

ANALISIS OPTIMASI AKSES RADIO FREKUENSI PADA JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) DI DAERAH BANDUNG

ANALYSIS OF LTE RADIO ACCESS FREQUENCY OPTIMIZATION IN BANDUNG AREA

Fauzi Hidayat¹, Hafidudin, AMd., S.T., M.T.², Linda Meylani, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Fauzihidayat28@gmail.com, - hafidudin@telkomuniversity.ac.id, - lindameylani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Implementasi LTE di Indonesia memanfaatkan jaringan eksisting yang sudah ada, di mana dalam perkembangannya mengalami kendala terutama dalam menjaga performansi jaringan yang diakibatkan oleh lonjakan data yang semakin meningkat dan kualitas *coverage* yang tidak maksimal. Operator perlu memikirkan skenario yang efisien dalam mengatasi permasalahan *low RSRP* (*Radio Signal Receive Power*), *low RSRQ* (*Radio Signal Reference Quality*) dan *low Throughput* agar memenuhi parameter KPI sesuai yang telah ditentukan..

Penelitian ini menggunakan skenario *physical tuning* (pengaturan tinggi dan *tilting* antena), *expand bandwidth* dan penggunaan SFR sebagai skenario optimasi jaringan LTE studi kasus di daerah Bandung. Optimasi dilakukan dengan menganalisa permasalahan pada layer akses radio (*Radio frekuensi layer*) dengan meninjau parameter RSRP, RSRQ, *connected user* dan *mean throughput*.

Performansi jaringan eksisting mengalami peningkatan setelah dilakukan proses optimasi. Nilai *mean throughput* meningkat dari 7,24 Mbps menjadi 19,18 Mbps, dengan target KPI di atas 12 Mbps. Parameter persebaran nilai rata-rata RSRP menurun dari nilai -93,94 dBm menjadi -96,18 dBm, tetapi jika ditinjau dari persentase nilai yang berada di atas threshold senilai -105 dBm, persebaran nilai RSRP mengalami peningkatan dari 81,58% menjadi 96,67%. Parameter persebaran nilai rata-rata RSRQ meningkat dari nilai -14,6 dBm menjadi -12,93 dBm, dengan persentase nilai yang berada di atas threshold senilai -15 dBm, mengalami peningkatan dari 61,3% menjadi 96,48%. Jumlah user yang dapat terkoneksi dengan batas *rejected user* 2% meningkat dari 313 menjadi 914 user. Parameter tinjauan yang telah memenuhi target KPI menunjukkan bahwa skenario optimasi yang telah dilakukan berhasil mengatasi permasalahan *low RSRP* (*Radio Signal Receive Power*), *low RSRQ* (*Radio Signal Reference Quality*) dan *low Throughput*.

Kata kunci: LTE, Optimasi, *physical tuning*., *expand bandwidth*, SFR

Abstract

Implementation of LTE in Indonesia use existing network that already exists, which in its development it has some problems, especially in maintaining network performance caused by lack of capacity causes by increasing user and the coverage quality that was not optimal. Operator needs to perform an efficient mechanism or scenarios to optimize the LTE network performance without add the number of sites in areas that has problems such as low RSRP (*Radio Signal Receive Power*), low RSRQ (*Radio Signal Reference Quality*) and Low Throughput based on KPI (Key Performance Indicator) decide before.

Optimization of LTE network ini this final project uses scenarios of physical tuning (antenna height adjustment and tilting the antenna), *expand bandwidth* and SFR (Soft Frequency Reuse) implementation in Bandung Area. Optimization is done by analyzing the problems of access layer radio (*Radio frekuensi layer*) and reviewing the parameters RSRP, RSRQ and throughput.

After optimization, all parameters of network performance increased. The mean throughput increased from 7.24 Mbps to 19.18 Mbps, where the KPI target is above 12 Mbps. Mean RSRP decline from -96.18 dBm to -93.94 dBm, but if the see the percentage of the value that is above the threshold -105 dBm, it increased from 81.58% to 96, 67%. Mean RSRQ increase from -14.6 dBm to -12.93 dBm, with a percentage of the value that is above the threshold -15 dBm increased from 61.3% to 96.48%. Number of users that serving by network increase from 313 to 914 users. Reference parameter has reached RF KPI was achieved, so the suggestion for optimization was success.

Keyword: LTE, Optimization, *physical tuning*., *expand bandwidth* SFR.

