

# OPTIMASI JARINGAN LTE 1800 MULTISEKTOR TELKOMSEL DENGAN METODE SIMULASI ANTENNA *PHYSICAL TUNING* MENGUNAKAN ATOLL

## OPTIMIZATION OF TELKOMSEL's LTE 1800 MULTISECTOR NETWORK WITH PHYSICAL TUNNING ANTENNA SIMULATION METHOD USING ATOLL

Ahmad Hidayattulloh<sup>1</sup>, Muntaqo Alfin Amanaf<sup>2</sup>, Eka Wahyudi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

<sup>1</sup>[18201032@ittelkom-pwt.ac.id](mailto:18201032@ittelkom-pwt.ac.id), <sup>2</sup>[alfinamanaf@ittelkom-pwt.ac.id](mailto:alfinamanaf@ittelkom-pwt.ac.id), <sup>3</sup>[ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id](mailto:ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id)

### Abstrak

Berdasarkan hasil survei lokasi, *drive test site existing*, dan pengamatan hasil data *reporting* RF (Radio Frequency) yang dilakukakn di daerah *site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri kekuatan sinyal yang didapatkan oleh *user* masih buruk, untuk meningkatkan kualitas jaringan LTE dapat dilakukan dengan optimasi multisektor dengan menggunakan *antenna physical tuning* pada parameter yang digunakan yakni RSRP (*Reference Signal Received Power*) dan SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*). Optimasi *physical tuning* yang digunakan meliputi *azimuth*, tinggi antena dan *tilting* antena yang digunakan. Pada penelitian dilakukan optimasi *after* multisektor dengan *physical tuning* pada skenario 1 yang kemudian hasil dibandingkan dengan hasil optimasi *site existing after* multisektor. Perolehan persentase *site existing* didapatkan sebesar 78,44% untuk nilai RSRP belum memenuhi target KPI sebesar 80% diatas -100 dBm dan sebesar 99,6% untuk persentase nilai SINR sudah memenuhi target KPI sebesar 80% diatas 0 dB. Peroleha hasil optimasi *after* multisektor dengan *physical tuning* skenario 1 sudah memenuhi target KPI operator Telkomsel sebesar 85,78% untuk RSRP diatas -100 dBm dan sebesar 99,9% untuk SINR diatas 0 dB.

**Kata kunci:** Optimasi, *Physical Tuning*, LTE, RSRP, SINR, Cakupan, Kualitas

### Abstract

Based on the results of the site survey, drive test of the existing site, and observations of the results of RF (Radio Frequency) reporting data carried out in the WNG075 Sukoboyo Wonogiri site, to improve the quality of the LTE network, multisector optimization can be done by using physical antenna tuning on the parameters used, namely RSRP (Reference Signal Received Power) and SINR (Signal to Interference Noise Ratio). Physical tuning optimization used includes azimuth, antenna height and antenna tilting used. In this final project, after multi-sector optimization is carried out with physical tuning in scenario 1, then the results are compared with the results of the optimization of the existing site after multi-sector. The percentage of existing sites obtained is 78.44% for the RSRP value that has not met the KPI target of 80% above -100 dBm and 99.6% for the presentation of the SINR value that has met the KPI target of 80% above 0 dB. The results obtained after multi-sector optimization with physical tuning scenario 1 have met the Telkomsel operator KPI target of 85.78% for RSRP above -100 dBm and 99.9% for SINR above 0 dB.

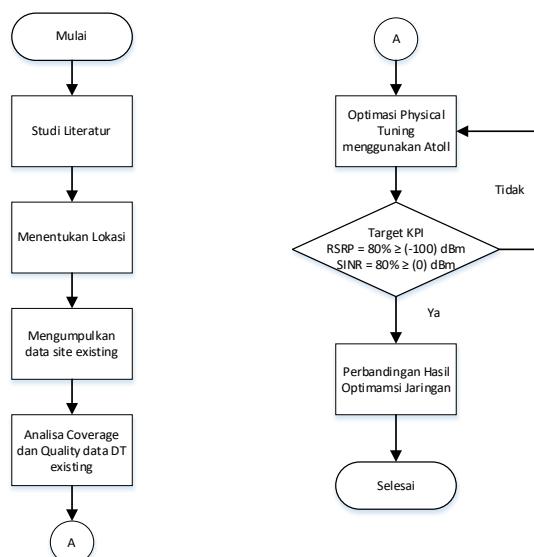
**Keywords:** Optimization, *Physical Tuning*, LTE, RSRP, SINR, Coverage, Quality

