

Kajian Optimasi Jaringan Long Term Evolution (LTE) Menggunakan Metode Physical Tuning di Kelurahan Bojong Nangka

Rummi Sirait¹; Irvan Nurhidayanto²

^{1, 2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur, Jakarta
Jalan Raya Ciledug, Petukangan Utara, Jakarta Selatan, 12260, Indonesia

¹ rummi.sirait@budiluhur.ac.id

ABSTRACT

Kelurahan Bojong Nangka is a sub-urban area and an area that requires good network quality, where the quality of the telecommunications network is a supporting factor for the success of any communication activity. The network condition in Bojong Nangka Urban Village is still less than optimal, the results of the drive test on the existing network show that several areas in the Bojong Nangka Village have poor network quality. To improve the quality of the network in the research area, network optimization was carried out using the Physical Tuning method, namely adjusting tilting, re-azimuth, and increasing antenna height. The optimization results are simulated using Atoll software. The optimization results show an improvement in network quality by looking at network parameters, namely RSRP, SINR, and RSRQ. The percentage value of RSRP increased from 82.32% to 83.51%, for SINR it decreased from 89.51% to 86.8%, and RSRQ increased from 19.6% to 20.7%. From the calculation and simulation results as a whole shows an increase in network quality, seen from the percentage value of RSRP, SINR, and RSRQ.

Keywords: Drive test, physical Tuning, LTE, RSRP

ABSTRAK

Kelurahan Bojong Nangka merupakan daerah sub urban dan kawasan yang membutuhkan kualitas jaringan yang baik, dimana kualitas jaringan telekomunikasi merupakan faktor pendukung suksesnya suatu kegiatan berkomunikasi. Kondisi jaringan di Kelurahan Bojong Nangka masih kurang optimal, dari hasil drive test jaringan eksisting menunjukkan beberapa area di Kelurahan Bojong Nangka memiliki kualitas jaringan yang kurang baik. Untuk meningkatkan kualitas jaringan di daerah penelitian dilakukan optimasi jaringan dengan metode Physical Tuning yaitu mengatur Tilting, re-azimuth, dan penambahan tinggi antena. Hasil optimasi disimulasikan dengan menggunakan software Atoll. Hasil optimasi menunjukkan adanya perbaikan kualitas jaringan dengan melihat parameter jaringan yaitu RSRP, SINR, dan RSRQ. Nilai persentase RSRP meningkat dari 82,32% menjadi 83,51%, untuk SINR mengalami penurunan dari 89,51% menjadi 86,8%, dan RSRQ meningkat dari 19,6% menjadi 20,7%. Dari hasil penghitungan dan simulasi secara keseluruhan menunjukkan peningkatan kualitas jaringan, terlihat dari nilai persentase RSRP, SINR, dan RSRQ.

Kata kunci: Drive test, Physical Tuning, LTE, RSRP

1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) oleh masyarakat Indonesia mengalami perkembangan yang sangat tinggi, khususnya industri telekomunikasi pada beberapa tahun terakhir ini. Seiring dengan perkembangan teknologi seluler, banyak perubahan yang terjadi seperti pertumbuhan penduduk, gedung-gedung perkantoran yang menjulang tinggi sehingga menghalangi jalur sinyal jaringan [1],[2]. Selain itu mengakibatkan banyak terjadi proses redaman terhadap sinyal telekomunikasi sehingga komunikasi akan mengalami gangguan. Di Indonesia teknologi LTE saat ini dalam proses pembangunan terutama kota-kota besar seperti, Bandung, Jakarta, Bogor, dan lainnya. Dalam implementasi LTE di Indonesia masih terkendala dalam menjaga performansi jaringan [3]. Untuk hal ini dibutuhkan analisa dan optimasi pada jaringan sehingga kualitas dari sinyal yang diharapkan pengguna dapat tercapai.