1. Pendahuluan

Teknologi LTE sekarang dalam tahap proses pembangunan di Indonesia terutama di kota-kota besar seperti Bandung, Jakarta, Bogor dan lain sebagainya [3]. Pengimplementasian LTE di Indonesia mengalami kendala terutama dalam menjaga performansi jaringan yang diakibatkan oleh lonjakan data yang semakin meningkat dan kualitas coverage yang kurang maksimal. Dengan kondisi eksisting yang sudah ada operator perlu memikirkan mekanisme atau skenario yang efektif dan efisien dalam mengoptimalkan performansi jaringan LTE tanpa harus menambah jumlah site pada daerah yang mengalami permasalahan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses optimasi jaringan LTE yang mengalami permasalahan low RSRP, low RSRQ (Radio Signal Reference Quality) dan low Throughput yang ada di daerah Bandung. Proses optimasi yang dilakukan menggunakan skenario optimasi *expand bandwidth*, *physical tuning* dan penggunaan fitur Soft Frequency Reuse (SFR). Optimasi yang dilakukan ditargetkan dapat meningkatkan performansi jaringan yang mengalami masalah sehingga mencapai nilai kondisi yang ditargetkan sesuai dengan KPI (Key Performance Indicator) yang telah ditetapkan.

2. DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan

Optimasi jaringan adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja performansi suatu jaringan seluler. Optimasi merupakan proses dimana semua informasi mengenai hardware konfigurasi, hardware problem, konfigurasi antena (ketinggian antena, azimuth, tilting), parameter setting, topologi jaringan, standard KPI dan juga performansi jaringan harus dikumpulkan sebagai sebuah kesatuan informasi untuk melakukan analisa dan improvement pada sebuah jaringan seluler. Optimasi dilakukan untuk mendapatkan kualitas jaringan yang terbaik dengan menggunakan data yang tersedia seefisien mungkin.

2.2 Parameter Optimasi Jaringan

Parameter optimasi jaringan merupakan hal yang harus diperhatikan. Peningkatan performansi dari parameter optimasi akan berpengaruh terhadap kinerja suatu jaringan. Beberapa parameter optimasi adalah sebagai berikut:

2.2.1 RSRP (Reference Signal Received Power)

Reference Signal Received Power (RSRP) didefinisikan sebagai rata-rata linier daya yang dibagikan pada *resource elements* yang membawa informasi *reference signal* dalam rentang frekuensi *bandwidth* yang digunakan. *Reference signal* dibawa oleh simbol tertentu pada satu *subcarrier* dalam *resource block*, maka pengukuran hanya dilakukan pada beberapa *resource element* yang membawa *cell-specific reference signal*. Sehingga UE tidak mengukur setiap *reference signal* pada semua *sub-carriers* [8].

RSRP berfungsi memberikan informasi ke UE mengenai kuat sinyal pada suatu sel berdasarkan perhitungan *path loss* dan mempunyai peranan penting dalam proses handover dan cell selection-reselection.

2.2.2 RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ didefinisikan sebagai rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI (*Received Signal Strength Indication*). Atau biasa ditulis $RSRQ = N \times RSRP / RSSI$. RSSI adalah ukuran power *bandwidth* termasuk *serving cell power*, *noise*, dan *interference power*. Satuan RSRQ adalah dB dan nilainya selalu negatif (karena nilai RSSI selalu lebih besar dibandingkan dengan N x RSRP).

RSRQ membantu sistem dalam proses handover di mana RSRQ dapat meranking performansi kandidat sel dalam proses cell selection-reselection dan handover berdasarkan kualitas sinyal yang diterima. RSRQ juga dapat dikonversikan ke parameter Kualitas sinyal SINR (Signal to Interference Noise Ratio).

2.2.3 SINR Signal to Interference Noise Ratio

Merupakan parameter yang juga menunjukkan kualitas sinyal, tetapi SINR sendiri tidak didefinisikan pada standard spesifikasi 3GPP dan pada jaringan nilai SINR tidak dilaporkan ke jaringan oleh UE. Parameter SINR justru sering digunakan oleh vendor atau operator dalam menentukan relasi antara kondisi akses radio frekuensi (*radio frequency*) dengan *throughput* yang diterima oleh user.

2.2.4 Throughput

Throughput adalah jumlah bit persatuan waktu yang diterima oleh suatu terminal tertentu di dalam sebuah jaringan. Throughput memiliki satuan bit per second (bps). Jumlah throughput adalah jumlah rata-rata bit yang diterima untuk semua terminal pada sebuah jaringan. Salah satu operator di Indonesia yaitu Telkomsel menerapkan threshold rata-rata throughput pada jaringan LTE adalah sebesar 12 MBps.

2.3 Key Performance Indicator (KPI)

KPI digunakan sebagai target pencapaian yang digunakan oleh perusahaan ataupun operator jaringan.

