

**ANALISA PERENCANAAN PERLUASAN *COVERAGE AREA* LTE
DI KABUPATEN GARUT**
*PLANNING ANALISYS OF THE EXPANSION
LTE AREA IN GARUT DISTRICT*

Ryan Rasyid Yusuf ¹, Ir.Uke Kurniawan Usman ,M.T.², Yuyun Siti Rohmah, S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
ryanrasyid01@gmail.com, - usman.uke@gmail.com,- yuyunsr@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Daerah kabupaten Garut merupakan tujuan wisata yang ramai dikunjungi wisatawan di Jawa Barat. Di daerah ini terdapat beberapa tempat wisata unggulan seperti Taman Satwa Cikembulan, Puncak Darajat dan Pemandian Cipanas yang setiap harinya di datangi ribuan wisatawan. Kebutuhan akan layanan komunikasi suara dan data sangat dibutuhkan di daerah ini. Kondisi jaringan LTE di daerah kabupaten Garut belum sepenuhnya merata. Berdasarkan hasil survey, diperoleh permasalahan *blank spot* (RSRP > -100 dBm), kualitas sinyal yang kurang baik (SINR > -20 dB), dan *throughput* yang lambat pada beberapa kecamatan. Untuk mengatasi masalah ini, perlu dilakukan perencanaan perluasan jaringan LTE di beberapa kecamatan tersebut. Perencanaan perluasan yang dilakukan menggunakan dua skenario, yaitu LTE (FDD) di 1800 MHz dan LTE-A menggunakan metode *carrier aggregation* di 850 MHz dan 1800 MHz yang dikombinasikan dengan SFR. Dalam melakukan perencanaan perluasan, dilakukan analisis dan simulasi menggunakan *software* Atoll 3.2.1

Pada Tugas Akhir ini, setelah dilakukan perencanaan perluasan didapatkan peningkatan luasan *coverage area* sebesar 331,76 km² (92,29142%) dengan kualitas yang memenuhi standar KPI. Hasil simulasi perencanaan perluasan *coverage area* menggunakan LTE (FDD) didapatkan jumlah *site* sebanyak 88, nilai parameter RSRP rata-rata -65,91 dBm, SINR rata-rata 18,02 dB, *throughput* 24,962 Mbps, dan *user connected* 93,3 %. Sedangkan hasil simulasi perluasan *coverage area* menggunakan LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan SFR didapatkan jumlah *site* sebanyak 69, nilai parameter RSRP rata-rata -48,88 dBm, SINR rata-rata 22,5 dB, *throughput* 28,923 Mbps, dan *user connected* 94,5%.

Kata Kunci : *LTE, LTE-A, Carrier Aggregation, SFR, RSRP, SINR, User Connected, Throughput.*

Abstract

Garut district is a tourist destination visited by tourists in West Java. In this area there are some excellent tourist attractions such as Cikembulan Animal Park, Puncak Darajat and Cipanas, that every day in the coming thousands of tourists. The need for voice and data communications services is needed in this area. The condition of the LTE network in Garut district area is not fully uniform. Based on survey results, blank spot problems (RSRP > -100 dBm), poor signal quality (SINR > -20 dB), and low throughput in some sub-districts were founded. To overcome this problems, LTE network expansion planning needs to be done in some sub-districts. Expansion planning is carried out using two scenarios, LTE (FDD) at 1800 MHz and LTE-A using carrier aggregation methods at 850 MHz and 1800 MHz combined with SFR. In the expansion planning, analysis and simulation using software Atoll 3.2.1.

In this Final Project, after the expansion plan is obtained an increase in coverage area of 331.76 km² (92.29142%) with quality that meets the standards of KPI. The result of simulation planning of expansion of coverage area using LTE (FDD) got 88 site amount, RSRP parameter value average -65.91 dBm, SINR average 18,02 dB, throughput 24.962 Mbps, and user connected 93.3 %. While the result of simulation of expansion of coverage area using LTE-A (Carrier Aggregation) combined with SFR obtained the number of sites as much as 69, RSRP parameter value average -48.88 dBm, SINR average 22.5 dB, throughput 28.923 Mbps, and user connected 94.5%.