Optimasi jaringan diawali dengan survey kondisi eksisting dari jaringan. Penelitian yang dilakukan di daerah Cigadung Bandung berdasarkan survei yang telah dilakukan, diarea ini teridentifikasi mengalami low coverage dan low quality sehingga berdampak pada rendahnya performansi jaringan LTE. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan drive test menggunakan software Nemo Outdoor dan dianalisa menggunakan software Nemo Analyzer. Parameter yang digunakan yaitu RSRP, SINR, dan Troughput [4].

Kinerja sebuah jaringan dapat dipandang dari sisi kualitas dan kapasitas yang mengacu pada standar operator. Penelitian yang dilakukan di area Lembang, Bandung Barat. Buruknya nilai RSRP dan SINR yang didapatkan dari hasil drive test sebelumnya menyebabkan sinyal yang diterima pelanggan kurang baik. Optimasi jaringan dilakukan dengan metode Tilting dan re-azimuth yang disimulasikan menggunakan software Atoll 3.3. Dari hasil optimasi yang dilakukan nilai RSRP dari 32,49% menjadi 28,47% dan SINR dari 17,76% menjadi 15,51% [5].

Peningkatan area jangkauan jaringan telekomunikasi LTE harus dilakukan mengingat jumlah pengguna yang semakin bertambah. Penelitian yang dilakukan pada jaringan 4G LTE TDD frekuensi 2300 MHz di area Asia Afrika Bandung. Untuk mengetahui kualitas jaringan di daerah tersebut dilakukan drive test menggunakan software Nemo Handly dan ditemukan beberapa area titik yang belum baik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan optimasi. Optimasi yang dilakukan dengan mengatur Tilting dan re-azimuth antena. Hasil Optimasi yang dilakukan RSRP dari 52,61% menjadi 82,53%, SINR dari 26,52% menjadi 32,43%, dan Troughput dari 95,43% menjadi 96,22% [6].

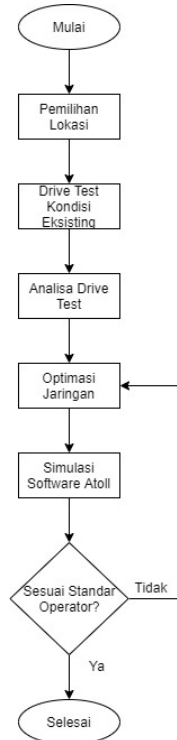
2. METODE PENELITIAN

Optimasi jaringan bertujuan untuk meningkatkan kualitas jaringan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh operator jaringan. Sebelum optimasi, dilakukan drive test untuk mengetahui kualitas jaringan eksisting. Kemudian dilakukan perhitungan dan analisa terhadap data hasil drive test untuk rekomendasi metode optimasi yang akan diterapkan sesuai dengan data drive test dan data pendukung lainnya. Berdasarkan data pengukuran dengan drive test pada Metode Optimasi menggunakan *Physical Tuning* yaitu *Tilting* dan *re-azimuth*. Kemudian simulasi optimasi jaringan 4G menggunakan software *Atoll*.

2.1. Diagram Blok

Optimasi jaringan 4G di Kelurahan Bojong Nangka diawali dengan pemilihan lokasi untuk menentukan daerah yang akan di optimasi. Drive test dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan eksisting, serta analisa terhadap hasil drive test untuk mendapatkan informasi daerah mana yang terdapat kualitas jaringan yang tidak baik (badspot). Setelah diketahui daerah mana saja yang perlu

dioptimasi, kemudian dilakukan perhitungan optimasi. Optimasi ini dilakukan menggunakan metode *Physical Tuning* dengan *tilting*, *re-azimuth* dan penambahan tinggi antenna. Flowchart prinsip kerja optimasi jaringan LTE ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart prinsip kerja optimasi jaringan LTE

2.2. Proses Perencanaan Optimasi Jaringan LTE

Proses yang dilakukan dalam perencanaan optimasi jaringan 4G antara lain pemilihan lokasi, analisa data hasil drive test, optimasi jaringan menggunakan metode *Physical Tuning*, Simulasi Optimasi, dan Analisa hasil simulasi.