## 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia 4G LTE sudah hampir menjangkau semua wilayah,, *Long Term Evolution* (LTE) pengembangan teknologi dibidang seluler dari yang sebelumnya yakni UMTS (3G) dan HSPA (3,5G) di mana LTE ini disebut juga sebagai generasi ke-4[1]. Pada daerah *site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri membutuhkan suatu layanan data berkecepatan tinggi dan kualitas pelayanan serta cakupan yang baik bagi penduduk di Kecamatan Jatipurno, Kabupaten Wonogiri dengan penduduk sebanyak 40.352 jiwa[2]. Dari kasus yang sama di mana pada penelitian pertama Afatah Purnama, Eka Setia Nugraha, Muntaqo Alfin Amanaf, melakukan penelitian tentang penerapan metode ACP untuk optimasi *physical tuning* antena sektoral pada jaringan 4G LTE di Kota Purwokerto, dalam penelitian hasil optimasi *physical tuning* menggunakan metode ACP diperoleh nilai KPI yang sudah memenuhi standar yakni untuk RSRP sebesar  $90,037\% > (100)$  dBm dan CINR sebesar  $94,868\% > (0)$  dB[3]. Penelitian kedua Rummi Sirait, Irvan Nurhadiyanto tentang kajian optimasi jaringan Long Term Evolution (LTE) menggunakan metode *physical tuning* di Kelurahan Bojong Nangka, dalam penelitian diperoleh hasil persentase optimasi untuk nilai RSRP 82,32% menjadi 83,51%, nilai SINR 89,51% menjadi 86,8% dan nilai RSRQ 19,6% menjadi 20,7%. [4]. Penelitian ketiga Intan Larasati, Hafidudin, S.T.,M.T, Fredi Rizkiatna, S.T tentang optimasi jaringan LTE di area Cigadung Bandung. Dari hasil optimasi yang telah dilakukan didapatkan nilai untuk RSRP dari -110 dBm menjadi -92,3 dBm, nilai SINR dari -5 dB menjadi 13,5 dB dan *throughput* dari 512 kbps menjadi 14 Mbps[5]. Penelitian keempat Muhammad Hafidh, Ir.Uke Kurniawan Usman, M.T, Hurianti Vidyaningtyas, S.T. M.T, tentang analisa dan optimasi *bad coverage* pada jaringan 4G LTE 1800 MHz. Dalam hasil optimasi yang dilakukan didapatkan nilai persentase RSRP dari 71,8% menjadi 92,77%, nilai RSRQ dari 66,23% menjadi 96,05% dan nilai SINR dari 91,45% menjadi 94,93% [6]. Penulis melakukan penelitian berdasarkan kondisi *existing* di mana didapatkan nilai untuk RSRP sebesar 68,04% diatas -100 dBm sehingga dapat mengakibatkan *bad coverage*. Pada penelitian ini menggunakan antena multisektor yang memiliki dua pola pancar atau sering disebut *dual beam array*[7] dan menggunakan metode *physical tuning* khususnya di *mechanical tilting* sebagai metode untuk mengatasi *bad coverage* [8].

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Perancangan



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Perancangan penelitian disusun dalam Gambar 1 *flowchart* alur penelitian sebagai tahapan yang dilakukan penulis. Penulis menggunakan nilai performansi jaringan sesuai dengan target KPI sebesar 80% untuk parameter RSRP diatas (-100 dBm) dan sebesar 80% untuk parameter SINR diatas (0 dB).