Keyword : *LTE, LTE-A, Carrier Aggregation, SFR, RSRP, SINR, User Connected, Throughput*

1 Pendahuluan

Di Indonesia, jaringan 4G LTE belum sepenuhnya merata kesetiap daerah. Saat ini hanya kota-kota besar yang sudah ter-cover layanan ini seperti Jakarta, Bandung, Bogor, Tasikmalaya, Sukabumi, dsb. Padahal, masih terdapat lokasi-lokasi potensial *market* yang lebih membutuhkan layanan jaringan 4G ini salah satunya adalah daerah kabupaten Garut. Kabupaten Garut merupakan tujuan wisata yang ramai dikunjungi wisatawan di Jawa Barat. Di lokasi ini terdapat beberapa tempat wisata unggulan seperti Taman Satwa Cikembulan, Puncak Darajat, Pemandian Cipanas, dan masih banyak lainnya. Kondisi jaringan LTE di daerah kabupaten Garut saat ini hanya terdapat di pusat kota dengan *coverage* yang kecil dan performansi yang belum optimal. Berdasarkan hasil survey, diperoleh permasalahan *blank spot* (RSRP > -100dBm), kualitas sinyal yang kurang baik (SINR > -20 dB), dan *throughput data* yang lambat. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka dilakukan perencanaan perluasan jaringan LTE menggunakan metode *carrier aggregation* di frekuensi 850 MHz dan 1800 MHz dengan daerah studi kasus kabupaten Garut. Kemudian untuk mendapatkan performansi yang maksimal, perencanaan perluasan jaringan ini dilakukan menggunakan dua skenario yaitu pada frekuensi 1800 MHz/ LTE (FDD) dan frekuensi 1800-850 MHz/ LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan *Soft Frequency Reuse* (SFR). Terdapat beberapa parameter yang akan diukur dan dianalisis dalam perencanaan perluasan jaringan LTE ini, yaitu *Reference Signal Receive Power* (RSRP), *Signal to Noise Ratio* (SINR), *Troughput*, dan *User Connected*.

2. Dasar Teori

2.1 Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) adalah nama yang diberikan untuk standar teknologi komunikasi baru yang dikembangkan oleh 3GPP untuk mengatasi permintaan kebutuhan akan layanan komunikasi yang semakin meningkat, LTE adalah lanjutan dari evolusi 2G dan 3G yang bertujuan untuk menyediakan layanan dengan tingkat kualitas yang sama dengan jaringan *wired*. LTE memiliki kemampuan kecepatan transfer data maksimum mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink* dengan *bandwidth* 20Mhz. Selain itu LTE mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik, *voice*, data, *video*, maupun IPTV. [6]

2.2 LTE-Advanced (LTE-A)

LTE-Advanced merupakan istilah yang digunakan untuk versi LTE yang membahas persyaratan lanjutan IMT, seperti yang ditentukan pada 3GPP Release 10 dan seterusnya. LTE-Advanced merupakan pengembangan lanjutan dari teknologi LTE yang memungkinkan jaringan memiliki pencapaian *coverage* area yang lebih besar, lebih stabil dan lebih cepat. Biasanya pengembangan ini dicapai dengan penggunaan teknik multi antena (MIMO), penggunaan *Carrier Aggregation*., dan penambahan *Relay Nodes*. [1]

2.3 Perbandingan Persyaratan Performansi LTE dan LTE-A

Dalam, 3GPP awalnya diidentifikasi bahwa persyaratan untuk LTE Advanced akan lebih tinggi dari persyaratan minimum untuk IMT-Advanced. Persyaratan untuk LTE-Advanced ditentukan oleh 3GPP disediakan di TR36.913.