1. Pemilihan Lokasi

Kelurahan Bojong Nangka merupakan sebuah Kelurahan yang berada di Kecamatan Kelapa Dua, Kabupaten Tangerang. Jumlah penduduk di Kelurahan Bojong Nangka mencapai 49.619 jiwa dengan luas wilayah 618,13 Ha. Daerah tersebut merupakan daerah padat penduduk yang berpotensi terdapat daerah badspot. Peta Kelurahan Bojong Nangka ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Kelurahan Bojong Nangka

2. Drive test

Drive test bertujuan untuk mengumpulkan data kualitas suatu jaringan secara *real* di lapangan. Pengukuran ini dilakukan pada bulan Desember 2019, sehingga parameter jaringan kondisi eksisting mengacu pada hasil drive test pada saat itu. Software drive test yang digunakan yaitu G-Net Track Pro dengan parameter yang didapatkan RSRP, RSRQ, dan SINR.

3. Optimasi Jaringan

Optimasi jaringan bertujuan untuk meningkatkan kualitas jaringan di area penelitian. Optimasi jaringan tentunya harus mempertimbangkan biaya serta efisiensi waktu yang dikeluarkan oleh operator. Pada penelitian ini metode optimasi yang digunakan yaitu *Physical Tuning* dengan tilting, re-azimuth, dan penambahan tinggi antenna.

Tilting antenna adalah suatu pengaturan kemiringan antenna yang berfungsi untuk menetapkan area yang akan menerima cakupan sinyal. Untuk mengubah *coverage* area yang dilayani oleh eNodeB dapat dilakukan dengan teknik *tilting* yaitu memiringkan atau merubah posisi antenna yang dilakukan untuk mengatur *coverage* antenna.

Untuk menghitung sudut *tilting* antenna dengan menggunakan pendekatan *mechanical tilting* seperti ditunjukkan pada persamaan 1[7].

$$A = \tan^{-1} \frac{(Hb-Hr)}{d} \quad (1)$$

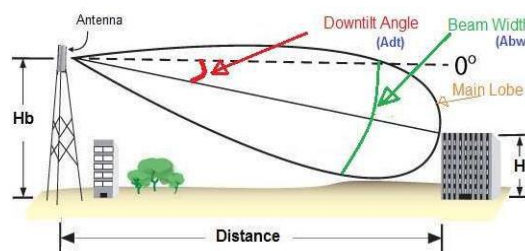
dimana A adalah sudut tilt antenna, Hb sebagai tinggi antenna dari permukaan laut (m), Hr sebagai tinggi lokasi yang dituju dari permukaan laut (m), dan d sebagai jarak BTS dengan lokasi yang dituju (m).

Re-azimuth antenna merupakan perubahan arah antenna pada satu sektor. Pengertian azimuth itu sendiri adalah sudut putar dari arah barat hingga timur. Arah mata angin utara dijadikan referensi sudut nol. Jika terdapat data azimuth dari suatu site 3 sektor dengan nilai 80,150, 300, maka dapat diartikan angka-angka tersebut merupakan azimuth dari setiap sektor site tersebut.

Selain itu apabila daya pancar dari antenna terhalang *obstacle* sehingga tidak memenuhi LOS (*Line Of Sight*), maka untuk mendapatkan perubahan tinggi antenna dihitung sesuai dengan persamaan 2.

$$Hb = (\text{jarak (m)} \times \tan^{-1} A) + Hr \quad (2)$$

Mengubah ketinggian pemasangan antenna harus diperhitungkan berdasarkan tinggi *obstacle* yang menghalangi pancaran antenna pada suatu daerah agar tidak terdapat kerugian dalam penerimaan sinyal. Untuk mendapatkan hasil yang baik, diperlukan suatu kondisi dimana antenna pengirim dan penerima dapat saling ‘melihat’ tanpa ada halangan (*line of sight*) dalam batas-batas tertentu[8].



