 90.67%, and a corresponding drop in levels below -90 dBm from 11.27% to 9.33%. This optimization aims to ensure superior communication services for users.

Keywords: *coverage optimization, antenna physical tuning, RSRP, 4G.*

1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi juga terjadi di dunia telekomunikasi. Kebutuhan para pengguna akan layanan komunikasi maupun informasi yang dibutuhkan meningkat dengan cepat sehingga menyebabkan penyedia jasa pada layanan telekomunikasi seluler dituntut untuk

berkembang guna memenuhi kebutuhan pengguna atau konsumennya dan terus mengembangkan kemampuan dan teknologi terkini. Maka dari itu, penyedia jasa layanan telekomunikasi memperluas jaringan seluler dan meningkatkan kecepatan jaringan sebagai salah satu layanan untuk diberikan kepada konsumen dengan menciptakan suatu teknologi telekomunikasi yang dapat menyediakan

layanan data berkecepatan tinggi. (Yuliana, Basuki and Iskandar, 2019)

Dalam perjalanannya, kondisi jaringan seluler ini tidak selalu sesuai dengan perencanaan ataupun harapan para pengguna jaringan. Terdapat beberapa kondisi yang menyebabkan level sinyal yang diterima oleh pengguna tidak optimal sehingga menimbulkan ketidakoptimalan layanan yang digunakan oleh pengguna. Hal ini salah satunya ditunjukkan dengan penurunan level sinyal *Reference Signal Received Power* (RSRP). Nilai RSRP merupakan salah satu indikator penting yang menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna dari stasiun basis seluler. Nilai RSRP yang rendah menunjukkan bahwa sinyal perangkat pengguna lemah atau terganggu, yang dapat menyebabkan berbagai masalah. Selain itu, nilai RSRP yang rendah dapat mengganggu komunikasi dan produktivitas pengguna, terutama di daerah dengan sinyal yang lemah. Ini dapat menyebabkan gangguan dalam panggilan suara, kecepatan internet yang lambat, atau bahkan kehilangan koneksi sepenuhnya. Sehingga, untuk mengantisipasi hal tersebut, perlu dilakukan optimasi pada sebuah jaringan seluler untuk dapat memelihara nilai atau level sinyal RSRP yang diterima oleh pengguna agar tetap mendapat level sinyal RSRP yang optimal.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memelihara level sinyal RSRP agar tetap optimal, adalah dilakukan optimasi jaringan. Proses optimasi ini mencakup penyesuaian dan peningkatan berbagai parameter teknis, seperti pengaturan antena, pemberian daya, dan peningkatan efisiensi spektrum frekuensi. Salah satu aspek penting dalam optimasi jaringan seluler adalah perbaikan level sinyal. Level sinyal yang rendah dapat mengakibatkan masalah dalam kualitas panggilan, kecepatan data yang lambat, dan bahkan kehilangan konektivitas. Oleh karena itu, meningkatkan level sinyal menjadi prioritas dalam proses optimasi. Optimasi jaringan seluler tidak hanya penting untuk teknologi 4G, tetapi juga untuk teknologi seluler lainnya seperti 3G, 5G, dan selanjutnya. Setiap teknologi memiliki kebutuhan optimasi yang unik tergantung pada karakteristiknya, tetapi tujuannya tetap sama: memastikan ketersediaan layanan yang andal dan berkualitas bagi pengguna.

Permasalahan level sinyal RSRP ini pun, juga ternyata tidak hanya terjadi di area pemukiman penduduk saja, tapi juga menjadi perhatian untuk tempat yang sering dilalui kendaraan dalam jumlah banyak seperti jalur tol. Optimasi level sinyal di area ini memiliki dampak besar pada kenyamanan, keamanan, dan efisiensi transportasi. Ketika pengguna tidak memiliki akses yang andal ke layanan telekomunikasi seperti panggilan suara atau akses data, kemampuan untuk memanggil bantuan dalam situasi darurat dapat terganggu. Sinyal yang kuat di jalur tol memungkinkan pengguna jalan untuk tetap terhubung dengan keluarga, teman, atau pekerjaan mereka selama perjalanan. Mereka dapat

menggunakan layanan navigasi, memeriksa informasi lalu lintas, atau mengakses hiburan online tanpa gangguan. Ini meningkatkan kenyamanan perjalanan dan membuat pengalaman berkendara lebih menyenangkan. Selain itu, pengguna jalan dapat menggunakan aplikasi navigasi untuk menemukan rute alternatif, menghindari kepadatan lalu lintas, dan mengoptimalkan waktu perjalanan mereka dengan level sinyal yang ideal. Aplikasi ini membantu mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi transportasi secara keseluruhan.

Kebanyakan jalur tol di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa, berada di perpaduan antara kondisi area suburban dan rural. Area tersebut memiliki kondisi kontur dan alam yang berbeda jika dibandingkan dengan area perkotaan (urban). Salah satu area yang menjadi perhatian dan juga perlu dianalisis kondisi level sinyalnya pada penelitian ini adalah area jalur jalan tol Cikopo Palimanan (Cipali), dimana jalurnya dimulai dari gerbang tol Cikopo sampai gerbang tol Palimanan. Penelitian optimasi jaringan 4G LTE di jalur tol ini bertujuan untuk meningkatkan cakupan dan level sinyal yang memadai di sepanjang jalur tol. Dengan cakupan sinyal yang lebih baik, pengguna di dalam kendaraan akan dapat mengakses layanan komunikasi dengan lebih baik dan lebih handal.

Optimasi yang dilakukan di jalur tol ini melibatkan analisis dan pemodelan beberapa faktor yang mempengaruhi level sinyal yang diterima di penerima serta juga untuk mengidentifikasi area di jalur tol yang memiliki cakupan sinyal yang kurang memadai. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah faktor jarak antara jalur tol dan stasiun pemancar sinyal dapat mempengaruhi kekuatan dan kualitas sinyal yang diterima di jalur tol. Semakin dekat jaraknya, semakin kuat sinyal yang diterima. Selain itu fitur geografis seperti bukit, lembah, bangunan, atau pepohonan yang tinggi dapat memblokir atau melemahkan sinyal di jalur tol (Yuliana, Basuki and Prini, 2021). Selain kondisi alam, faktor lainnya seperti kepadatan penduduk dan keberadaan bangunan juga dapat mempengaruhi kemampuan sinyal untuk menembus dan mencapai kendaraan di dalam jalur tol (Pramono et al., 2020b). Faktor lainnya yang juga mempengaruhi yaitu adanya gangguan elektromagnetik dari peralatan elektronik atau infrastruktur di sekitar jalur tol, seperti jaringan listrik atau peralatan telekomunikasi lainnya, dapat menyebabkan interferensi dan melemahkan sinyal yang diterima (Pramono et al., 2020a). Dengan memahami faktor-faktor tersebut, penulis dapat mengusulkan solusi atau strategi yang tepat untuk meningkatkan cakupan sinyal, seperti penempatan ulang stasiun pemancar, pemasangan antena atau repeater tambahan, atau penggunaan teknologi baru yang lebih efektif. Akan tetapi khusus pada penelitian ini, penulis mengusulkan solusi untuk mengoptimalkan level sinyal 4G di area tersebut dengan menggunakan metode *physical tuning*.