Tabel 2. 1 Target KPI operator

Objective	Parameter	Target KPI
Uji Coverage	RSRP	90% > -105 dBm [2]
Uji Coverage	RSRQ	90% > -15 dBm [8]
Integrity	Rata-rata Throughput (DL)	> 12 Mbps [10]
Accessibility	Blocked /rejected user	< 2%

2.4 Pengaturan Jaringan

Pengaturan jaringan merupakan suatu kegiatan pengaturan elemen-elemen jaringan untuk mendapatkan peformansi yang maksimal. Ada 2 cara melakukan pengaturan jaringan yaitu physical tuning (tilting antenna, pengaturan tinggi antenna, dan sebagainya) dan non-physical tuning (BSS parameter).

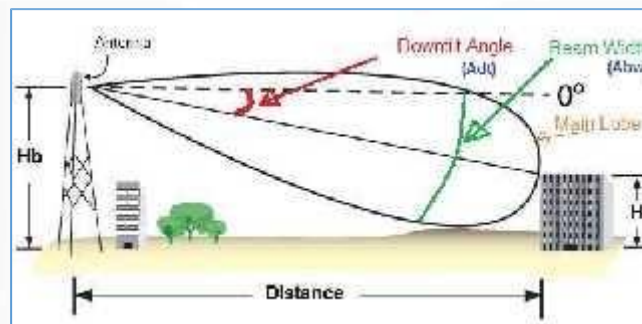
2.4.1 Physical Tuning

Physical tuning merupakan metode optimasi di mana optimasi dilakukan dengan mengubah atau mengatur perangkat fisik pada jaringan yang ada di lapangan. Physical tuning yang dapat dilakukan adalah tilting, adjustment height atau mengatur ulang tinggi antenna, adjustment azimuth antenna dan lain sebagainya

Tilting merupakan pengarah sudut elevasi pada antenna. Ada 2 jenis tilting pada antenna yaitu mechanical downtilt (MDT) dan electrical downtilt (EDT). Tujuan dari tilting adalah agar pancaran antenna mengarah pada coverage area yang seharusnya atau dominance area.

Mechanical tilting adalah mengubah azimuth antenna dan tingkat kemiringan antenna secara fisik. Dampak yang dihasilkan oleh mechanical tilting adalah berubahnya luas coverage area secara keseluruhan.

Electrical tilting adalah kegiatan mengubah daya pancar antenna dengan cara mengatur parameter kelistrikan pada antenna. Berbeda dengan mechanical tilting, perubahan pada electrical tilt hanya akan berdampak pada ukuran main lobe yang dipancarkan oleh antenna.



Gambar 2. 1 Perhitungan jarak dan sudut mechanical tilt

$$\text{Sudut : } \tan^{-1} \frac{(Hb - Hr)}{\text{jarak}(m)} \quad (2.2)$$

Keterangan: Hb : Tinggi Antenna (m)
Hr : Tinggi lokasi yang dituju (m)
 α : Sudut tilt antenna

$$\text{Tinggi antenna : } (\text{jarak}(m) \times \tan \alpha) + Hr \quad (2.3)$$

BW : Beam Width Antenna

2.4.2 Expand Carrier

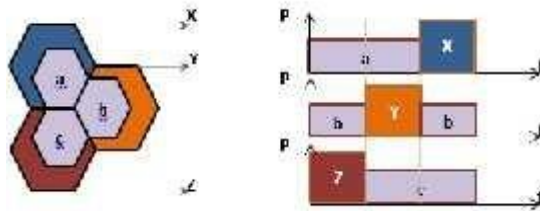
Expand Bandwidth merupakan skema optimasi dengan metode memperlebar bandwidth frekuensi yang digunakan oleh jaringan. Tujuan dari expand bandwidth adalah agar alokasi resource yang dialokasikan pada user semakin besar sehingga mengakibatkan throughput user meningkat.

Mekanisme yang dilakukan dalam penerapan expand bandwidth adalah dengan mengubah parameter lebar bandwidth pada perangkat eNodeB sesuai dengan ketersediaan resource yang ada. Setiap perangkat eNodeB mempunyai keterbatasan maksimal resource bandwidth yang dialokasikan pada setiap sel jaringan LTE. Apabila resource tersebut sudah habis terpakai opsi yang dapat dilakukan adalah dengan menambah modul perangkat radio resource tambahan pada eNodeB.