Tabel 2.1 Performansi LTE dan LTE Advanced [3]

System Performance	LTE-Advanced	LTE	
Peak rate	100Mbps@100MHz 50Mbps@50MHz	100Mbps@20MHz 50Mbps@10MHz	
Control plane delay	Idle to connected <math>< 50ms</math> Connected to active <math>< 10ms</math>	<math>< 100ms</math> <math>< 50ms</math>	
User plane delay (without hand)	Lower than that of LTE	<math>< 5ms</math>	
Spectral efficiency	Peak	Downlink: 3Gbps/Hz @ 4x4 MIMO, 500kHz @ 2x2 MIMO, 2.0 Gbps/Hz @ 2x4 MIMO, 1.0 Gbps/Hz @ 4x4 MIMO, 0.7 Gbps/Hz @ 2x4 MIMO	Downlink: 3Gbps/Hz @ 2x2 MIMO, 2.0 Gbps/Hz @ 4x4 MIMO, 1.5 Gbps/Hz @ 2x4 MIMO, 1.0 Gbps/Hz @ 4x4 MIMO
	Average	Downlink: 3.7 Gbps/Hz @ 4x4 MIMO, 2.0 Gbps/Hz @ 2x4 MIMO	Downlink: 3 to 4 times of R6 HSPA @ 2x2 MIMO, 2 to 3 times of R6 HSPA @ 4x4 MIMO
	Cell edge	Downlink: 0.12 Gbps/Hz @ 4x4 MIMO, 0.07 Gbps/Hz @ 2x4 MIMO	N/A
Mobility	<math>< 350km/h</math>, <math>< 550km/h</math>@freq band 4	<math>< 350km/h</math>	
Flexible bandwidth deployment	Continuous spectrum @ <math>< 20MHz</math>; Sparse coverage	1, 1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz; Support paired spectrum and unpaired spectrum	

2.4 Carrier Aggregation

Untuk mencapai *peak data rate* yang disyaratkan oleh IMT-Advanced, 3GPP LTE Rilis 10 telah memperkenalkan *Carrier Aggregation* (CA). *Carrier aggregation* adalah teknologi yang memungkinkan jaringan 4G berjalan di dua frekuensi berbeda serta dapat menggabungkan beberapa *Component Carriers* (CC) agar tercapai *peak data rate*. *Component carriers* dapat memiliki *bandwidth* 1,4, 3, 5, 10, 15 atau 20 MHz dan maksimal lima CC dapat digabungkan, maka *bandwidth* maksimum adalah 100 MHz. [10]

2.5 Perencanaan Berdasarkan Capacity

Perencanaan berdasarkan kapasitas dilakukan untuk melakukan perencanaan yang mengutamakan terpenuhinya kebutuhan trafik pengguna. Estimasi jumlah pelanggan di beberapa kecamatan di daerah Garut ditunjukkan tabel 2.2 dibawah ini. Data tersebut didapatkan dari Badan Pusat Statistika untuk daerah kabupaten Garut.

Tabel 2.2 Rincian Data Lokasi Perencanaan Perluasan LTE [9]

Kecamatan	Jumlah Penduduk Umum (15-64)	Luas Daerah (Ha)	Luas Daerah (km ²)	Populasi (Orang)
Lulus	47736	7351	73.51	76056
Beyongbong	58250	4763	47.63	93102
Ciurupan	60045	8088	80.88	95086
Tarogong Kidul	74289	1946	19.46	108192
Tarogong Kalor	56224	5057	50.57	71169
Santarang	44213	5971	59.71	84843
Jumlah	340757	33176	331.76	528448

Terdapat persamaan yang digunakan untuk melakukan perencanaan perluasan berdasarkan *capacity* yaitu :

Throughput/Session (Kbit)= Session Time (s) x Session Duty Ratio x Bearer Rate (kbps) x [1/(1-BLER)] (1)

Single User Throughput = (Σ Throughput/Session) x BHSR x Penetration x (1 + Peak to Average Ratio) /3600 (2)

Network Throughput (IP)= (Single User Throughput) x (Total Target User) (3)

Network Throughput (MAC LAYER)= UL Network Throughput (IP)/(A x B x C) (4)