Metode *physical tuning* pada proses optimasi jaringan seluler adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja jaringan seluler. Teknik ini melibatkan pengaturan parameter antena, seperti tilting antena, ketinggian antena, dan azimuth antena, untuk dapat menghasilkan nilai parameter RSRP dan SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*) yang optimal dan sesuai dengan yang diharapkan. Dalam metode *physical tuning*, perubahan parameter antena bisa dilakukan secara manual atau otomatis menggunakan perangkat lunak khusus. Metode *physical tuning* dapat membantu dalam optimasi untuk meningkatkan kualitas sinyal dan kapasitas jaringan seluler. (PURNAMA, NUGRAHA and AMANAF, 2020)

Proses optimasi untuk meningkatkan level sinyal dengan menggunakan metode *physical tuning* ini pernah dilakukan dan disampaikan pada (Yuliana et al., 2020). Pada makalah ini disampaikan bahwa metode *physical tuning* selain dapat digunakan untuk memperbaiki dan mengoptimalkan level sinyal, ternyata juga dapat digunakan untuk meningkatkan dan memperbaiki level *throughput* di sisi *downlink*. *Physical tuning* yang dilakukan yaitu dengan melakukan perubahan mekanikal dan elektrik tilting serta arah azimuth antena jika diperlukan. Selain itu proses *physical tuning* juga pernah dipakai pada proses optimasi untuk meningkatkan level sinyal 4G di area urban (Yuliana, Basuki and Iskandar, 2019). Proses optimasi yang dilakukan juga sangat berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan level sinyal RSRP 4G yang diterima. Level sinyal dari site yang dilakukan optimasi dengan *physical tuning* tersebut mengalami perbaikan dan perluasan area cakupan yang lebih optimal. Umumnya proses *physical tuning* yang dilakukan pada suatu antena meliputi perubahan mekanikal tilting, elektrik tilting, serta arah azimuth antena, sehingga memberikan perubahan bentuk cakupan sinyal yang dihasilkan. Pada makalah (Wibowo, Hariyawati and Yuliana, 2022) ini mencoba mensimulasikan untuk hanya memanfaatkan penggunaan elektrik tilting untuk mengoptimasi level sinyal dan cakupan di sebuah area urban di Kota Bandung. Ternyata, walaupun hanya memanfaatkan tuning berupa elektrik tilting saja, level sinyal yang dihasilkan bisa jauh lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi aktual sebelum. Dari simulasi tersebut, dapat diajukan sebuah implementasi untuk dicoba dilapangan agar dapat memperbaiki keluhan level sinyal yang sering dirasakan para pengguna di area tersebut. Selain itu, pada makalah (Arawan, 2022), juga memanfaatkan *Remote Electrical Tilting* (RET) dalam aktifitas *physical tuning* untuk mengoptimasi *coverage* 4G.

Dari berbagai penelitian tersebut, menunjukkan bahwa *physical tuning* bisa menjadi salah satu solusi pada proses optimasi khususnya untuk menghasilkan level sinyal serta cakupan level sinyal yang jauh lebih optimal dibandingkan dengan kondisi sebelumnya.

Pada makalah ini, penelitian dan analisis optimasi menggunakan metode *physical tuning* ini dilakukan di sepanjang area jalur tol cikopo palimanan. Area jalur jalan tol Cipali ini merupakan jalur yang menghubungkan daerah Cikopo ke Palimanan dengan Panjang 116,75 KM dari gerbang Tol Jakarta – Cikopo ke Gerbang Tol Palimanan – Kanci. Dengan keberadaan Tol Cipali diantara Gerbang tol Jakarta – Cikopo dan Gerbang Tol Palimanan – Kanci, Tol Cipali merupakan saluran distribusi utama barang dan transportasi umum. Jalan Tol ini juga dilalui oleh para pengendara untuk mudik saat Hari Raya Idul Fitri sehingga kepadatan kendaraan di tol ini juga tinggi. Kepadatan kendaraan yang tinggi itulah yang menyebabkan kapasitas pengguna jaringan 4G LTE meningkat pada saat meningkatnya trafik kendaraan khususnya pada saat kondisi mudik hari raya Idul Fitri Selain itu pengaruh beberapa jalan yang berada diantara perbukitan dan pepohonan yang lebat menyebabkan sering terjadinya kondisi level sinyal yang buruk, sehingga menyebabkan para pengguna sering kesulitan untuk melakukan panggilan ataupun melakukan aktifitas komunikasi lainnya ketika didalam kondisi macet karena padatnya kendaraan saat periode mudik hari raya Idul Fitri. Sehingga dari proses penelitian ini diharapkan, dengan menggunakan metode *physical tuning* ini dapat membantu memperbaiki kondisi jaringan 4G LTE khususnya terkait level sinyal RSRP dan cakupan di sepanjang jalur tol Cipali, sehingga hal ini juga dapat menjaga kenyamanan serta kualitas sinyal yang diterima oleh pelanggan saat kondisi padat saat masa mudik hari raya Idul Fitri.

2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian yang dilakukan pada penelitian ini, digambar pada Gambar 1. Proses optimasi jaringan seluler secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu diantaranya persiapan menentukan daerah yang akan dianalisis, pengambilan data dan pengumpulan data, menganalisis *coverage plot* area yang sedang diamati, analisis simulasi serta optimasi menggunakan *Atoll Planning Software*. Analisis dan proses optimasi juga dilakukan dengan menggunakan *Atoll Planning Software*. Penggunaan perangkat lunak ATOLL untuk proses perencanaan dan optimasi jaringan seluler telah banyak dilakukan dan direkomendasikan oleh beberapa operator seluler untuk membantu dalam proses desain, perencanaan, dan optimasi jaringan seluler. Dengan memanfaatkan peta digital yang berisi kontur dan kondisi riil di lapangan, memungkinkan Atoll untuk menghasilkan hasil simulasi yang mendekati bahkan sesuai dengan kondisi dilapangan.

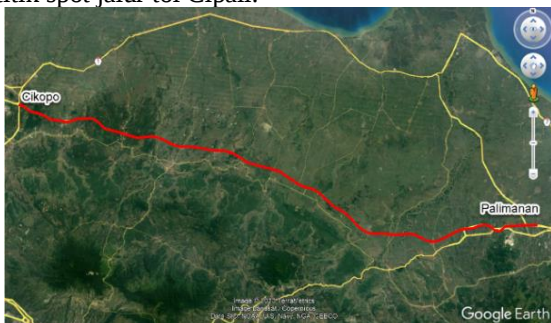
Simulasi optimasi dan perubahan *physical antenna* berupa besarnya derajat mekanikal dan elektrik tilting serta arah azimuth antena dilakukan dengan menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP) untuk mendapatkan kondisi cakupan

dan level sinyal yang optimal. Metode ACP merupakan metode yang dapat digunakan dalam *physical tuning* untuk menghitung mekanikal dan elektrik antenna yang diperlukan untuk mendapatkan nilai level sinyal yang diharapkan. Metode ACP digunakan untuk melakukan optimasi *physical tuning* antenna sektoral pada jaringan seluler dengan mengatur parameter tinggi antenna, azimuth, dan tilting antenna (PURNAMA, NUGRAHA and AMANAF, 2020). Metode ACP menggunakan software Atoll untuk simulasi dan prediksi distribusi sinyal RSRP pada jaringan seluler. Ini memungkinkan peningkatan kualitas sinyal pada jaringan 4G LTE dan perbaikan jaringan seluler.

Pada penelitian ini, setelah melakukan simulasi dan optimasi, selanjutnya perlu dianalisis dan dibandingkan terkait hasil level sinyal sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi agar dapat mengetahui perbandingan serta hasil dari proses optimasi. Sehingga rekomendasi yang didapatkan pada tahap ini dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya untuk diimplementasikan langsung dilapangan.