Gambar 3. Tilting antenna[9]

2.3. Parameter KPI (Key Performance Indicator)

Parameter KPI bisa didapatkan melalui statistik yang diambil dari perangkat atau menggunakan cara drive test. Tabel 1 menunjukkan parameter KPI yang digunakan untuk melihat performansi jaringan LTE yaitu RSRP, RSRQ, dan SINR sesuai dengan standar operator Telkomsel.

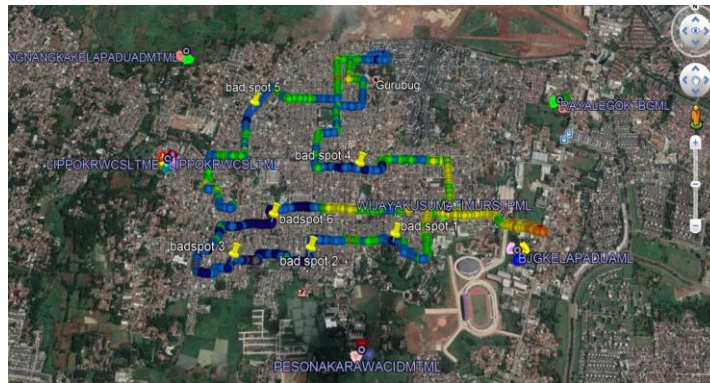
Tabel 1. Standar KPI [10]

No	Objektif	Parameter	Target KPI
1	Uji Coverage	RSRP	80% > -100 dBm
2	Uji Coverage	RSRQ	85% > 15 dB
3	Uji Quality	SINR	90% > 0 dB

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran Data Eksisting Jaringan 4G LTE di Kelurahan Bojong Nangka.

Pengukuran kondisi jaringan eksisting dengan cara melakukan drive test menggunakan software G-Net Track Pro, didapatkan beberapa lokasi yang memiliki nilai RSRP, SINR, dan RSRQ tidak memenuhi standar operator Telkomsel seperti ditunjukan pada gambar 5. Parameter RSRP kategori baik ditandai titik berwarna biru sebesar 77,3%, parameter SINR kategori baik sebesar 79,2%, dan parameter RSRQ kategori baik sebesar 49,2%.



Gambar 4. Drive Test Jaringan Eksisting

Dari data hasil drive test yang telah dilakukan hasilnya menunjukkan bahwa wilayah Kelurahan Bojong Nangka masih terdapat daerah yang memiliki kualitas jaringan yang kurang baik, ditandai dengan 6 pin badspot. Karena masih terdapat daerah yang memiliki kualitas jaringan yang buruk maka perlu dilakukan optimasi.

3.2. Optimasi Jaringan 4G LTE di Kelurahan Bojong Nangka

Berdasarkan hasil drive test dan analisa data didapatkan 6 titik yang teridentifikasi memiliki kualitas jaringan yang tidak baik. Optimasi jaringan dilakukan dengan menggunakan metode *Physical Tuning* yaitu *tilting*, *re-azimuth* dan penambahan tinggi antena.

1. Badspot 1

Pada daerah badspot 1 terdapat masalah nilai parameter RSRP, RSRQ dan SINR yang buruk, sehingga mempengaruhi kekuatan sinyal dan kecepatan akses yang rendah. Terdapat 2 site yang mencakup area badspot 2, yaitu site WIJAYAKUSUMATIMURSTML2 dan site PESONAKARAWACIDMTML. Jarak

antara site WIJYAKUSUMATIMURSTML2 dengan badspot sebesar 306 meter, sedangkan jarak antara site PESONAKARAWACIDMTML dengan badspot sebesar 510 meter. Sehingga jarak site terdekat dengan badspot1 adalah WIJYAKUSUMASTIMUSSTML2. Data sektor WIJYAKUSUMATIMURSTML2 seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Sektor WIJYAKUSUMATIMURSTML2 sebelum optimasi

NO	Keterangan	Nilai
1	Jarak site ke badspot	306 m
2	Tinggi antena (Hb)+altitude	31+28=59 m
3	Tinggi penerima (Hr)	32 m
4	<i>Azimuth</i>	240°
5	Mechanical tilting	2°
6	Electrical tilting	7°

Perhitungan *tilting* dengan menggunakan persamaan 1,

$$A = \tan^{-1} \frac{(59-32)}{306}$$

$$A = 5,1^\circ$$

Optimasi pada area badspot 1 akan dilakukan dengan *re-tilting* dengan perubahan dari 2° menjadi 5°. Tidak akan dilakukan perubahan *re-azimuth* karena dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap daerah yang telah tercoverage, site akan ditinggikan dari sebelumnya 31 meter menjadi 41 meter.