2.4.3 Soft Frequency Reuse

Soft Frequency Reuse (SFR) adalah salah satu skema frequency reuse yang diperkenalkan pada teknologi LTE release 8. Penerapan SFR dapat meningkatkan performansi jaringan dengan skenario membagi dua area cakupan sel,

yaitu *cell centre* dan *cell edge*. *Cell centre* adalah area cakupan sel dengan jangkauan dan daya power yang lebih kecil dibandingkan dengan *cell edge*. Antar *cell centre* dan *cell edge* diatur alokasi frekuensi nya sehingga tidak saling menginterferensi. Penggunaan skema ini dapat mengurangi *co-channel interference* karena SFR mengalokasikan daya tertentu pada *resource block* yang sudah dialokasikan pada *cell center* dan *cell edge*

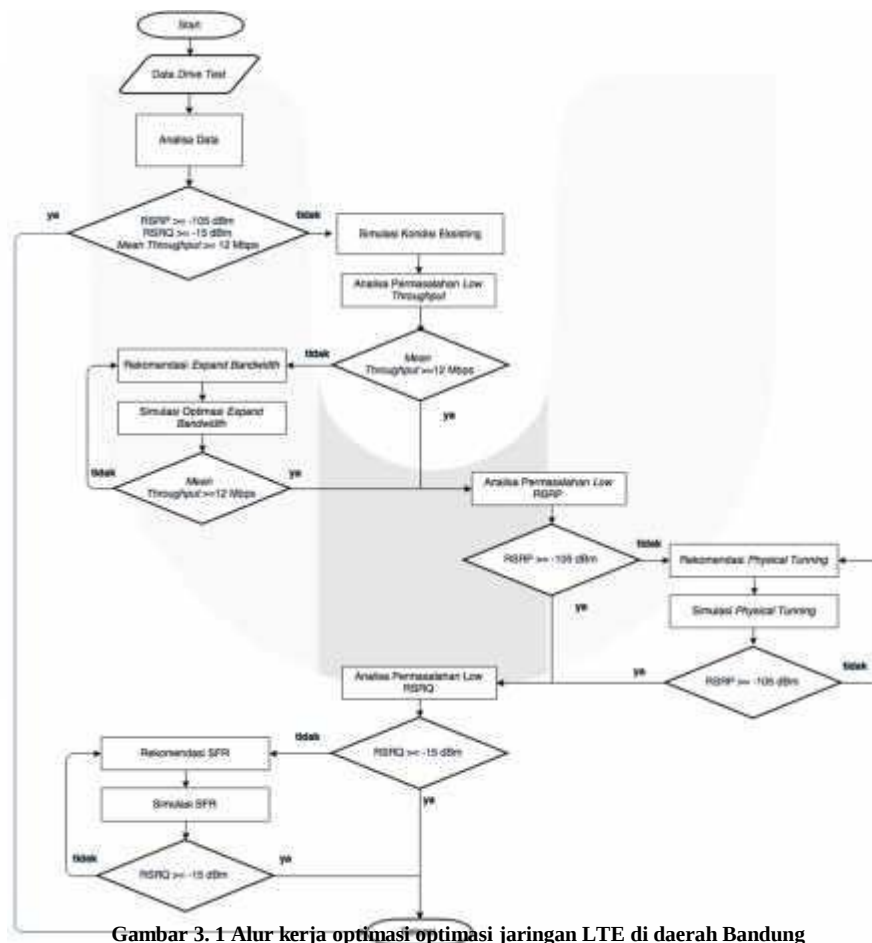


Gambar 2. 2 Alokasi frekuensi pada Soft frekuensi reuse

3. METODE OPTIMASI DAN SIMULASI JARINGAN EKSISTING LTE

3.1 Pendahuluan

Penelitian ini fokus pada analisis optimasi layer radio akses frekuensi pada jaringan LTE dengan menggunakan skema expand-bandwidth, physical tuning dan SFR. Data inputan yang diperoleh berupa hasil logfile kemudian dibandingkan dengan simulasi kondisi jaringan eksisting pada software. Simulasi pada software dapat membantu dalam mengukur performansi hasil rekomendasi yang diberikan. Skema optimasi yang telah ditentukan ditargetkan dapat memberikan solusi permasalahan low throughput, low RSRQ dan low RSRP. Parameter yang dianalisis adalah nilai RSRP, RSRQ, connected user dan nilai throughput.