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jalur tol Cipali dari gerbang Tol Cikopo sampai dengan gerbang Tol Palimanan. Jalur jalan tol Cipali merupakan sebuah jalan tol yang terbentang sepanjang 116 kilometer dengan melewati 5 kabupaten yaitu Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Subang, Kabupaten Indramayu, Kabupaten Majalengka dan berakhir di Kabupaten Cirebon. Jalan tol Cipali merupakan ruas jalan tol terpanjang di Pulau Jawa sekaligus menjadi ruas jalan tol terpanjang ketiga di Indonesia. Saat memasuki musim lebaran, jalur tol Cipali ini sering dilewati oleh pemudik dari arah Jakarta ke arah Cirebon atau sebaliknya yang mengakibatkan kepadatan kendaraan yang menumpuk sehingga menyebabkan peningkatan permintaan akses internet atau terdapat kurangnya kekuatan sinyal di beberapa titik spot jalur tol Cipali.



Gambar 1. Jalur Tol Cikopo Palimanan

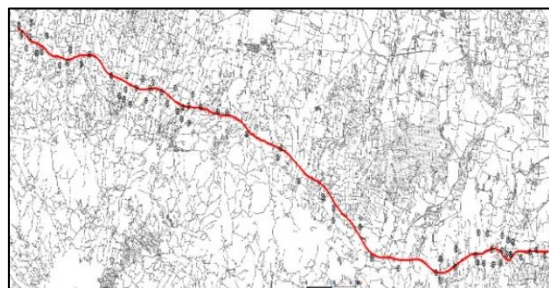
Jalur tol Cipali merupakan jalur tol yang menjadi salah satu jalur alternatif untuk para pemudik sehingga diperlukan kondisi level sinyal yang cukup optimal agar para pengguna bisa mendapatkan akses jaringan yang optimal ketika membutuhkan komunikasi dengan internet ditengah-tengah kemacetan yang sangat padat, khususnya saat

menggunakan jaringan 4G LTE. Gambar 1 merupakan lokasi jalur tol Cipali yang berada di Jawa Barat.

2.2 Distribusi Site di Sepanjang Jalur Tol Cipali

Area di jalur jalan tol Cipali ini merupakan jalan yang terbukti memangkas rute Cikopo - Palimanan hingga 4 kilometer dibanding melewati jalur pantura. Selain dilewati oleh para pemudik ketika saat musim lebaran, tol Cipali merupakan saluran distribusi utama barang dan transportasi umum Jawa untuk keperluan pertumbuhan kawasan industri, perumahan, perkantoran, pariwisata dan agrobisnis. Beberapa kondisi jalan Tol Cipali yang berada di daerah rural atau persawahan menyebabkan kondisi level sinyal yang kurang baik, sehingga menyebabkan para pengguna sering kesulitan untuk melakukan panggilan ataupun melakukan aktifitas komunikasi lainnya.

Pada area jalur jalan Tol Cipali sepanjang 116 kilometer dari Gerbang tol Cikopo sampai dengan Gerbang tol Palimanan ini, terdapat beberapa site yang tersebar untuk meng-cover area jalan tersebut. Terdapat 70 site 4G yang terdistribusikan di area tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Persebaran 70 site 4G ini didapatkan berdasarkan data survey yang dilakukan langsung pada penelitian ini di sepanjang jalur tol cikopo-palimanan.



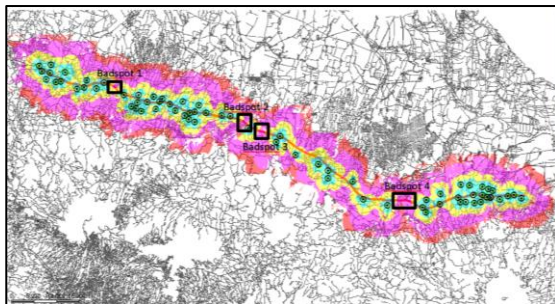
Gambar 2. Distribusi site di area jalur jalan tol Cipali

3. ANALISIS COVERAGE LEVEL SINYAL DI JALUR TOL CIKOP – PALIMANAN (CIPALI)

Untuk mengetahui kondisi level sinyal RSRP yang mencakup di jalur tol Cipali, dilakukan simulasi menggunakan *Atoll Planning Software* berdasarkan data site aktual yang didapatkan dari salah satu provider besar di Indonesia. Pada Gambar 3 menunjukkan kondisi *coverage* level sinyal RSRP di area tersebut dalam kondisi aktual. Dari 70 site yang mencakup area jalan Tol Cipali sepanjang 116 km, sebesar 55,3% level sinyal berada di atas -80 dBm, sedangkan sisanya sebesar 44,7% merupakan level sinyal yang berada di bawah -80 dBm. Proses analisis dan simulasi data hanya dilakukan pada site dengan frekuensi 1800 MHz untuk teknologi 4G LTE.

Persentase level sinyal RSRP di area tol Cipali sebelum dioptimasi secara rinci ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, kondisi level sinyal

RSRP untuk level sinyal antara -60 dBm sampai 0 dBm mencakup area sebesar 0,4%. Berikutnya untuk level sinyal antara -60 dBm sampai -70 dBm mencakup area sebesar 15,1%. Lalu untuk level sinyal antara -80 dBm sampai -70 dBm mencakup area sebesar 39,8%. Untuk level sinyal antara -90 dBm sampai -80 dBm mencakup area sebesar 33,4%. Untuk level sinyal antara -100 dBm sampai -90 dBm mencakup area sebesar 10,3% dan untuk level sinyal yang terakhir antara -120 dBm sampai -100 dBm mencakup area sebesar 1%. Sehingga dari total area 100% terdapat level sinyal yang lebih dari -80 dBm mencakup area sebesar 55,3%, dan level sinyal yang kurang dari -80 dBm mencakup area sebesar 44,7%.



Gambar 3. Kondisi coverage level sinyal RSRP di area tol Cipali sebelum dilakukan optimasi

Level sinyal di sepanjang jalan tol Cipali ini memiliki nilai RSRP di atas -80 dBm sebesar 55,3%, namun untuk di beberapa area jalan tol Cipali berada pada persentase nilai RSRP yang rendah dengan nilai dibawah -80 dBm sebesar 44,7% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Karena adanya nilai RSRP yang rendah, maka di beberapa site perlu untuk dianalisis dan kemungkinan untuk dioptimasi agar dapat meningkatkan kondisi level sinyal di beberapa area jalan Tol Cipali.

Standarisasi dari operator, untuk persentase level sinyal dibawah -90 dBm yang disarankan adalah kurang dari 20% dari keseluruhan cakupan level sinyal di area tersebut. Oleh karena itu persentase nilai RSRP di sepanjang jalan tol Cipali ini sudah memenuhi standar persentase level sinyal operator, akan tetapi analisis dan optimasi secara Coverage di beberapa area jalan Tol itu diperlukan dikarenakan ada beberapa spot atau titik area jalan tol yang level sinyalnya buruk sehingga para pengguna atau pengendara yang sedang membutuhkan jaringan internet untuk berkomunikasi ketika sedang dalam keadaan terjebak oleh macet atau dalam keadaan genting di area jalan tol yang level sinyalnya buruk atau badspot itu akan terganggu dan sulit untuk berkomunikasi atau menggunakan jaringan internet. Analisis ini juga bertujuan untuk mengcover complain ketika ada keluhan dari pengguna jalan tol yang berada di area *badspot* atau level sinyal yang buruk dan juga untuk meningkat dan memperbaiki level sinyal.