2. Badspot 2

Area badspot 2 terdapat masalah nilai RSRP, RSRQ dan SINR yang buruk, sehingga mempengaruhi kekuatan sinyal dan kecepatan akses yang rendah. Terdapat 1 site yang mencakup area badspot 2 yaitu site PESONAKARAWACIDMTML. Jarak antara site PESONAKARAWACIDMTML dengan titik badspot 2 adalah 474 meter. Data sektor PESONAKARAWACIDMTML ditunjukkan pada tabel 3. Perhitungan *tilting* dengan menggunakan persamaan 1, didapatkan

$$A = \tan^{-1} \frac{(67-32)}{474}$$

$$A = 4,1^\circ$$

Tabel 3. Sektor PESONAKARAWACIDMTML1 sebelum optimasi

NO	Keterangan	Nilai
1	Jarak site ke badspot	474 m
2	Tinggi antena (Hb)+altitude	32+35=67 m
3	Tinggi penerima (Hr)	32 m
4	<i>Azimuth</i>	0°
5	Mechanical tilting	2°
6	Electrical tilting	6°

Optimasi di area badspot 2 akan dilakukan *re-azimuth* dengan perubahan dari 0° menjadi 340°, site akan ditinggikan dari 32 meter menjadi 42 meter, *re-tilting* dengan perubahan dari 2° menjadi 4°.

3. Badspot 3

Area badspot 3 terdapat masalah nilai parameter RSRP dan SINR buruk, sehingga mempengaruhi kekuatan sinyal dan kecepatan akses yang rendah. Area badspot 3 terdapat 1 site dengan 2 sektor antenna yang mencakup area badspot 3, yaitu site LIPPOKRWCSTML dan LIPPOKRWCSTME. Jarak antara LIPPOKRWCSTME dan LIPPOKRWCSTML sama dengan titik badspot 3 adalah 591 meter. Site LIPPOKRWCSTME yang posisinya lebih mengarah ke badspot 3 sehingga yang akan di optimasi yaitu site LIPPOKRWCSTME. Data sektor LIPPOKRWCSTME2 sebelum optimasi ditunjukkan pada tabel 4. Perhitungan *tilting* dengan menggunakan persamaan 1, didapatkan

$$A = \tan^{-1} \frac{(91-31)}{591}$$

$$A = 5,7^\circ$$

Tabel 4. Sektor LIPPOKRWCSTME2 sebelum optimasi

NO	Keterangan	Nilai
1	Jarak site ke badspot	591 m
2	Tinggi antenna (Hb)+altitude	58+33=91 m
3	Tinggi penerima (Hr)	31
4	<i>Azimuth</i>	180°
5	Mechanical tilting	0°
6	Electrical tilting	2°

Optimasi di area badspot 3 akan dilakukan *re-azimuth* dengan perubahan dari 180° menjadi 170°, site akan ditinggikan dari 58 meter menjadi 68 meter, *re-tilting* dengan perubahan dari 0° menjadi 6°.