Gambar 3. 1 Alur kerja optimasi jaringan LTE di daerah Bandung

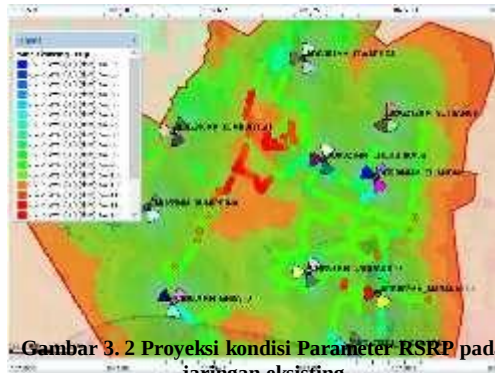
3.2 Flow Chart

Penelitian ini dilakukan melalui tahap-tahap pengerjaan sesuai alur kerja pada gambar 3.1

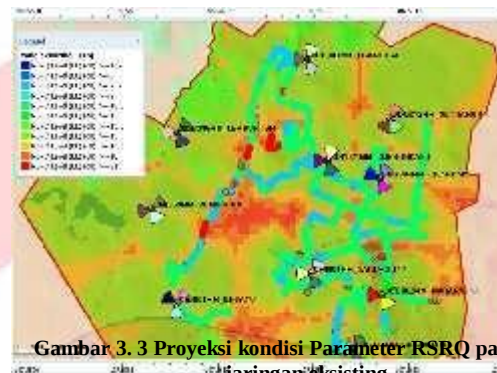
3.3 Kondisi Jaringan Eksisting.

Penelitian ini berlokasi di daerah kecamatan Sukasari, Parongpong dan Sukajadi yang terletak di daerah Bandung, Raya Jawa Barat. Daerah ini menjadi tinjauan penelitian karena merupakan daerah yang padat trafik data dan memiliki kontur permukaan bumi yang tidak rata karena berada di daerah perbukitan. Data kondisi jaringan eksisting di tunjukkan dalam Gambar (3.2), (3.3), (3.4).dan (3.5).

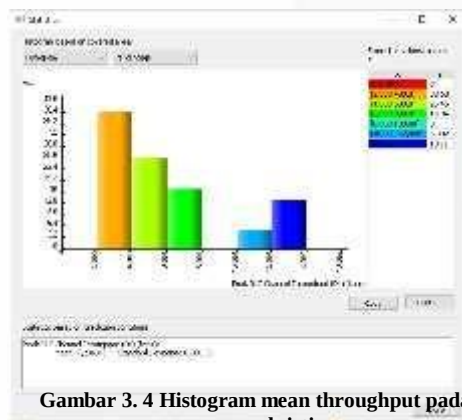
Analisa pada kondisi jaringan eksisting dilakukan melalui pendekatan *software* simulasi di mana parameternya disamakan dengan parameter yang ada di lapangan. Nilai mean throughput pada jaringan eksisting adalah 7,24 Mbps. Nilai rata-rata persebaran RSRP nya bernilai -93,94 dBm dengan nilai parameter yang memenuhi KPI sebanyak 81,58%. Nilai persebaran rata-rata RSRQ pada jaringan eksisting adalah -14,6 dBm dengan jumlah nilai presentase yang memenuhi KPI adalah 61,3%. Jumlah user yang dapat terkoneksi dengan batas rejected user 2% adalah sejumlah 313 user.



Gambar 3.2 Proyeksi kondisi Parameter RSRP pada jaringan eksisting



Gambar 3.3 Proyeksi kondisi Parameter RSRQ pada jaringan eksisting



Gambar 3.4 Histogram mean throughput pada jaringan eksisting



Gambar 3.5 Korelasi jumlah user dan user yang di reject pada kondisi eksisting

3.4 Analisa Permasalahan Jaringan

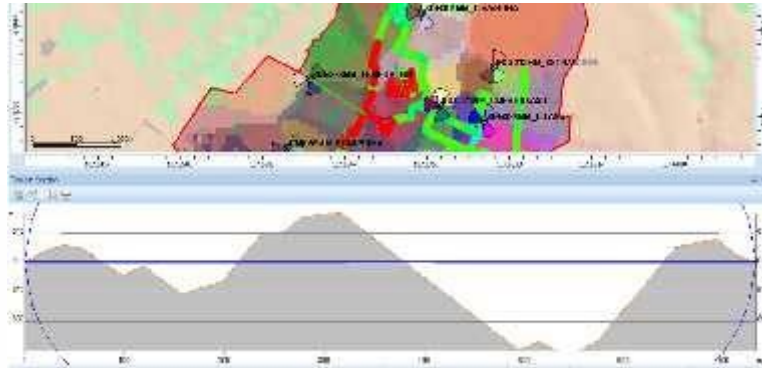
Proses optimasi jaringan LTE membutuhkan analisis yang mendalam terhadap kondisi jaringan yang sudah ada. Kesalahan dalam proses optimasi dapat berakibat menurunkan nilai parameter kpi yang ditargetkan

3.5 Analisa Optimasi

Simulasi jaringan Eksisting pada *software* menggunakan menunjukkan nilai mean *throughput* adalah 7,515 Mbps. Kondisi mean *throughput* jaringan eksisting baru mencapai 60,3% dari target KPI, masih jauh dari yang telah ditargetkan yaitu 12 Mbps . Nilai threshold tersebut dapat dipenuhi dengan penerapan skenario optimasi expand *bandwidth* dari 5 Mhz menjadi 10 MHz.