Berdasarkan hasil analisis coverage level sinyal yang dilakukan di area jalur tol Cipali sebelum

dioptimasi, didapatkan 4 spot utama yang memiliki level sinyal dibawah -90 dBm, dan spot tersebut merupakan spot yang sering menjadi perhatian karena adanya beberapa keluhan dari pelanggan. Letak spot tersebut secara detail ditunjukkan oleh Gambar 3. Kebanyakan dari spot tersebut, merupakan spot yang berdekatan dengan gerbang tol dan rest area, sehingga tentunya penggunaan aktifitas layanan seluler khususnya 4G cukup tinggi di spot tersebut. Keempat spot tersebut dominan di-cover oleh site terdekatnya, dan secara rinci informasi sitenya di sampaikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Persentase level sinyal RSRP di area tol Cipali sebelum dilakukan optimasi

Batas Nilai RSRP (dBm)	Persentase
-60 <= Best Sinyal Level (dBm) < 0	0,4%
-70 <= Best Sinyal Level (dBm) < -60	15,1%
-80 <= Best Sinyal Level (dBm) < -70	39,8%
-90 <= Best Sinyal Level (dBm) < -80	33,4%
-100 <= Best Sinyal Level (dBm) < -90	10,3%
-120 <= Best Sinyal Level (dBm) < -100	1%
Total	100%
RSRP ≥ -80 dBm	55,3%
RSRP < -80 dBm	44,7%

Tabel 2. Area *badspot* di jalur tol Cipali

No	Nama <i>Badspot</i>	Dominan Site Cover
1	<i>Badspot</i> 1	Kedawung Marengmang Kalijati
2	<i>Badspot</i> 2	Padaasih Sumurbarang Bantar Waru
3	<i>Badspot</i> 3	Bantar Waru Mekarjaya Gantar Indramayu
4	<i>Badspot</i> 4	Kertawinangun Majalengka Tol Cipali_KM 166

3.1 Analisis Area *Badspot* 1

Badspot 1 terletak di jalur tol KM 91. Dengan koordinat di -6,478345512 dan 107,629349874. Jalur tol ini berada tidak jauh dari pemukiman penduduk terdekat, akan tetapi level sinyal pada pemukiman tersebut juga masih tidak optimal. Sebagian besar wilayah tersebut adalah wilayah yang banyak dipenuhi oleh pepohonan dan area persawahan. Daerah ini juga bisa disebut daerah yang berada di area rural. Juga terdapat beberapa pabrik disekitarnya. Di jalur jalan tol ini sangat besar peluangnya untuk terjadinya kemacetan, karena ruas jalan tol yang kurang besar dan jika terjadi suatu hambatan karena kecelakaan atau perbaikan jalan akan menimbulkan suatu kemacetan yang panjang dan lamanya waktu pengendara untuk berkendara, yang tentunya akan aada banyak user atau pengendara yang membutuhkan level sinyal yang baik agar dapat tetap berkomunikasi dan menggunakan layanan operator dengan optimal jika dibutuhkan. Kondisi inilah yang membuat spot ini perlu dilakukan simulasi optimasi, agar dapat memperbaiki level sinyal menjadi lebih baik.

Pada Gambar 4 menunjukkan gambaran cakupan level sinyal yang dimiliki pada *Badspot* 1, dimana spot ini rata-rata memiliki nilai RSRP sekitar -90 dBm sampai -100 dBm. Kualitas sinyal masih

belum dikategorikan baik karena kurang dari -85 dBm. Pada area *Badspot* 1 ini, terdapat 2 site yang dominan mencakup area ini yaitu site KADAWUNG dan site MARENGMANG_KALIJATI. Kemungkinan penyebab buruknya level sinyal yang terjadi pada area ini, bisa disebabkan karena lokasi site terdekat yang mencakup ke wilayah area badspot tersebut jaraknya cukup jauh mencapai 2,32 km. Badspot ini berada di wilayah area rural atau kurangnya padat penduduk Selain lokasi yang jauh dari site, buruknya cakupan sinyal di area tersebut juga disebabkan oleh kondisi elevasi serta tinggi permukaan tanah yang menyebabkan level signal kurang optimal dalam meng-cover wilayah tersebut.



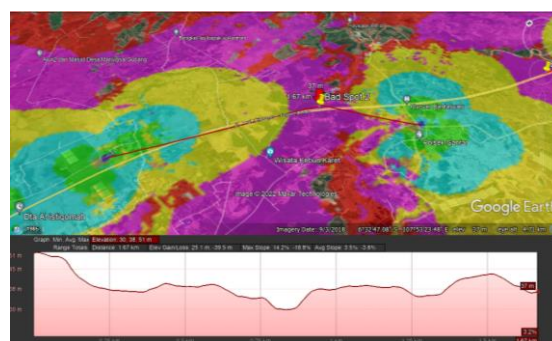
Gambar 4. Cakupan sinyal di area Badspot 1

3.2 Analisis Area Badspot 2

Kemudian, pada area *Badspot* 2 terletak di jalur tol KM 122. Dengan lokasi berada di koordinat -6,547179472 dan 107,889707817. Wilayah jalur tol ini berada di wilayah yang dikelilingi oleh pepohonan yang luas. Area tersebut cukup dekat dengan pemukiman penduduk yang berjarak 1,6 km dari badspot tersebut. Berdasarkan informasi yang didapat, jalur tol tersebut adalah jalur yang rawan kecelakaan dikarenakan kondisi jalan yang bergelombang dan kapasitas lebar jalan hanya 2 mobil saja. Kemacetan bisa saja terjadi karena terhambatnya oleh perbaikan jalan di jalur tol tersebut ataupun adanya mobil yang mogok di jalur tol tersebut sehingga menimbulkan kemacetan karena bertambahnya kapasitas kendaraan pada jalur tersebut. Yang tentunya akan ada banyak pengguna atau pengendara yang membutuhkan level sinyal yang baik agar dapat tetap berkomunikasi dan menggunakan layanan operator dengan optimal jika dibutuhkan. Kondisi inilah yang membuat spot ini perlu dilakukan simulasi optimasi, agar dapat memperbaiki level sinyal menjadi lebih baik.

Gambar 5 merupakan gambaran cakupan level sinyal yang dimiliki pada spot ini, dimana spot ini rata-rata memiliki nilai RSRP sekitar -90 dBm sampai -100 dBm. Kualitas sinyal masih belum dikategorikan baik karena kurang dari -85 dBm. Terdapat 2 site yang dominan meng-cover ke area ini yaitu site PADAASIH_SUMURBARANG dan site BANTAR_WARU. Kemungkinan penyebab titik badspot di wilayah jalur tol tersebut memiliki level

signal yang buruk dikarenakan arah azimuth antena dari site terdekat tersebut mengarah ke pemukiman penduduk saja yang memiliki kebutuhan dan kondisi kapasitas yang lebih dominan jika dibandingkan mengarah ke jalur tol tersebut. Selain itu, kondisi cakupan level sinyal di *Badspot* 2 ini juga disebabkan dari beberapa kondisi elevasi tinggi permukaan tanah yang menyebabkan level signal kurang optimal dalam mencakup wilayah tersebut dan badspot tersebut.