4. Badspot 4

Pada area badspot 4 terdapat masalah nilai RSRP dan SINR yang buruk, dimana area badspot 4 dicover oleh site WIJAYAKUSUMATIMURSTPML. Jarak site WIJAYAKUSUMATIMURSTPML dengan badspot 4 sejauh 487 meter. Sehingga yang akan di optimasi di area badspot 4 yaitu WIJAYAKUSUMATIMURSTPML3. Data Sektor WIJAYAKUSUMATIMURSTPML3 sebelum optimasi ditunjukkan pada tabel 5. Perhitungan *tilting* dengan menggunakan persamaan 1 didapatkan

$$A = \tan^{-1} \frac{(59-31)}{487}$$

$$A = 3,2^\circ$$

Tabel 5. Sektor WIJAYAKUSUMATIMURSTPML3 sebelum optimasi

NO	Keterangan	Nilai
1	Jarak site ke badspot	487 m
2	Tinggi antenna (Hb)+altitude	31+28 = 59 m
3	Tinggi penerima (Hr)	31 m
4	<i>Azimuth</i>	330°
5	Mechanical tilting	2°
6	Electrical tilting	7°

Optimasi di area badspot 4 akan dilakukan *re-azimuth* dengan perubahan dari 330° menjadi 310°, site akan ditinggikan dari 31 meter menjadi 41 meter, *re-tilting* dengan perubahan dari 2° menjadi 3°.

5. Badspot 5

Area badspot 5 terdapat masalah nilai RSRP dan SINR yang buruk, dimana area badspot 5 dicover oleh 2 site yaitu LIPPOKRWCSTME dan site BOJONGNANGKAKELAPADUADMTML. Jarak site LIPPOKRWCSTME dengan badspot 5 adalah 470 meter, sedangkan jarak site BOJONGNANGKAKELAPADUADMTML adalah 504 meter. Sehingga yang akan di optimasi di area badspot 5 adalah LIPPOKRWCSTME1. Data Sektor LIPPOKRWCSTME1 sebelum optimasi ditunjukkan pada tabel 6. Perhitungan *tilting* dengan menggunakan persamaan 1, didapatkan

$$A = \tan^{-1} \frac{(92-31)}{470}$$

$$A = 6,84$$

Optimasi di area badspot 5 tidak akan dilakukan *re-azimuth*, site akan ditinggikan dari 58 meter menjadi 68 meter, *re-tilting* dengan perubahan dari 1° menjadi 7°.

Tabel 6. Sektor LIPPOKRWCSTME1 sebelum optimasi

NO	Keterangan	Nilai
1	Jarak site ke badspot	470 m
2	Tinggi antena (Hb)+altitude	58+34=92 m
3	Tinggi penerima (Hr)	31 m
4	<i>Azimuth</i>	60°
5	Mechanical tilting	1°
6	Electrical tilting	2°

6. Badspot 6

Daerah badspot 6 terdapat masalah nilai RSRP dan SINR yang buruk, dimana daerah badspot 6 ini dicover oleh 2 site LIPPOKRWCSTMN dan site PESONAKARAWACIDMTML. Jarak site LIPPOKRWCSTMN dengan daerah badspot 6 adalah 614 meter, sedangkan site PESONAKARAWACIDMTML dengan daerah badspot adalah 735 meter. Sehingga yang akan di optimasi di area badspot 6 yaitu LIPPOKRWCSTMN2. Data sektor LIPPOKRWCSTMN2 sebelum optimasi ditunjukkan pada tabel 7. Perhitungan *tilting* dengan menggunakan persamaan 1, didapatkan

$$A = \tan^{-1} \frac{(92-31)}{614}$$

$$A = 5,65^\circ$$

Tabel 7. Sektor LIPPOKRWCSTMN2 sebelum optimasi

NO	Keterangan	Nilai
1	Jarak site ke badspot	614 m
2	Tinggi antena (Hb)+altitude	58+34=92 m
3	Tinggi penerima (Hr)	31 m
4	<i>Azimuth</i>	130°
5	Mechanical tilting	1°
6	Electrical tilting	3°

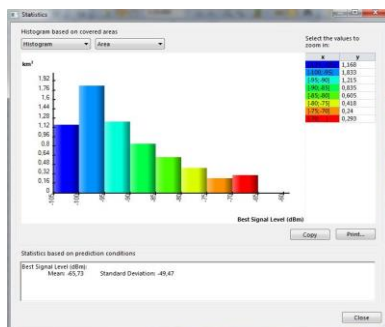
Optimasi di area badspot 6, site akan ditinggikan dari 58 meter menjadi 68 meter, *re-tilting* dengan perubahan dari 1° menjadi 6°