## 2.2 Atoll

Atoll dapat digunakan sebagai pendukung seluruh jaringan *wireless* operator untuk tahap perencanaan dan optimasi jaringan. Di mana *software* atoll ini mendukung 3GPP Multi-AT, 3GPP2 Multi-RAT, Bachkaul, CDMA20001XRRT/EV-DO, GSM, GPRS, EDGE, LTE, *Microwave Radio Link*, TD-SCDMA, UMTS HSPA, Wi-Fi dan WiMax 802.16e[9]

## 2.3 Menentukan Lokasi

*Site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri berada di Dusun Bangarum Rt 03/01. Desa Girimulyo, Kecamatan Jatipurno, Kabupaten Wonogiri, dengan koordinat lokasi berada di *longitude* 111.15263° dan *latitude* -7.76749°. Dari data kependudukan tahun 2019 jumlah penduduk di Desa Girimulyo, Kecamatan Jatipurno, Kabupaten Wonogiri sebanyak 40.352 jiwa[2].

## 2.4 Data Site Existing

Pada data *site existing* ini merupakan data yang diperoleh dari Engpar (*Engineering parameter*) saat magang PT.Poca Jaringan Solusi. Di mana data *site existing* ini berisi *site ID*, *sector*, *PCI*, *antenna type*, *azimuth*, *tilting antenna*, tinggi antena, tinggi tower dan parameter lain yang menunjang untuk *site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri.

## 2.5 Proses Optimasi dan Parameter Hasil Simulasi Optimasi

Proses optimasi dilakukan menggunakan *software* Atoll untuk mendapatkan nilai yang sesuai dengan standar KPI yang telah ditargetkan dengan parameter yang digunakan. Di mana proses optimasi dilakukan dengan metode *physical tuning* yang meliputi perubahan pada *mechanical tilting*, penggunaan sudut *azimuth* yang sesuai dengan data yang diperoleh, tinggi antena, dan beberapa parameter lainnya. Adapun parameter KPI yang digunakan sebagai titik acuan berhasil atau tidaknya simulasi optimasi yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

### 1. *Efective Signal Analysis* (RSRP)

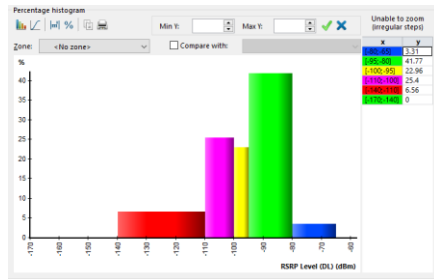
*Reference Signal Received Power* (RSRP) sendiri digunakan untuk mengetahui nilai power yang diterima dari eNodeB ke *User Equipment* (UE)[10].

### 2. *Coverage by (C/I) Level* (SINR)

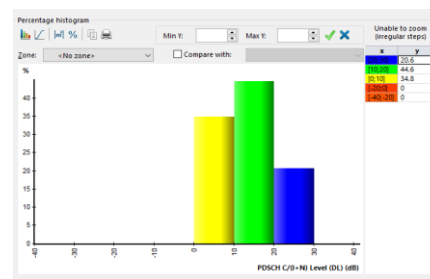
*Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) digunakan untuk mengetahui perbandingan level daya sinyal (kualitas) yang diterima oleh *User Equipmen*(UE) terhadap *noise* dan *nterference* yang terjadi.

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Hasil Optimasi Data Site Existing Before Multisektor dan Physical Tuning PT.Poca



Gambar 2. Histogram RSRP Before Multisektor

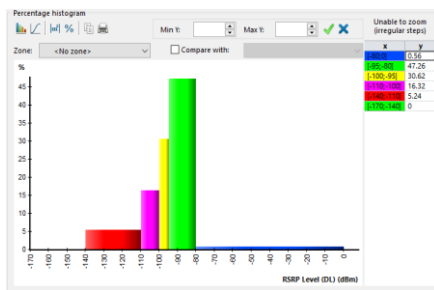


Gambar 3. Histogram SINR Before Multisektor

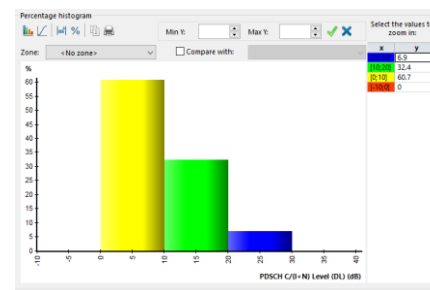
Pada Gambar 2 histogram RSRP *before* multisektor merupakan hasil perolehan *persentase site existing before* multisektor *site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri data dari PT.Poca mendapatkan nilai RSRP 68,04% diatas -100 dBm dengan rata-rata RSRP yang didapatkan sebesar -96,3 dBm