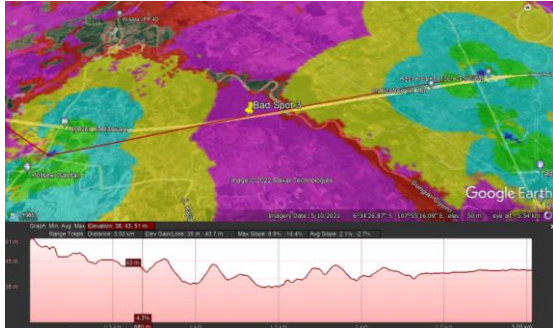
Gambar 5. Cakupan sinyal di area Badspot 2

3.3 Analisis Area Badspot 3

Pada badspot 3 terletak di jalur tol KM 127. Dengan longlat yaitu -6,565865087 107,92399706. Jalur tol ini berada di daerah rural yang dikelilingi oleh pepohonan yang luas. Sehingga tidak adanya kepadatan penduduk di area tersebut. Daerah ini termasuk di area Rural atau wilayah geografisnya terletak dibagian luar kota. Di jalur jalan tol ini sangat besar peluangnya untuk terjadinya kemacetan, karena ruas jalan tol yang kurang besar dan diakibatkan terjadi suatu hambatan karena dijarak beberapa kilometer dari arah barat ke timur akan adanya rest area KM 130 tempat peristirahatan pengendara ketika sedang mudik di musim lebaran sedang menumpuk dan beberapa pengendara yang harus antri beristirahat atau mengisi bahan bakar di rest area tersebut yang akan menimbulkan suatu kemacetan yang panjang dan lamanya waktu pengendara untuk berkendara, yang tentunya akan ada banyak pengguna jaringan atau pengendara yang membutuhkan level sinyal yang baik agar dapat tetap berkomunikasi dan menggunakan layanan operator dengan optimal jika dibutuhkan. Kondisi inilah yang membuat spot ini perlu dilakukan simulasi optimasi, agar dapat memperbaiki level sinyal menjadi lebih baik. Gambar 6 merupakan gambaran *coverage* dan level sinyal yang dimiliki pada spot ini, dimana spot ini rata-rata memiliki nilai RSRP sekitar -90 dBm sampai -100 dBm. Kualitas sinyal masih belum dikategorikan baik karena kurang dari -85 dBm. Terdapat 2 site yang dominan meng-cover area ini yaitu site BANTARWARU dan site MEKARJAYA_GANTAR_INDRAMAYU.

Kemungkinan penyebab bad *Coverage* yang terjadi pada area ini, bisa disebabkan karena titik site terdekat yang meng-cover ke wilayah area badspot

tersebut jaraknya sangat jauh, yaitu 3 km. maka dari itu site terdekat tidak dapat mencakup dengan baik dikarenakan tilting, height, dan arah azimuth dari antenna yang sudah maksimal dan tidak bisa lagi dioptimalkan.

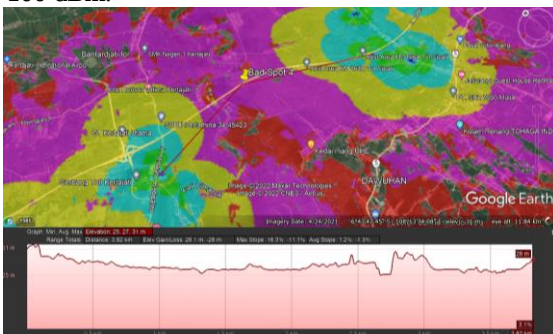


Gambar 6. Cakupan sinyal di area Badspot 3

3.4 Analisis Area Badspot 4

Pada badspot 4 terletak di jalur tol KM 162. Dengan longlat yaitu -6,701063875 108,207367606. Jalur tol ini berada pada wilayah yang dikelilingi oleh persawahan. Area ini termasuk dalam area rural yang dimana wilayah yang berada jauh dari kepadatan penduduk dan wilayah geografis yang terletak dibagian luar kota. Di jalan jalur tol ini sering mengalami kemacetan ketika pada musim mudik lebaran, dikarenakan adanya rest area di KM 164 yang selalu banyak menjadi tempat peristirahatan para pemudik sehingga kemacetan yang diakibatkan masuk atau keluarnya kendaraan pada rest area tersebut akan menghambat pengemudi dan terjebak macet di area badspot tersebut. Tentunya akan ada banyak pengguna jaringan atau pengemudi yang membutuhkan level signal yang baik agar dapat teteap berkomunikasi dan menggunakan layanan operator dengan optimal jika dibutuhkan. Kondisi inilah yang membuat spot ini perlu dilakukan simulasi optimasi, agar dapat memperbaiki level sinyal menjadi lebih baik.

Gambar 7 merupakan gambaran *coverage* dan level sinyal yang dimiliki pada spot ini, dimana spot ini rata-rata memiliki nilai RSRP sekitar -90 dBm sampai -100 dBm.



Gambar 7. Cakupan sinyal di area Badspot 4

Kualitas sinyal masih belum dikategorikan baik karena kurang dari -85 dBm. Terdapat 2 site yang dominan meng-cover area ini yaitu site

KERTAWINGANGUN_MAJALENGKA dan site TOL_CIPALI_166. Kemungkinan penyebab bad *Coverage* yang terjadi pada area ini bisa disebabkan karena jauhnya jarak dari titik site yang meng-cover area tersebut yaitu 3,8 km, maka dari itu site terdekat tidak dapat mengcover dengan baik dikarenakan tilting, height, dan arah azimuth dari antenna yang sudah maksimal dan tidak bisa lagi dioptimalkan.

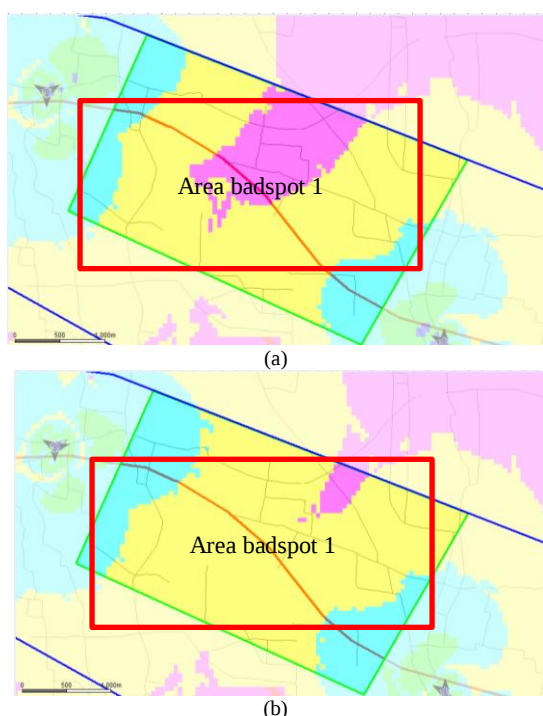
4. OPTIMASI COVERAGE LEVEL SINYAL DI JALUR TOL CIKOPO – PALIMANAN (CIPALI)

Optimasi merupakan suatu proses untuk mempertahankan kualitas suatu jaringan agar kondisi sinyal tetap optimal dan menghasilkan kondisi sesuai yang diharapkan oleh para pelanggan. Proses ini dilakukan guna menjaga performansi sebuah jaringan tersebut bisa menggunakan pelayanan dengan baik tanpa adanya gangguan. Proses awal yang dilakukan saat akan melakukan proses optimasi yaitu mengambil database site yang didapatkan dari operator seluler di daerah tol Cipali. Data akan diolah agar data tersebut dapat dilihat kualitas sinyalnya di daerah tol Cipali. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Atoll Planning Software* agar dapat diketahui level sinyal RSRP dan analisis pada daerah yang memiliki level sinyal RSRP buruk di daerah tol Cipali. Setelah melakukan simulasi, proses optimasi dilakukan dengan melakukan perubahan dengan metode *physical tuning* pada antenna. Dari Bagian 3 sebelumnya, disampaikan bahwa terdapat 4 spot utama yang menjadi perhatian atas buruk dan tidak optimalnya level sinyal di area tol Cipali ini. Proses optimasi secara rincinya akan dibahas dan dijelaskan pada Bagian 4 ini untuk setiap spotnya.