3.3. Hasil Simulasi Optimasi Jaringan

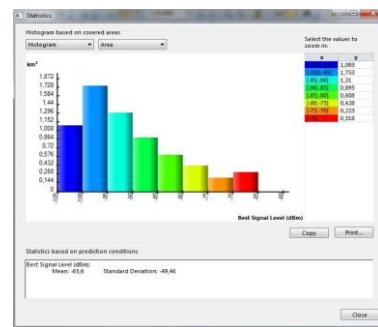
Pada simulasi ini dilakukan dengan 2 skenario yaitu simulasi kondisi awal jaringan atau sebelum optimasi dan simulasi setelah dilakukan optimasi pada jaringan.

1. Hasil Simulasi Nilai RSRP sebelum dan setelah optimasi

Nilai RSRP sebelum dan setelah optimasi jaringan ditunjukkan pada gambar 5.



(a) Sebelum optimasi



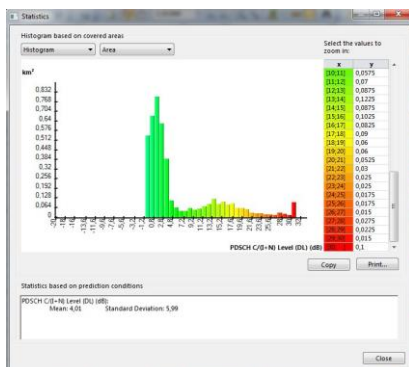
(b) Setelah optimasi

Gambar 5. Nilai RSRP sebelum optimasi dan setelah optimasi

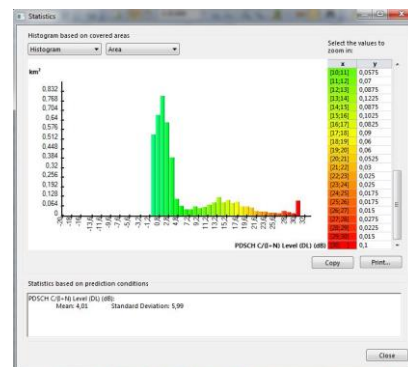
Nilai parameter RSRP sebelum optimasi memiliki nilai mean -65,73 dB dengan nilai persentase 82,32%, dan setelah optimasi mengalami perbaikan nilai mean -65,6 dB dengan nilai persentase 83,51%. Persebaran coverage untuk parameter RSRP setelah di optimasi mengalami perbaikan sebesar 1,19%.

2. Hasil Simulasi SINR sebelum dan setelah optimasi

Hasil optimasi dari parameter SINR sebelum optimasi memiliki nilai mean 4,01 dB dengan nilai persentase 89,51%, dan setelah optimasi mengalami perubahan nilai mean 4,01 dB dengan nilai persentase 86,8%. Terjadi penurunan sebesar 2,71%.



(a) Sebelum optimasi

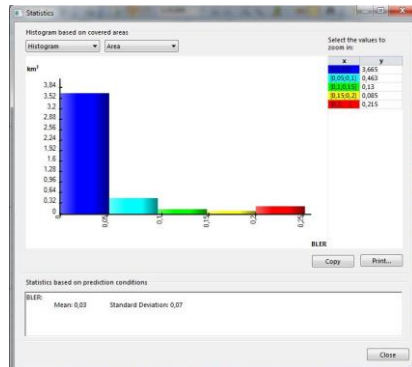


(b) Setelah optimasi

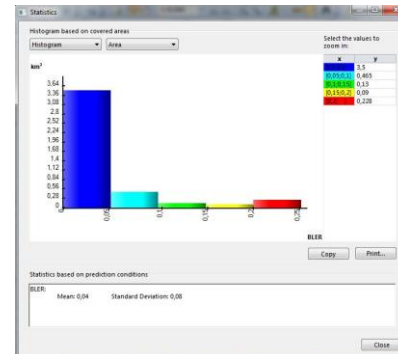
Gambar 6. Nilai SINR Setelah Optimasi

3. Hasil Simulasi RSRQ

Hasil optimasi dari parameter RSRQ sebelum optimasi memiliki nilai mean 0,03 dB dengan nilai persentase 19,6%. Setelah optimasi mengalami perubahan nilai mean 0,04 dB dengan nilai persentase 20,7%. Parameter RSRQ mengalami perbaikan sebesar 1,1%.