DL Cell Capacity+CRC= (168- 36 -12)x(Code bits)x(Code rate) x Nrb x C x 1000 (5)

UL Cell Capacity+CRC = (168 - 24) x (Code bits) x (Code rate) x Nrb x C x 1000 (6)

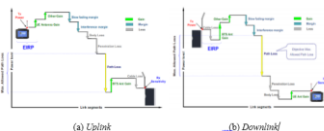
Capacity per site = 3 x Cell average throughput (7)

Number of Site = $\frac{\text{Network Throughput}}{\text{Site Capacity}}$ (8)

Cell Radius 3 Sector= $\frac{\sqrt{\text{Cell Coverage}}}{2,6 \times 1,95}$ (9)

2.6 Perencanaan Berdasarkan Coverage

Coverage planning merupakan metode perencanaan jaringan seluler untuk memastikan jaringan dapat memberikan layanan/signal pada seluruh daerah tinjauan.



Gambar 2.1 Ilustrasi Link Budget Uplink dan Downlink [7]

Terdapat beberapa persamaan yang digunakan untuk melakukan perencanaan perluasan berdasarkan *coverage* yaitu:

- MAPL(dB)=EIRP/subcarrier (dBm)-Min Signal Reception (dBm)-Penetration loss (dB)-Shadow Fade Margin(dB) (10)
- EIRP/subcarrier (dBm) = Subcarrier Power (dBm)+Tx Antenna Gain (dBi)-Tx cable loss (dB)-Tx body loss (dB) (11)
- Subcarrier Power (dBm) = Max Total Tx Power (dBm) – 10Log(The Number of Subcarriers to Distribute Power) (12)
- Min Signal Reception (dBm) = Rx Sensitivity (dBm)– Rx Antenna Gain (dBi) + Rx Cable Loss (dB) + Rx Body Loss (dB) + Margin (13)
- Receiver Sensitivity (dBm) = Thermal noise per subcarrier (dBm) + Noise figure of eNodeB (dB) + Required SINR (dB) (14)
- Thermal noise per subcarrier = 10 Log (K x T x W) (15)
- Luas *cell*=1.95xd² (16)
- ∑LTE= Luas area/ Luas *cell* (17)

2.7 Model Propagasi

Model propagasi digunakan untuk menghitung jari-jari sel (d). Model propagasi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu Cost Hata-231 dan Okumura Hata. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut.

Persamaan Okumura Hata :

$$L_u = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - CH + [44.9 - 6.55 \log h_b] \log d \tag{18}$$

$$CH = (1.1 \log f - 0.7) h_r - (1.56 \log f - 0.8) \tag{19}$$

Persamaan Cost Hata-231 :

$$a(hm) = (1,1 \log F - 0,7) h_r - (1,56 \log F - 0,8) \tag{20}$$

$$PL = 46,3 + 33,9 (\log F) - 13,82 \log H_b - a(hm) + (44,9 - 6,55 \log H_b) \log d + cm \tag{21}$$

2.8 Soft Frequency Reuse

Soft Frequency Reuse adalah skema frekuensi *reuse* dimana area cakupan dibagi menjadi dua area yaitu *cell centre* dan *cell edge*. *Cell centre* adalah area cakupan dengan jari-jari sel dengan menggunakan *subband bandwidth* dengan menggunakan daya pancar. *Cell edge* adalah area cakupan sel dengan jari-jari sel dengan menggunakan skema frekuensi *reuse* lebih besar dari satu dan menggunakan daya pancar *cell centre*. [7][8]

2.9 Key Performance Indicator

Key Performance Indicator (KPI) berisi parameter-parameter yang merupakan indikator untuk menentukan performansi suatu jaringan. Pada masing-masing parameter tersebut mempunyai target KPI yang harus dicapai untuk memenuhi kualitas jaringan. Tabel 2.3 dibawah ini merupakan target yang ingin dicapai pada Tugas Akhir ini.