4.1 Optimasi Badspot 1

Daerah badspot 1 ini berada di area yang dipenuhi oleh pepohonan dan area persawahan. Daerah ini juga bisa disebut daerah yang berada di area rural. Secara dominan spot ini dicover oleh 2 site, yaitu site Kadawung dan site Marengmang Kalijati. Jarak dari site Kadawung ke titik badspot adalah 2,33 km, dan jarak dari site Marengmang Kalijati adalah 2,95 km. Kondisi jarak ini mempengaruhi kemampuan site untuk meng-cover wilayah tersebut karena seharusnya jarak yang ideal dari site untuk mengcover suatu wilayah adalah berjarak 1 km. Kondisi ini terjadi karena area wilayah badspot adalah di area rural yang kurangnya kepadatan penduduk sehingga site yang meng-cover hanya sedikit dan tidak mengarah ke area jalan tol akan tetapi *coverage* lebih mengarah ke area padat penduduk agar operator seluler penyedia jasa lebih mendapatkan banyak pelanggan atau user untuk memakai jaringannya. Karena pertimbangan hal-hal tersebut, maka dilakukan beberapa perubahan antenna tilting dan azimuth pada 2 site terdekat di spot tersebut, sebagai bentuk optimasi dengan menggunakan metode *physical tuning*.

Daerah badspot 1 yang ditunjukkan pada Gambar 8(a) merupakan hasil simulasi *coverage* sebelum dilakukan optimasi pada badspot 1 dan Gambar 8 (b) merupakan hasil simulasi *coverage* setelah dilakukan optimasi pada badspot 1. Pada sisi *coverage* terlihat adanya perbaikan dengan adanya penurunan persentase untuk level sinyal dibawah -90 dBm yaitu dari 17,03% menjadi 2,43% dan pada level di atas 90 dBm mengalami peningkatan dari 82,96% menjadi 97,57%. Hal ini menandakan bahwa proses optimasi pada daerah ini sudah cukup baik yaitu adanya kenaikan level sinyal. Perbaikan ini terjadi karena adanya perubahan *physical tuning* yang dilakukan pada kedua site yang secara dominan mencakup area tersebut. Secara rinci, perubahan *physical tuning* pada area Badspot 1 disampaikan pada Tabel 3.

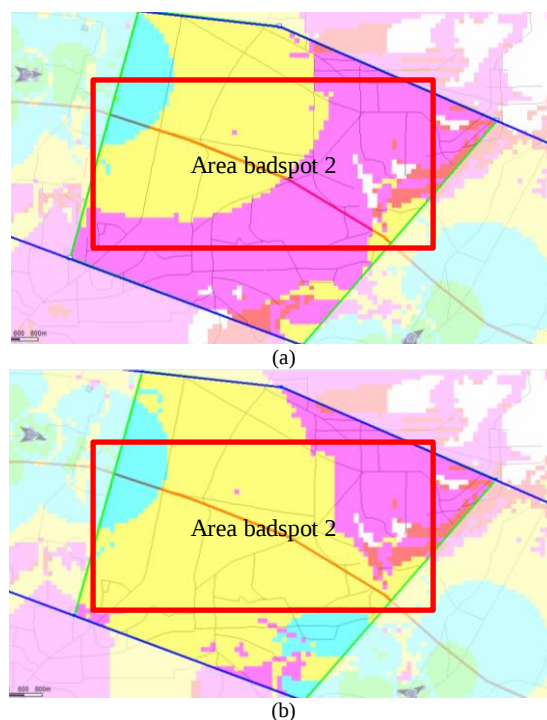


Gambar 8. Simulasi *coverage prediction* (a) sebelum dan (b) setelah dilakukan optimasi pada badspot 1

4.2 Optimasi Badspot 2

Secara dominan spot ini dicakup oleh 2 site, yaitu site Padaasih Sumur Barang dan site Bantarwaru. Jarak dari site Padaasih Sumur Barang ke titik badspot adalah 3,39 km, dan jarak dari site Bantarwaru ke titik spot adalah 1,64 km. Kondisi jarak ini mempengaruhi kemampuan site untuk mencakup wilayah tersebut karena seharusnya jarak yang ideal dari site untuk mengcover suatu wilayah adalah berjarak 1 km. Arah azimuth antenna pada site Bantarwaru juga tidak mengarah ke area titik *badspot* tersebut. Kondisi ini terjadi karena area wilayah badspot adalah di area rural yang kurangnya kepadatan penduduk sehingga site yang mencakup hanya sedikit dan tidak mengarah ke area jalan tol akan tetapi *coverage* lebih mengarah ke area padat penduduk.

Daerah badspot 2 yang ditunjukkan pada Gambar 9 (a) merupakan hasil simulasi *coverage* sebelum melakukan optimasi pada badspot 2 dan (b) merupakan hasil simulasi *coverage* sesudah melakukan optimasi pada badspot 2. Pada sisi *coverage* terlihat adanya perbaikan yang ditunjukkan dengan ada penurunan pada level sinyal dibawah -90 dBm dengan persentase 53,03% menjadi 22,28% dan peningkatan pada level sinyal di atas 90 dBm dari 46,97% menjadi 77,72%. Hal ini menandakan bahwa proses optimasi pada area jalan tol ini sudah sangat baik yaitu level sinyal sudah tercakup dengan baik dengan peningkatan *coverage* pada area badspot 2 jalan tol Cipali. Perbaikan level sinyal ini terjadi karena adanya perubahan *physical tuning* yang dilakukan pada beberapa site yang utama mencakup area di badspot 2. Secara rinci, perubahan *physical tuning* tersebut, dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 9. Simulasi *coverage prediction* (a) sebelum dan (b) setelah dilakukan optimasi pada badspot 2

4.3 Optimasi Badspot 3

Secara dominan spot ini dicover oleh 2 site, yaitu site Bantarwaru dan site Mekarjaya Gantar Indra. Jarak dari site Bantarwaru ke titik badspot adalah 3,1 km, dan jarak dari site Mekarjaya Gantar Indra adalah 4,21 km. Kondisi jarak ini mempengaruhi kemampuan site untuk mengcover wilayah tersebut karena seharusnya jarak yang ideal dari site untuk mengcover suatu wilayah adalah berjarak 1 km.

Daerah badspot 3 yang ditunjukkan pada Gambar 10 (a) merupakan hasil simulasi *coverage* sebelum dilakukan optimasi pada badspot 3 dan Gambar 11 (b) merupakan hasil simulasi *coverage* setelah dilakukan optimasi pada badspot 3. Pada sisi *coverage*,

perbaikan terjadi ditunjukkan dengan adanya penurunan pada level sinyal dibawah -90 dBm dengan persentase 49,26% menjadi 39,02% dan pada level sinyal di atas 90 dBm mengalami peningkatan dari 50,74% menjadi 60,98%.