Simulasi expand *bandwidth* dari 5 MHz menjadi 10 MHz menunjukkan peningkatan pada parameter yang ditinjau. Mean *throughput* pada jaringan mengalami peningkatan menjadi 15,04 Mbps, tetapi jika ditinjau pada parameter RSRP skenario pelebaran *bandwidth* justru mengakibatkan nilai rata-rata persebaran RSRP nya menurun menjadi -94,95 dBm dengan nilai parameter yang berada di atas nilai threshold sebesar 75,47%

Low RSRP dapat diakibatkan oleh adanya obstacle. Adanya obstacle dapat dicek dari jarak antar receiver dengan sector antenna yang menserving user. Analisis simulasi *software* menunjukkan bahwa receiver terhalang oleh kontur tanah yang tinggi sehingga sinyal yang dipancarkan oleh antenna mengalami *shadowing*. *Shadowing* merupakan fenomena dimana sinyal yang dipancarkan terhalang oleh suatu benda/ obstacle yang besar sehingga daya yang terima berkurang dayanya.



Gambar 4.5 *Low RSRP* diakibatkan user lebih tinggi dari pemancar pada kasus sektor C_BDG286ML_LEMBURTGH_2

Proses optimasi dapat dilakukan mengikuti studi kasus sektor C_BDG286ML_LEMBURTGH_2 seperti pada gambar 4.5. User terhalang oleh kontur bumi (obstacle) setinggi 812 mdpl dengan jarak dari user adalah 735 meter dari transmitter (jarak dari user berarti adalah 83 meter). Dengan menggunakan rumus 2.2, sudut tilt minimal agar sinyal yang diterima dapat LOS antara user dan obstacle yang berada paling dekat dengannya adalah 0,7 derajat. Kemudian untuk menentukan ketinggian antenna dapat menggunakan rumus 2.3 dengan nilai tilt yang sudah di dapat (0,7 derajat) dan jarak antar user dan antenna yaitu 818 m. Setelah penghitungan didapatkan nilai tinggi antenna minimal adalah 821 meter, lebih tinggi 10 meter dari kondisi eksisting. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi pengaturan tinggi antenna yang direkomendasikan adalah senilai 10 meter. Kemudian direkomendasikan melakukan downtilt dari -2 menjadi 0 derajat agar user dapat mendapat coverage secara maksimal.

Rekomendasi skenario optimasi *physical tuning* pada jaringan LTE dalam rangka meningkatkan nilai RSRP pada sektor yang lain dapat dilihat pada tabel 4.1 yang menunjukkan hasil rekomendasi dalam rangka meningkatkan nilai RSRP pada area yang mengalami *low RSRP*

Tabel 4.1 Rekomendasi optimasi pada skenario adjustment height dan *tilting*

Jenis Optimasi	Name (Site/Tx/Cell)	Kondisi awal	Rekomendasi
Tinggi Antena	C_BDK021ML_CIJEROHKASOML1; C_BDK021ML_CIJEROHKASOML2; C_BDK021ML_CIJEROHKASOML3	20 m	30 m
Tinggi Antena	C_BDG301ML_CIWARUGAML1; C_BDG301ML_CIWARUGAML2; C_BDG301ML_CIWARUGAML3	27 m	37 m
Tinggi Antena	C_BDG286ML_LEMBURTGHML1; C_BDG286ML_LEMBURTGHML2; C_BDG286ML_LEMBURTGHML3	32 m	42m
Mechanical Tilt	C_BDG286ML_LEMBURTGHML1	2'	-2'
Mechanical Tilt	C_BDG286ML_LEMBURTGHML2	-2'	0'
Mechanical Tilt	C_BDG301ML_CIWARUGAML3	0'	1'

Simulasi optimasi dengan skenario adjustment height dan *tilting* menghasilkan peningkatan performansi pada persebaran RSRP yang ditunjukkan pada. Nilai RSRP meningkat di mana nilai rata-rata persebaran RSRP nya bernilai -91,18 dBm dengan nilai parameter di atas nilai threshold sebesar 96,67%. Jika ditinjau dari persebaran daya sinyal RSRQ mengalami peningkatan sehingga memenuhi kpi, di mana nilai rata-rata persebaran RSRQ nya meningkat menjadi -14,1dBm dengan nilai parameter di atas nilai threshold sebesar 70,37% tetapi pada parameter RSRQ kondisi persebaran sinyalnya menunjukkan bahwa skenario *physical tuning* adjustment height dan *tilting*) belum dapat memberikan performansi persebaran sinyal RSRQ yang baik.