Tabel 2.3 Target KPI Untuk Tiap Parameter

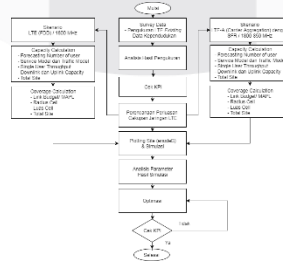
Objective	Parameter	Target KPI
Accessibility	User Connected	≥ 90%
Coverage	RSRP	90% ≥ -100 dBm
Kualitas Sinyal	SINR	90% ≥ 5 Db
Service Integrity	Throughput	≥ 12 Mbps

3. Perencanaan Perluasan Jaringan LTE

3.1 Pendahuluan

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan analisis perencanaan pserluasan jaringan LTE di daerah kabupaten Garut dengan menggunakan dua buah skenario yaitu LTE (FDD) dan LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan SFR. Sebelum dilakukan perencanaan perluasan *coverage area*, dilakukan pengukuran kondisi jaringan awal menggunakan metode *drivetest* untuk mengetahui performansi kondisi jaringan RF di area tersebut. Penggunaan *site* mengacu pada posisi koordinat jaringan awal tersebut. Parameter yang dianalisis meliputi jumlah *site* yang dibutuhkan, RSRP, SINR, *throughput*, dan *user connected*.

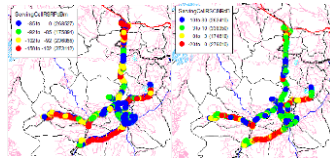
3.2 Alur Perencanaan Perluasan Coverage Area LTE



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Perencanaan Perluasan Coverage Area LTE

3.3 Pengukuran Kondisi Jaringan LTE Awal

Berikut gambar 3.2 menunjukkan hasil *drivetest* yang telah dilakukan di kabupaten Garut.



Gambar 3.2 Hasil *drivetest* parameter RSRP dan SINR

Berdasarkan gambar 3.2 di atas dapat dilihat bahwa jaringan LTE belum sepenuhnya terdistribusi secara merata ke setiap kecamatan. Daerah yang telah terdapat jaringan LTE berada di kecamatan Garut kota. Adapun nilai RSRP di beberapa kecamatan selain Garut Kota yaitu berada pada kisaran -102 dBm sampai -150 dBm dengan nilai SINR berkisar 0 sampai -20 dB. Hal ini membuktikan bahwa di kecamatan tersebut belum terdapat jaringan LTE (*blank spot*).

3.4 Skenario Perencanaan Perluasan

Pada Tugas Akhir ini, perencanaan perluasan jaringan jaringan LTE menggunakan 2 skenario yaitu LTE (FDD) dan LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan SFR. Pada skenario perencanaan perluasan *coverage area* dengan LTE (FDD) digunakan frekuensi 1800 MHz, sedangkan pada perencanaan perluasan *coverage area* LTE-A (*Carrier Aggregation*) menggunakan frekuensi 1800-850 MHz dengan *bandwidth* total 15 MHz.

3.5 Perencanaan Perluasan Berdasarkan Capacity

3.5.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

- Jumlah populasi di daerah studi kasus tahun 2022 = 551.565 orang
- Usia Produktif di daerah studikasus 65% = 357.106 orang
- Operator *market share* di daerah studi kasus 40% = 142.842 orang
- Penetrasi LTE di daerah studi kasus 25% = 35.711 orang
- Penetrasi LTE-A di daerah studi kasus 25% = 16.070 orang

3.5.2 Service Model dan Trafik Model

Service model adalah acuan jumlah minimal *throughput* agar pelanggan dapat mengakses layanan. *Service model* digunakan untuk mengetahui nilai *throughput/session*. *Traffic model* adalah model trafik yang dijadikan acuan untuk menghitung *single user throughput* untuk setiap layanan. Setiap morfologi daerah yang berbeda akan mempunyai nilai yang berbeda. Beberapa kecamatan yang akan dilakukan perluasan tergolong kedalam bentuk morfologi sub urban.