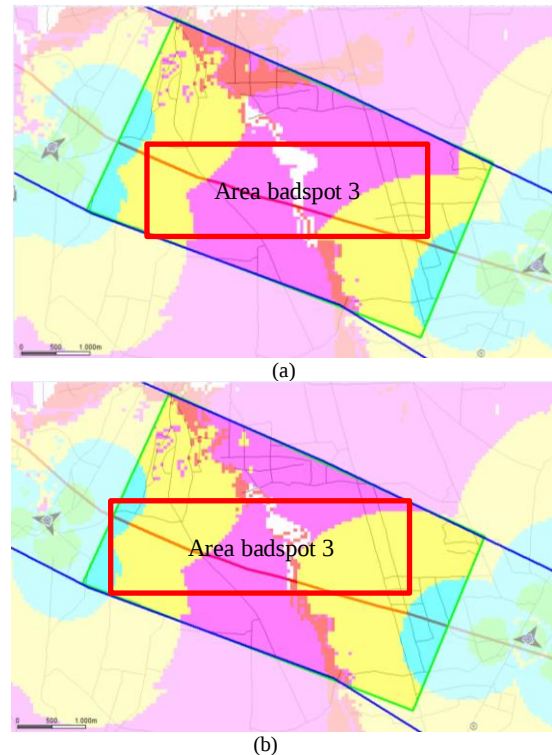
Perubahan pada sisi fisik antenna yang pertama dilakukan pada site Bantarwaru yang melakukan perubahan pada 2 sektor yaitu sektor 1 dan sektor 3, pada sektor 1 melakukan perubahan *mechanical tilt* (MT) yang bermula bernilai 2 menjadi 1, dan perubahan *electrical tilt* (ET) yang bermula bernilai 2 menjadi 0. Untuk sektor 3 melakukan perubahan arah azimuth antenna dari 220 derajat menjadi 280 derajat, *mechanical tilt* dari 2 menjadi 1, dan *electrical tilt* yang bermula dari 2 menjadi 0. Lalu selanjutnya dilakukan juga perubahan pada sisi fisik antenna di site Mekarjaya Gantar Indra yang melakukan perubahan fisik hanya 1 sektor saja yaitu pada antenna sektor 3. Perubahan yang dilakukan diantaranya adalah perubahan arah *azimuth* yang bermula adalah 250 derajat diubah menjadi 270 derajat, lalu melakukan perubahan *mechanical tilt* yang bermula adalah 2 di ubah menjadi 1 dan perubahan *electrical tilt* yang bermula adalah 4 menjadi 0. Perubahan ini dilakukan agar *coverage* level sinyal dapat dimaksimalkan untuk mencakup area badspot 3 sehingga analisis akhir dari antenna yang dominan mengcover badspot tersebut didapatkan dan dapat mengetahui kondisi optimasi yang dilakukan sudah maksimal. Secara rinci, perubahan *physical tuning* dari 2 site yang mencakup di badspot 3 ini dapat dilihat pada Tabel 3.

4.4 Optimasi Badspot 4

Secara dominan spot ini dicakup oleh 2 site, yaitu site Kertawangun Majalengka dan Tol Cipali KM 166. Jarak dari site Kertawangun Majalengka ke titik badspot adalah 3,82 km, dan jarak dari site Tol Cipali KM 166 adalah 4,38 km. Kondisi jarak ini mempengaruhi kemampuan site untuk mencakup wilayah tersebut karena seharusnya jarak yang ideal dari site untuk mengcover suatu wilayah adalah berjarak 1 km. Kondisi ini terjadi karena area wilayah badspot adalah di area rural yang kurangnya kepadatan penduduk sehingga site yang meng-cover hanya sedikit dan tidak mengarah ke area jalan tol.

Gambar 11 (a) merupakan hasil simulasi *Coverage* sebelum melakukan optimasi pada badspot 4 dan (b) merupakan hasil simulasi *coverage* sesudah melakukan optimasi pada badspot 4. Pada sisi *coverage* terlihat adanya perbaikan pada level sinyal dibawah -90 dBm dengan persentase 68,613% menjadi 60,422% dan pada level sinyal di atas 90 dBm mengalami peningkatan dari 31,392% menjadi 39,578%. Hal ini menandakan bahwa proses optimasi pada area jalan tol ini hanya berdampak sedikit pada perubahan *coverage* yang ada di area badspot 4 ini dikarenakan kondisi tuning pada antenna sudah tidak bisa dimaskimalkan lagi sehingga ada beberapa solusi lain untuk optimasi yaitu adalah perubahan

ketinggian antenna atau optimasi dengan penambahan site baru untuk mencakup area badspot 4 ini. Secara rinci, perubahan yang dilakukan pada 2 site yang mencakup area ini disampaikan pada Tabel 4.

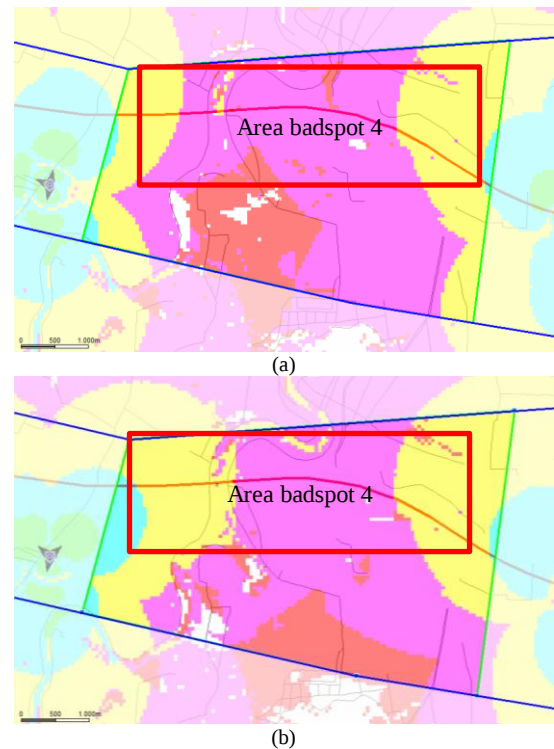


Gambar 10. Simulasi *coverage prediction* (a) sebelum dan (b) setelah dilakukan optimasi pada badspot 3

4.5 Hasil Optimasi

Pada Gambar 12, menunjukkan kondisi *coverage* di sepanjang area jalur tol Cikopo-Palimanan sebelum dan setelah dilakukan *antenna physical tuning*. Bagian yang diberi tanda kotak, merupakan 4 area *badspot* utama yang dianalisis pada penelitian ini. Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3 menunjukkan hasil perbaikan level sinyal yang didapatkan dari proses *physical tuning* yang dilakukan pada area tol ini.

Setelah dilakukan optimasi secara keseluruhan pada area tol cikopo-palimanan, dapat dilihat peningkatan perbaikan level sinyal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Disampaikan pada Tabel 3 terjadi kenaikan persentase dan area yang dicakup oleh level sinyal RSRP di atas -90 dBm dari 88,73% menjadi 90,67% dan juga terjadi penurunan level sinyal RSRP untuk level dibawah -90 dBm yaitu dari 11,27% menjadi 9,33%. Hal tersebut menunjukan terjadinya perbaikan level sinyal RSRP yang cukup baik. Walaupun begitu, masih ada beberapa area spot seperti spot 3 dan spot 4 yang masih belum teroptimasi dengan baik dikarenakan beberapa faktor yang menjadi penyebab yaitu kondisi tilt antenna yang sudah maksimal dan pengaruh jarak dari site ke titik badspot yang jauh sehingga masih belum tercakup sepenuhnya dengan baik.



Gambar 11. Simulasi *coverage prediction* (a) sebelum dan (b) setelah dilakukan optimasi pada *badspot* 4



Gambar 12. Salah satu kondisi elevasi di jalur Tol Cikopo-Palimanan

Terdapat juga permasalahan terhadap elevasi tanah yang mempengaruhi kondisi RSRP yang buruk dikarenakan ketinggian secara geografis menghalangi kondisi kekuatan sinyal yang mengcover area badspot. Seperti pada Gambar 13 yang menunjukkan salah satu kondisi ketinggian elevasi tanah yang berada pada jalur Tol Cikopo-Palimanan. Pada gambar tersebut, menunjukkan bahwa kondisi spot

yang diamati rendah terdapat pada sekitaran sungai di area tersebut yang mempengaruhi kondisi RSRP kurang baik.

Terdapat juga permasalahan terhadap elevasi tanah yang mempengaruhi kondisi RSRP yang buruk dikarenakan ketinggian secara geografis menghalangi kondisi kekuatan sinyal yang mengcover area badspot.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi *Coverage* dan analisis area jalan tol cipali menggunakan *Software Atoll Planning* ditemukan 4 spot utama yang memiliki level sinyal RSRP yang buruk yaitu kurang dari -90 dBm, sehingga sinyal yang diterima pengguna sangat lemah sehingga perlu di optimasi dikarenakan kondisi yang dipengaruhi oleh faktor jarak yang jauh dari badspot, area berada di area rural, dan kondisi elevasi tanah.