RSRQ dapat mengalami penurunan jika nilai RSRP yang diterima bernilai rendah. Low RSRQ juga dapat disebabkan juga oleh adanya interferensi disebabkan oleh frekuensi lain yang memiliki band frekuensi yang sama atau berdekatan (*pilot pollution* dan *overshooting*) atau dari interferensi yang diakibatkan oleh penyebab lain (*external*

interference). Rekomendasi optimasi yang dapat dilakukan untuk mengatasi kasus ini adalah dengan metode SFR Soft frequency reuse, di mana frekuensi di kelola sehingga dapat mengurangi nilai interferensi antar sel dan meningkatkan nilai RSRQ.

Tabel 4.2 Alokasi resource blok pada skema SFR

Cell	Area	Delta Path Loss	Jumlah Blok Frekuensi	Blok frekuensi
x	Cell center	0 dB	33 RB	18-50
y			34 RB	1-17 & 35-50
Z			34 RB	1-34
A	Cell edge	4 dB	17 RB	1-17
B			16 MHz	18-34
C			16 MHz	35-50

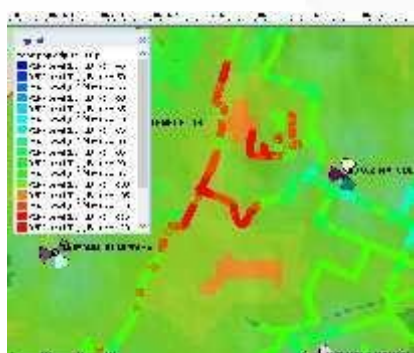
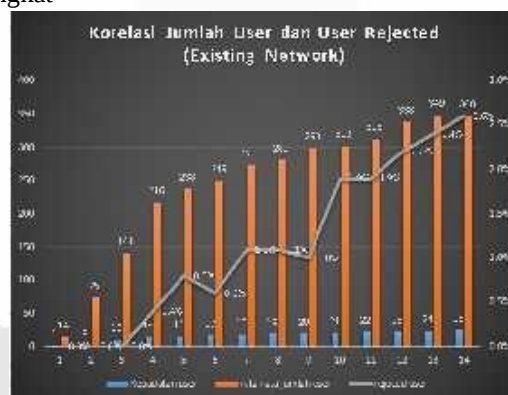
Simulasi optimasi dengan skenario SFR menghasilkan peningkatan performansi pada persebaran RSRQ. Persebaran nilai RSRQ setelah optimasi dapat memenuhi batas threshold yang ditentukan di mana nilai rata – rata RSRQ pada jaringan meningkat menjadi -12,93 dBm dan persentase daerah yang nilainya berada di atas nilai threshold telah meningkat menjadi sebesar 96,48 %.

3.6 Hasil Optimasi

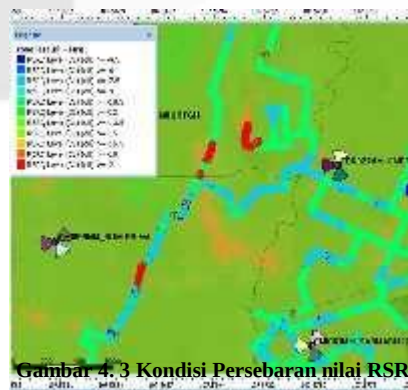
Simulasi performansi jaringan LTE menunjukkan bahwa skema optimasi yang diterapkan menghasilkan peningkatan performansi pada nilai *throughput*. Gambar (4.6), (4.7) dan (4.8) menunjukkan kondisi sebelum dan sesudah melakukan optimasi. Setelah melakukan optimasi nilai throuput, RSRP dan RSRQ jaringan dapat memenuhi kpi target yang ditentukan. Nilai throuput jaringan dapat memenuhi kpi target yang ditentukan dengan detail peningkatan dari nilai 7,42 Mbps menjadi sebesar 19,18 Mbps. Nilai rata–rata RSRP pada jaringan menurun menjadi -96,18 dB, tetapi jika ditinjau dari persentase nilai yang memenuhi KPI, meningkat menjadi 96,67%. Nilai rata–rata RSRQ pada jaringan meningkat menjadi -12,93 dBm dan persentase nilai yang memenuhi KPI telah meningkat menjadi sebesar 96,48%. Jumlah user yang dilayani meningkat