Tabel 3.1 *Service Model dan Traffic Model*

Traffic Parameter	Throughput		Sub Urban	
	Uplink Throughput Session (Kbps)	Downlink Throughput Session (Kbps)	Uplink Penetration	BERA
VoIP	869.49	869.49	100%	1.9
Video Phone	4421.31	4421.31	35%	0.45
Video Conference	113690.91	113690.91	17%	0.33
Real Time Gaming	11397.27	86952.73	40%	1.37
Streaming Media	5683.64	864016.56	20%	3.05
DNS Signalling	22.10	22.10	40%	4
Web Browsing	5684.55	22737.27	100%	3.3
File Transfer	85272.73	454751.52	30%	0.2
Email	7106.06	37895.96	55%	0.45
P2P File Sharing	303151.52	809503.03	28%	0.4

3.5.3 Single User Throughput

Single user throughput adalah jumlah minimal *throughput* yang harus dimiliki setiap pelanggan untuk mengakses semua layanan.

Tabel 3.2 *Single User Throughput*

Trafik	VoIP	Video Phone	Video Conference	Real Time Gaming	Streaming Media	Web Browsing	File Transfer	Email	P2P File Sharing	Total	Single User Throughput (Kbps)
UL	1817.24	765.99	7015.07	6852.19	3813.72	21885.50	5628.00	1934.63	34800.53	84432.57	23.4535
DL	9240.54	765.99	7015.07	54826.30	579754.98	87538.50	30013.60	10317.18	104047.15	883559.01	245.4331

3.5.4 Network Throughput

Network throughput adalah jumlah *throughput* yang dibutuhkan untuk keseluruhan jumlah pengguna yang direncanakan dalam mengakses semua layanan. *Network throughput* diperoleh dengan mengalikan nilai *single user throughput* dengan 35.711 pengguna untuk jaringan LTE (FDD) dan 16.070 pengguna untuk jaringan LTE-A (*carrier aggregation*).

Tabel 3.3 *Network Throughput*

Parameter	LTE (FDD)		LTE-A (Carrier Aggregation)	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Total Target User	35711		16070	
Single User Throughput (Kbps)	23.4535	245.4331	23.4535	245.4331
Network Throughput (Kbps)	837547.6866	8764659.946	376898.6317	3944109.247
Network Throughput (Mbps)	837.55	8764.66	376.899	3944.11

3.5.5 Radio Overhead

Radio Overhead berfungsi untuk mengkonversi *throughput* di layer IP ke layer MAC, setelah adanya penambahan *header* sebesar 0,98 disetiap penurunan layer.

Tabel 3.4 MAC Layer Throughput

LTE (FDD)		LTE-A (Carrier Aggregation)	
DL Network Throughput (Mbps)	UL Network Throughput (Mbps)	DL Network Throughput (Mbps)	UL Network Throughput (Mbps)
8939.8816	854.2918	4022.9592	384.4325

3.5.6 Distribusi Rata-rata SINR 1800 MHz, 850 MHz, dan 1800 -850 MHz (Carrier Aggregation)

Tabel distribusi SINR digunakan untuk menghitung kapasitas sel dan kapasitas *site* dari sisi uplink maupun *downlink*.

Tabel 3.5 Distribusi Rata-rata SINR 1800 MHz, 850 MHz, dan 1800 -850 MHz (Carrier Aggregation)