(a) Sebelum optimasi



(b) Setelah optimasi

Gambar 7. Nilai RSRQ Setelah Optimasi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari Optimasi Jaringan 4G LTE di Kelurahan Bojong Nangka, Optimasi menggunakan metode Physical Tuning dengan menggunakan parameter RSRP, SINR dan RSRQ. Hasil simulasi yang didapatkan parameter RSRP, SINR, dan RSRQ mengalami perbaikan dan termasuk kategori sangat baik. RSRP dari 82,32% menjadi 83,51% , SINR dari 89,51% menjadi 86,8%, RSRQ dari 19,6% menjadi 20,7%. Skenario optimasi jaringan 4G LTE di Kelurahan Bojong Nangka berhasil mengatasi permasalahan Bad Coverage dan Bad Quality.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Jha, R. Rokaya, A. Bhagat, A. R. Khan, and Laxman Aryal, "LTE Network: Coverage and Capacity Planning — 4G Cellular Network Planning around Banepa," in *2017 International Conference on Networking and Network Applications (NaNA)*, 2017.
- [2] L. P.S Arthur, yuyun siti. Rohmah, and D. Saputra, "Optimasi Jaringan 4G LTE di Area Jakarta Utara," *eproceeding Telkom Univ. Open Libr.*, pp. 1–8, 2017.
- [3] F. Hidayat and L. Meylani, "Analisa Optimasi Akses Radio Frekuensi pada Jaringan Long Term Evolution (LTE) di Daerah Bandung," *Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 1669–1676, 2016.
- [4] I. Larasati, M. . Hafidudin, S.T., and S. T. Fredi Rizkiatna, "Optimasi Jaringan LTE Di Area Cigadung Bandung," in *e-Proceeding of Applied Science*, 2017, p. 2036.
- [5] M. M. Haq, M. T. Yuyun Siti Rohmah, S.T., and M. T. Moszes A. Anggara, S.T., "Optimasi Jaringan LTE Di Daerah Lembang, Jawa Barat," in *e-Proceeding of Applied Science*, 2018, p. 2513.
- [6] K. P. Rahayu, Y. S. Rohmah, and G. P. Fitrianto, "Optimasi Jaringan 4G LTE TDD Pada Frekuensi 2300 MHz di Area Asia Afrika Bandung," *Proceeding Appl. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 2501–2512, 2018.
- [7] M. F. Maolana and Nurhikmah, "Analisa Dan Optimalisasi Cakupan Area Jaringan 4G LTE Menggunakan Physical Tuning," *J. JIIFOR*, vol. 1, no. 1, pp. 71–77, 2017.
- [8] F. Anugerah and H. Putri, "Metode Cell Splitting pada Perencanaan Microcell untuk

- Meningkatkan Performansi Jaringan LTE,” *Elkomika*, vol. 8, no. 2, pp. 262–275, 2020.
- [9] A. C. U Putri, U. K. Usman, and S. P. W. Jarot, “Analisis Optimasi Coverage Jaringan Long Term Evolution (LTE) TDD pada Frekuensi 2300 MHZ di Wilayah DKI Jakarta Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind., no. 2085–4218, 2017.” *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind.*, pp. 2085–4218, 2017.
- [10] M. Hafidh, “Analisa dan Optimasi Bad Coverage pada Jaringan 4G LTE 1800 MHZ (Studi Kasus Daerah Pengamatan Tanjakan Mauk Tangerang Selatan),” *Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 208–216, 2019.