Gambar 4. 1 Histogram rata-rata *throughput* pada jaringan eksisting



Gambar 4. 2 Kondisi Persebaran nilai RSRP pada jaringan eksisting dan setelah dilakukan optimasi



Gambar 4. 3 Kondisi Persebaran nilai RSRQ pada jaringan eksisting dan setelah dilakukan optimasi

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil perbandingan data *throughput* setelah dilakukan optimasi mengalami peningkatan kecepatan data *mean throughput* dari kondisi eksisting bernilai rata-rata 7,24 Mbps meningkat menjadi 19, 18 Mbps, dengan kriteria bagus di atas 12 Mbps.
2. Hasil persebaran nilai parameter RSRP setelah dilakukan optimasi menunjukkan nilai rata – rata RSRP pada jaringan menurun dari -93,94 dBm menjadi -96,18 dB, tetapi persentase daerah yang nilainya berada di atas nilai threshold meningkat dari 81,58% menjadi sebesar 96,67%. Target KPI yang ditentukan adalah minimal 90% parameter RSRP berada di atas -105 dBm.
3. Hasil persebaran nilai parameter RSRQ setelah dilakukan optimasi persebaran nilai rata – rata RSRP pada jaringan meningkat dari -14,6 dBm menjadi -12.93 dBm. Nilai presentase yang di atas threshold juga meningkat dari 61,3% menjadi 96,48%. Target KPI yang ditentukan adalah minimal 90% parameter RSRQ berada di atas -15 dBm.
4. Jumlah user yang dapat dilayani setelah proses optimasi mengalami peningkatan dari 313 user meningkat menjadi 912 user, dengan kondisi memenuhi threshold kpi *user reject* sebesar 2%.
5. Setelah dilakukan optimasi menunjukkan adanya peningkatan nilai RSRP, RSRQ, jumlah *connected user* dan data *Throughput*. Parameter yang ditinjau baik dari RSRP, RSRQ dan mean throughput telah memenuhi target kpi, hal ini menunjukkan bahwa skenario optimasi yang dilakukan berhasil mengatasi permasalahan *low RSRP*, *low RSRQ* dan *low throughput*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Simon, "Digital in 2016," We Are Social, London, 2016.
- [2] M. Tayyiba, "INDONESIA BROADBAND PLAN: LESSONS LEARNED," in *Economic Competitiveness of Zones Coordinating Ministry for Economic Affairs*, Jakarta, 2015.
- [3] T. rachman, "Republika," 21 Mei 2016. [Online]. Available: <http://republika.co.id>.
- [4] I. Cawidu, "Kominfo," Penerbitan Surat Edaran Menteri Perihal Kebijakan Penataan Pita Frekuensi Radio 1800 MHz, 13 Februari 2015. [Online]. Available: <https://kominfo.go.id>. [Accessed 1 Juni 2016].
- [5] G. P. D. K. S. D. Uke Kurniawan, *Fundamental Teknologi Seluler LTE*, Bandung: Rekayasa Sains, 2011.
- [6] S. Ariyanti, "Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolutio Area Jabodetabek - Studi Kasus PT Telkomsel," *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, Vol 12, pp. 255-268, Desember 2014.
- [7] Menkominfo-Rudiantara, *Permen Kominfo No. 19 2015 tentang Penataan Pita Frekuensi Radio 1800 Mhz Untuk Keperl*, akarta: BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA, no 660 Tahun 2015.
- [8] A. Elnashar, M. A. El-saidny and M. R. Sherif, *Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Netwokrs*, Chichester: John Wiley & Sons, 2014.
- [9] Huawei Technologies, "LTE RF Optimization Guide v1.0," Huawei Confidential, Shenzeng, 2012.
- [10] Telkomsel, "Daily LTE performance," Telkomsel, Jakarta, 2016.
- [11] Proxim, "proxim," Proxim Wireless Corporation, 2009. [Online]. Available: <http://www.proxim.com>. [Accessed 1 Juni 2016].
- [12] Ericsson, "Mobility Report," Ericsson, Stockholm, 2014.
- [13] I. T. a. M. B. S. Sesia, *UMTS Long Term Evolution Second Edition From Theory to Practice*, Chichester: John Wiley & Sons, 2011.
- [14] A. E., *LTE KPI'S and Acceptance*, Stockholm: Ericsson, 2012.
- [15] M. A. E.-s. a. M. R. S. A. Elnashar, *Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Netwokrs*, Chichester: John Wiley & Sons, 2014.
- [16] T. S. Rappaport, *Wireless Communication Principle and Practice*, Chichester: John Wiley & Sons, 2001.