Pada Gambar 3 histogram SINR *before* multisektor merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk *site existing before* multisektor data dari PT.Poca mendapatkan perolehan nilai yang didapatkan dengan persentase 100% untuk nilai SINR diatas 0 dB dengan rata-rata nilai SINR sebesar 14,54 dB

#### 3.2 Analisis Hasil Optimasi Data Site Existing After Antenna Multisektor dan Physical Tuning PT.Poca



Gambar 4. Histogram RSRP Existing After Multisektor



Gambar 5. Histogram SINR Existing After Multisektor

Pada Gambar 4 histogram RSRP *existing after* multisektor merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk simulasi *site existing after* multisektor data dari PT.Poca menggunakan Atoll mendapatkan nilai dengan persentase 78,44% diatas -100 dBm dengan rata-rata nilai RSRP yang didapatkan sebesar -95,62 dBm.

Pada Gambar 5 histogram SINR *existing after* multisektor merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk *site existing after* multisektor data dari PT.Poca Jaringan Solusi mendapatkan nilai dengan persentase 99,6% diatas 0 dB dengan rata-rata nilai SINR sebesar 9,73 dB.

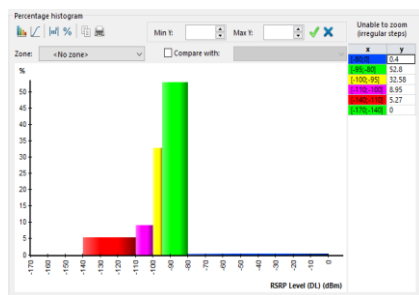
### 3.3 Analisis Hasil Simulasi Optimasi Antena After Multisektor Dengan Physical Tuning

Tabel 1 Data Site Skenario After Multisektor

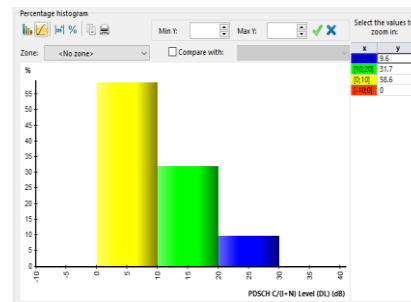
Skenario	Sector 1		Sektor 2		Sektor 3		Sektor 4	
	M-Tilt	Azimuth	M-Tilt	Azimuth	M-Tilt	Azimuth	M-Tilt	Azimuth
1	0	35	5	120 (+30)	5	230	0	120 (-30)
2	1		4		4		1	
3	2		3		3		2	

Dari Tabel 1 data *site* skenario *after* multisektor, skenario 1 dijadikan penulis sebagai rekomendasari untuk perubahan *mechanical tilting* terbaik dibandingkan skenario 2 dan 3 sehingga kualitas jaringan LTE yang diukur yaitu parameter RSRP dan SINR dapat memenuhi standar KPI operator Telkomsel yang digunakan. Optimasi *physical tuning* yang dilakukannya yakni pada *mechanical tilting* dan sesuai data yang didapatkan dari seperti pada tabel 1, namun masih menggunakan jalur *drive test* yang sebelumnya dan dengan parameter yang sama sesuai data yang diperoleh dari *existing after* multisektor data PT.Poca Jaringan Solusi. Adapun hasil simulasi optimasi *after* antena multisektor skenario 1, skenario 2 dan skenario 3 *physical tuning* dengan menggunakan Atoll sebagai berikut:

#### 3.3.1 Optimasi After Antena Multisektor Skenario 1



Gambar 6. Histogram RSRP After Multisektor dan Physical Tuning Skenario 1

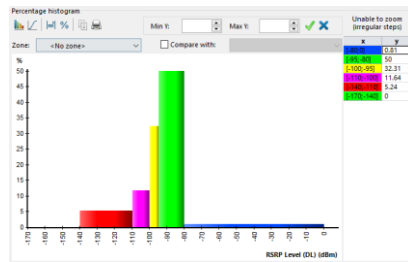


Gambar 7. Histogram SINR After Multisektor dan Physical Tuning Skenario 1

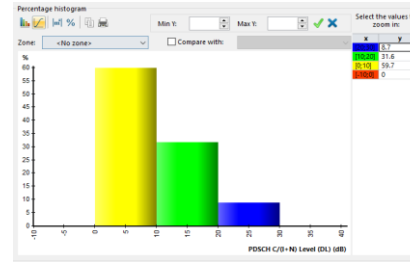
Dari Gambar 6 histogram RSRP *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 1 merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk simulasi data terbaik sampling *after* multisektor pada *mechanical tilting* menggunakan Atoll mendapatkan nilai dengan *persentase* 85,78% diatas – 100 dBm dengan rata-rata nilai RSRP yang didapatkan sebesar -94,87 dBm. Hasil simulasi dengan data skenario 1 sudah memenuhi target KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm karena selisih nilai RSRP sebesar 5,78% diatas -100 dBm.

Pada Gambar 7 histogram SINR *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 1 merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk *site existing after* multisektor data skenario 1 mendapatkan nilai yang sesuai dengan target KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai SINR diatas 0 dB. Perolehan nilai yang didapatkan dengan *persentase* 99,9% untuk setiap *range* dan sudah memenuhi target KPI dengan rata-rata nilai SINR sebesar 10,28 dB.

### 3.3.2 Optimasi *After* Antena Multisektor Skenario 2



Gambar 8. Histogram RSRP *After* Multisektor dan *Physical Tuning* Skenario 2

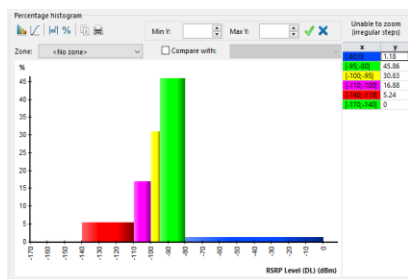


Gambar 9. Histogram SINR *After* Multisektor dan *Physical Tuning* Skenario 2

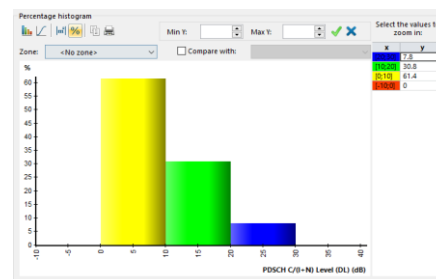
Dari Gambar 8 histogram RSRP *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 2 merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk simulasi data terbaik sampling *after* multisektor pada *mechanical tilting* menggunakan Atoll mendapatkan nilai dengan *persentase* 83,12% diatas – 100 dBm dengan rata-rata nilai RSRP yang didapatkan sebesar -95,17 dBm. Hasil simulasi dengan data skenario 1 sudah memenuhi target KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm karena selisih nilai RSRP sebesar 3,12% diatas -100 dBm.

Pada Gambar 9 histogram SINR *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 2 merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk *site existing after* multisektor data skenario 2 mendapatkan nilai yang sesuai dengan target KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai SINR diatas 0 dB. Perolehan nilai yang didapatkan dengan *persentase* 100% untuk setiap *range* dan sudah memenuhi target KPI dengan rata-rata nilai SINR sebesar 10,06 dB.