(a) 1800 MHz										(b) 850 MHz										(c) 1800 MHz-850 MHz																			
Subcarrier	Code Rate	Code Rate	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	Subcarrier	Code Rate	Code Rate	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	Subcarrier	Code Rate	Code Rate	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK						
QPSK 1.0	2	0.3	1.7	-0.3	0.29	1.99979	2.0000	0.03979	2.2029	QPSK 1.0	2	0.3	1.7	-0.3	0.29	1.99979	2.0000	0.03979	2.2029	QPSK 1.0	2	0.3	1.7	-0.3	0.29	1.99979	2.0000	0.03979	2.2029	QPSK 1.0	2	0.3	1.7	-0.3	0.29	1.99979	2.0000	0.03979	2.2029
QPSK 1.5	2	0.5	0.9	-2	0.27	11.99979	12.0000	14.99979	1.8000	QPSK 1.5	2	0.5	0.9	-2	0.27	11.99979	12.0000	14.99979	1.8000	QPSK 1.5	2	0.5	0.9	-2	0.27	11.99979	12.0000	14.99979	1.8000	QPSK 1.5	2	0.5	0.9	-2	0.27	11.99979	12.0000	14.99979	1.8000
QPSK 2.0	2	0.67	2	-4.5	0.19	16.99979	17.0000	19.99979	1.8662	QPSK 2.0	2	0.67	2	-4.5	0.19	16.99979	17.0000	19.99979	1.8662	QPSK 2.0	2	0.67	2	-4.5	0.19	16.99979	17.0000	19.99979	1.8662	QPSK 2.0	2	0.67	2	-4.5	0.19	16.99979	17.0000	19.99979	1.8662
16 QAM 1.0	4	0.3	4.7	-6	0.17	23.99979	24.0000	28.99979	4.2028	16 QAM 1.0	4	0.3	4.7	-6	0.17	23.99979	24.0000	28.99979	4.2028	16 QAM 1.0	4	0.3	4.7	-6	0.17	23.99979	24.0000	28.99979	4.2028	16 QAM 1.0	4	0.3	4.7	-6	0.17	23.99979	24.0000	28.99979	4.2028
16 QAM 1.5	4	0.47	6	-8.5	0.14	32.99979	33.0000	38.99979	4.8028	16 QAM 1.5	4	0.47	6	-8.5	0.14	32.99979	33.0000	38.99979	4.8028	16 QAM 1.5	4	0.47	6	-8.5	0.14	32.99979	33.0000	38.99979	4.8028	16 QAM 1.5	4	0.47	6	-8.5	0.14	32.99979	33.0000	38.99979	4.8028
16 QAM 2.0	4	0.67	12.5	-10.5	0.09	38.99979	39.0000	46.99979	4.1472	16 QAM 2.0	4	0.67	12.5	-10.5	0.09	38.99979	39.0000	46.99979	4.1472	16 QAM 2.0	4	0.67	12.5	-10.5	0.09	38.99979	39.0000	46.99979	4.1472	16 QAM 2.0	4	0.67	12.5	-10.5	0.09	38.99979	39.0000	46.99979	4.1472
64 QAM 1.0	6	0.3	10.5	-12.5	0.06	35.99979	36.0000	43.99979	2.9028	64 QAM 1.0	6	0.3	10.5	-12.5	0.06	35.99979	36.0000	43.99979	2.9028	64 QAM 1.0	6	0.3	10.5	-12.5	0.06	35.99979	36.0000	43.99979	2.9028	64 QAM 1.0	6	0.3	10.5	-12.5	0.06	35.99979	36.0000	43.99979	2.9028
64 QAM 1.5	6	0.47	15.5	-15.5	0.05	48.99979	49.0000	58.99979	2.8944	64 QAM 1.5	6	0.47	15.5	-15.5	0.05	48.99979	49.0000	58.99979	2.8944	64 QAM 1.5	6	0.47	15.5	-15.5	0.05	48.99979	49.0000	58.99979	2.8944	64 QAM 1.5	6	0.47	15.5	-15.5	0.05	48.99979	49.0000	58.99979	2.8944
Cell Average Throughput (Mbit/s) * 1000 x Bw	21.1134										21.1134										21.1134																		
Capacity per site	11.1071										11.1071										11.1071																		

Berdasarkan tabel 3.5 dapat diketahui kapasitas *site throughput* untuk frekuensi 1800 MHz arah *downlink* sebesar 101,0879 Mbps dan arah *uplink* sebesar 60,6527 Mbps. Kapasitas *site throughput* arah *downlink* sebesar 73,5407 Mbps dan arah *uplink* sebesar 88,2489 Mbps. Kemudian, kapasitas *site throughput* arah *downlink* sebesar 261,5975 Mbps dan arah *uplink* sebesar 156,9585 Mbps.