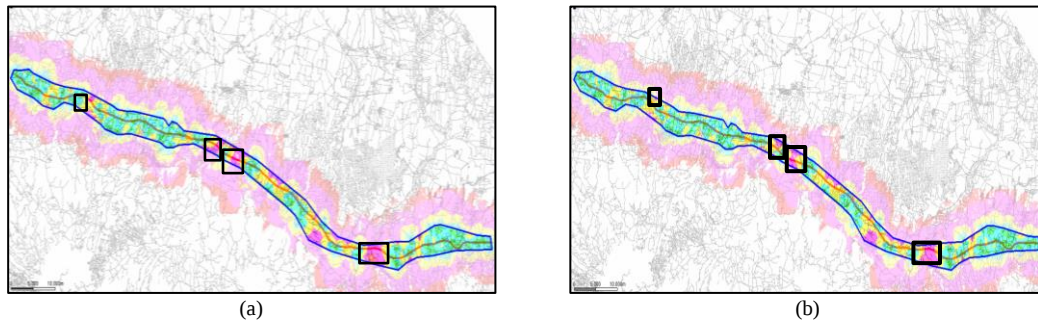
Optimasi dilakukan di 4 spot yang mempunyai kondisi level sinyal yang buruk dan setelah dilakukan optimasi terdapat perbaikan level sinyal dengan warna ungu (sekitar -100 dBm) berubah menjadi warna kuning (sekitar -90 dBm). Hal ini juga mempengaruhi presentase *coverage* sinyal di area jalan tol cipali, yaitu terjadi perbaikan dan kenaikan persentase untuk level sinyal diatas -90 dBm yaitu dari 88,73% menjadi 90,67% dan juga mengalami penurunan persentase untuk level sinyal dibawah -90 dBm yaitu dari 11,27 menjadi 9,33%.

Kemampuan optimasi masih sangat kurang optimal dan kesulitan untuk dioptimalkan di area tol cipali dikarenakan kondisi antenna untuk perubahan tuning seperti *electrical tilt*, *mechanical tilt*, dan azimuth masing-masing nilainya sudah rendah atau maksimal. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh faktor jarak site ke titik badspot yang jauh, sehingga antenna tidak meng-cover dengan baik area badspot di jalan tol cipali. Selain itu tinggi antenna juga mempengaruhi kemampuan proses optimasi yang kurang optimal.

Rekomendasi *physical tuning* yang didapatkan pada penelitian ini, bisa menjadi rekomendasi untuk operator agar dapat dicoba dan diimplementasikan dilapangan guna mendapatkan perbaikan sinyal yang diharapkan.

Tabel 3 Persentase Level Sinyal RSRP Pada Area Tol Cikopo-Palimanan

Legend	Sebelum Optimasi		Setelah Optimasi	
	Surface (km ²)	Covered Area(%)	Surface (km ²)	Covered Area(%)
-60 <= RSRP (dBm) <-0	1,702	0,434	1,67	0,425
-70 <= RSRP (dBm) <-60	60,065	15,315	59,335	15,111
-80 <= RSRP (dBm) <-70	156,78	39,976	158,24	40,3
-90 <= RSRP (dBm) <-80	129,438	33,004	136,78	34,834
-100 <= RSRP (dBm) <-90	39,785	10,144	34,143	8,695
-120 <= RSRP (dBm) <-100	4,42	1,127	2,49	0,634
Total	392,493	100	392,493	100
RSRP ≥ -90dBm	347,99	88,73	356,03	90,67
RSRP < -90dBm	44,21	11,27	36,63	9,33



Gambar 13. Hasil simulasi sebelum optimasi area jalan tol cipali pada atoll

Tabel 4. Perubahan Physical Tuning Pada Proses Optimasi di Area Tol Cikopo – Palimanan (Cipali)

Area Optimasi	Site	Sektor	Tinggi Antena	Aktual			Perubahan		
				Azimuth	MT	ET	Azimuth	MT	ET
Optimasi Badspot 1	Kadawung	1	52	60	5	2	80	2	2
		2	52	180	2	2	180	2	2
		3	52	300	2	2	300	2	2
Optimasi Badspot 1	Marengmang Kalijati	1	38	0	2	4	0	2	2
		2	38	150	2	2	150	2	2
		3	38	300	4	2	300	0	2
Optimasi Badspot 2	Padaasih Sumur Barang	1	40	90	2	2	110	0	2
		2	40	240	2	2	240	2	2
		3	40	300	2	2	300	2	2
Optimasi Badspot 2 dan 3	Bantarwaru	1	40	60	2	2	60	1	0
		2	40	160	2	2	160	2	2
		3	40	220	2	2	280	1	0
Optimasi Badspot 3	Mekarjaya Gantar Indra	1	52	60	2	4	60	2	4
		2	52	120	1	2	120	1	2
		3	52	250	2	4	270	1	0
Optimasi Badspot 4	Kertawinangun Majalengka	1	50	10	2	4	50	2	2
		2	50	190	2	4	160	2	2
		3	50	290	2	4	310	2	2
Optimasi Badspot 4	Tol Cipali KM 166	1	50	60	2	2	60	2	2
		2	50	160	2	2	160	2	2
		3	50	330	2	2	330	0	2

DAFTAR PUSTAKA

- ARAWAN, M., 2022. Optimasi Celluler Coverage 4G LTE dengan Remote Electric Tilting Antena Sektor E-Node B. *JREC (Journal of Electrical and Electronics)*, 10, No.1, pp.41–45.
- PRAMONO, S., ALVIONITA, L., ARIYANTO, M.D. and SULISTYO, M.E., 2020a. Optimization of 4G LTE (long term evolution) network coverage area in sub urban. *AIP Conference Proceedings*, 2217(April). <https://doi.org/10.1063/5.0000732>.
- PRAMONO, S., ALVIONITA, L., ARIYANTO, M.D. and SULISTYO, M.E., 2020b. Analysis and optimization of 4G long term evolution (LTE) network in urban area with carrier aggregation technique on 1800 MHz and 2100 MHz frequencies. *AIP Conference Proceedings*, 2217(April). <https://doi.org/10.1063/5.0000731>.
- PURNAMA, A., NUGRAHA, E.S. and AMANAF, M.A., 2020. Penerapan Metode ACP untuk Optimasi Physical Tuning Antena Sektor pada Jaringan 4G LTE di Kota Purwokerto. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 8(1), p.138.
- <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i1.138>.
- Wibowo, M.A., Hariyawati, N.K. and Yuliana, H., 2022. Simulasi Optimasi Jaringan 4G Indosat Ooredoo Di Daerah Bandung Timur Menggunakan Metode Electrical Tilt. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 19(3), pp.65–71. <https://doi.org/10.55893/epsilon.v19i3.68>.
- YULIANA H., ANNISA, N.S., BASUKI, S. and CHARISMA, A., 2020. Optimasi Downlink Throughput LTE Dengan Metode Antenna Physical Tuning. *Seminar Nasional Penelitian 2020 Universitas Muhammadiyah Jakarta, 7 Oktober 2020*, pp.1–10.
- YULIANA, H., BASUKI, S. and ISKANDAR, H.R., 2019. Peningkatan Kualitas Sinyal Pada Jaringan 4G LTE Dengan Menggunakan Metode Antenna Physical Tuning. *Peningkatan Kualitas Sinyal Pada Jaringan 4G LTE Dengan Menggunakan Metode Antenna Physical Tuning*, [online] 001, pp.1–10. Available at: <<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5163>>.
- YULIANA, H., BASUKI, S. and PPRINI, S.U., 2021. Optimization of Low Site Density Area for 4G Network in Urban City. *Jurnal Elektronika dan*

Telekomunikasi, 21(2), p.98.
<https://doi.org/10.14203/jet.v21.98-103>.