### 3.3.3 Optimasi *After* Antena Multisektor Skenario 3



Gambar 10. Histogram RSRP *After* Multisektor dan *Physical Tuning* Skenario 3

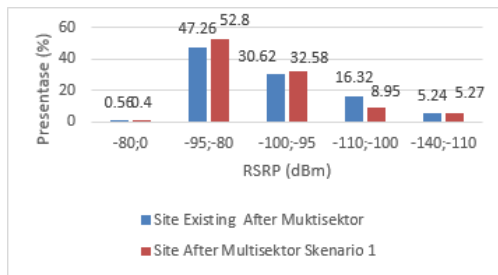


Gambar 11. Histogram SINR *After* Multisektor dan *Physical Tuning* Skenario 3

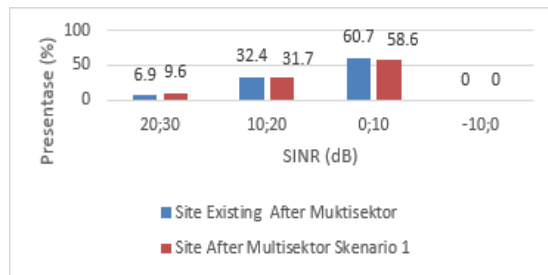
Dari Gambar 10 histogram RSRP *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 3 merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk simulasi data terbaik sampling *after* multisektor pada *mechanical tilting* menggunakan Atoll mendapatkan nilai dengan *persentase* 77,87% diatas –100 dBm dengan rata-rata nilai RSRP yang didapatkan sebesar -95,72 dBm. Hasil simulasi dengan data skenario 3 belum memenuhi target KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm karena selisih nilai RSRP sebesar -2,13% diatas -100 dBm.

Pada Gambar 11 histogram SINR *after* multisektor dan *physical tuning* Skenario 3 merupakan hasil perolehan *persentase* pada setiap *range* untuk *site existing after* multisektor data skenario 3 mendapatkan nilai yang sesuai dengan target KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai SINR diatas 0 dB. Perolehan nilai yang didapatkan dengan *persentase* 100% untuk setiap *range* dan sudah memenuhi target KPI dengan rata-rata nilai SINR sebesar 9,7 dB.

### 3.4 Analisis Perbandingan Optimasi *Site Existing After Multisektor* Dengan Hasil Simulasi Optimasi Antena Multisektor Menggunakan Metode *Physical Tuning*



Gambar 12. Perbandingan Nilai RSRP *Site Existing* Multisektor dan *After* Multisektor *Physical Tuning* Skenario 1



Gambar 13. Perbandingan Nilai SINR *Site Existing* Mutisektor dan *After* Multisektor *Physical Tuning* Skenario 1

Dari Gambar 12 perbandingan nilai RSRP *site existing* multisektor dan *After* multisektor *physical tuning* skenario 1 merupakan hasil perbandingan tiap *range* untuk nilai RSRP pada *site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri, untuk hasil simulasi optimasi *after* multisektor *physical tuning* skenario 1 mengalami peningkatan persentase nilai sebesar 7,34% dari hasil simulasi optimasi *site existing after* multisektor. Nilai yang diperoleh dari hasil simulasi optimasi *site existing after* multisektor yang sebelumnya sebesar 78,44% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm setelah dilakukan optimasi *after* multisektor pada skenario 1 mengalami perbaikan dan kenaikan menjadi sebesar 85,78% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm. Dengan hasil tersebut maka hasil simulasi optimasi *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 1 sudah memenuhi standar dan target KPI dari operator Telkomsel dengan minimal target sebesar 80% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm.

Dari Gambar 13 perbandingan nilai SINR *site existing* multisektor dan *after* multisektor *physical tuning* skenario 1 merupakan hasil perbandingan untuk hasil simulasi optimasi *after* multisektor *physical tuning* skenario 1 dengan *site existing*. Nilai yang diperoleh dari hasil simulasi optimasi *site existing after* multisektor yang sebelumnya sebesar 99,6% untuk nilai SINR diatas 0 dB setelah dilakukan optimasi *after* multisektor pada skenario 1 mengalami perbaikan dan kenaikan menjadi sebesar 99,9% untuk nilai SINR diatas 0 dB dan memenuhi target KPI sebesar 80% untuk nilai SINR diatas 0 dB.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan didapatkan dari hasil simulasi optimasi mengenai optimasi jaringan LTE 1800 multisektor operator Telkomsel dengan metode simulasi antenna *physical tuning* menggunakan Atoll pada *site* WNG075 Sukoboyo Wonogiri sebagai berikut :

1. Persentase peningkatan nilai RSRP pada hasil optimasi *site existing before* multisektor sebesar 68,04% dan 78,44% untuk persentase hasil optimasi *site existing after* multisektor untuk nilai RSRP diatas -100 dBm. Mengalami kenaikan pada hasil persentase optimasi *site existing after* multisektor, namun hasil tersebut masih belum memenuhi target standar KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm.
2. Persentase peningkatan nilai SINR pada hasil optimasi *site existing before* multisektor sebesar 100% dan 99,6% untuk persentase hasil optimasi *site existing after* multisektor untuk nilai SINR diatas 0 dBm. Mengalami penurunan persentase sebesar 0,4% dari hasil optimasi *site existing after* multisektor, namun hasil tersebut sudah memenuhi target standar KPI operator Telkomsel sebesar 80% untuk nilai SINR diatas 0 dBm.

3. Peningkatan pada hasil optimasi *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 1 mendapatkan persentase RSRP sebesar 85,78% diatas -100 dBm dari yang semula didapatkan dari optimasi *site existing after* multisektor sebesar 78,44% untuk nilai RSRP diatas -100 dBm. Nilai persentase mengalami *improvement* sebesar 7,34% dari hasil optimasi *site existing after* multisektor sehingga nilai RSRP sudah memenuhi target standar KPI operator Telkomsel sebesar 80% diatas -100 dBm.
4. Hasil pada optimasi *after* multisektor dan *physical tuning* skenario 1 mendapatkan persentase SINR sebesar 99,9% diatas 0 dB dari yang semula didapatkan dari optimasi *site existing after* multisektor sebesar 99,6% untuk nilai SINR diatas 0 dB. Nilai persentase mengalami *improvement* sebesar 0,3% dari hasil optimasi *site existing after* multisektor sehingga nilai RSRP sudah memenuhi target standar KPI operator Telkomsel sebesar 80% diatas 0 dB.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Maulana and P. W. Purnawan, "Metode Optimasi Simulasi Dan Kajian Perbandingan Metode Optimasi Jaringan LTE (Long Term Evolution) Dengan Pemasangan Repeater, Perencanaan In Building Coverage dan Upgrade Carrier Module di Apartemen Saint Moritz," *J. Maest.*, vol. 2, no. 1, pp. 185–197, 2019.
- [2] N. Kode *et al.*, "Buku Data Kependudukan Semester II Tahun 2019 Kab. Wonogiri," <https://disdukcapil.wonogirikab.go.id>, 2019. .
- [3] A. PURNAMA, E. S. NUGRAHA, and M. A. AMANAF, "Penerapan Metode ACP untuk Optimasi Physical Tuning Antena Sektoral pada Jaringan 4G LTE di Kota Purwokerto," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 1, p. 138, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i1.138.
- [4] R. Sirait and I. Nurhidayanto, "Kajian Optimasi Jaringan Long Term Evolution ( LTE ) Menggunakan Metode Physical Tuning di Kelurahan Bojong Nangka," *J. KILAT*, vol. 9, no. 2, pp. 286–296, 2020.
- [5] I. Larasati, "OPTIMASI JARINGAN LTE DI AREA CIGADUNG BANDUNG LTE Network Optimization In Cigadung Bandung Area," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 2036–2043, 2017.
- [6] S. T. M. . Muhammad Hafidh, Ir. Uke Kurniawan Usman, M.T, Hurianti Vidyaningtyas, "Analisa dan Optimasi Bad Coverage Pada Jaringan 4G LTE 1800 MHz (Studi Kasus Daerah Pengamatan Tanjakan Mauk Tangerang Selatan," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 208–216, 2019.
- [7] R. I. P. King Satrio Mantirri, Yuyun Siti Rohmah, "Optimasi Capacity dan Coverage Menggunakan Antena Multisektor Pada Teknologi 4G LTE," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [8] F. Hidayat and L. Meylani, "Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan Long Term Evolution ( LTE ) Di Daerah Bandung," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 6–13, 2016.
- [9] M. Ulfah, "Peningkatan Area Jangkauan Jaringan 4G Lte (Studi Kasus Kecamatan Samarinda Ulu)," *J. ECOTIPE*, vol. 5, no. 1, pp. 33–38, 2018, doi: 10.33019/ecotipe.v5i1.32.
- [10] D. L. Tamtama and E. Y. D. Utami, "Analisis Kinerja Coverage & Kualitas Sinyal 4G Lte Pada Operator Seluler Di Kota Purbalingga," *Media Elektr.*, vol. 10, no. 2, p. 8, 2017.