3.5.7 Perhitungan Jumlah Site

Berdasarkan hasil perhitungan berdasarkan *capacity* maka didapatkan jumlah *site* seperti pada tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.6 Jumlah Site Berdasarkan Capacity

Item	LTE		LTE-A (Carrier Aggregation)	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Coverage Area (km ²)	311.76	311.76	311.76	311.76
User	35711	35711	16070	16070
RCT (Mbit/s)	23.4535	245.4335	23.4535	245.4335
Minimum Throughput (Mbit/s)	854.2910	859.8316	384.43	402.96
Cell Average Throughput (Mbit/s)	20.3174	39.698	53.1881	87.9862
Site Capacity (Mbit/s)	65.6528	101.088	158.9381	245.9274
Number of Site	14	88	2	15
Cell Coverage (km ²)	23.542107	1.71388607	135.45364	21.7797925
Cell Radius (km)	1.94746716	1.93766668	8.3464241	1.32626153

Jumlah *site* yang digunakan untuk dilakukan simulasi diambil jumlah *site* yang paling banyak hal ini didasarkan untuk mendapatkan kualitas *coverage* yang baik. Berdasarkan pada tabel 3.6 didapatkan jumlah *site* untuk LTE (FDD) sebanyak 88 *site*, sedangkan untuk LTE-A (Carrier Aggregation) sebanyak 15 *site*.

3.6 Perencanaan Perluasan Berdasarkan Coverage

3.6.1 Maximum Allowable Pathloss (MAPL)

Maximum Allowable Pathloss (MAPL) adalah nilai maksimum loss yang di izinkan. MAPL dihitung disisi *uplink* dan *downlink*, sehingga ketika pelanggan mengalami loss lebih kecil daripada nilai MAPL yang telah di perhitungkan maka pelanggan masih tetap dapat mengakses layanan. Pada Tugas Akhir ini, nilai MAPL dihitung untuk daerah sub urban karena kecamatan yang akan dilakukan perluasan di daerah Garut termasuk kategori morfologi sub urban.

Tabel 3.7 Maximum Allowable Pathloss (MAPL)^[8]

Link Budget for MAPL & Cell radius calculation					
Morphology	Sub Urban		Sub Urban		Formula
	UL	DL	UL	DL	
Duplex mode	FDD				
Carrier frequency (GHz)	1800 ; 850				
MIMO scheme	UL = 2x2 ; DL = 4x4				
Transmitter	UE	eNodeB	UE	eNodeB	
Max total Tx power (dBm)	23	43	23	46	A
RIS to distributed power	3	100	3	100	C
Subcarriers to distributed power	36	1200	36	1200	D = 12°C
Subcarrier power (dBm)	7.437	12.208	7.437	12.208	E = A - 10*log(D)
Tx antenna gain (dBi)	0	17	0	17	G
Tx cable loss (dB)	0	0.5	0	0.5	H
ETRP per subcarrier (dBm)	7.437	28.708	7.437	28.708	F = E-G-H
Receiver	eNodeB	UE	eNodeB	UE	
ISIR (dB)	-6	-5	-6	-5	K
Rx noise figure (dB)	2	3	2	3	
Receiver sensitivity (dBm)	136.239	124.239	136.239	124.239	L = K + C - 10*log(15000)
Rx antenna gain (dBi)	17	0	17	0	N
Rx body loss (dB)	2	2	2	2	P
Interference margin	-2	3.13	2	3.13	Q
Min signal reception strength (dBm)	132.739	126.109	132.232	126.109	R = M-P+Q
Pathloss & shadow fading margin					
Penetration loss (dB)	10	10	11	11	S
Shadow fading margin (dB)	4	4	5	5	T
Max allowed path loss (dB)	142.676	143.817	132.678	133.817	U = R+S-T

Berdasarkan tabel tersebut maka didapatkan nilai MAPL yaitu sebesar 142.676 dB untuk frekuensi 1800 MHz, dan 132.676 dB untuk frekuensi 850 MHz.

3.6.2 Perhitungan Radius Cell

Setelah mendapatkan nilai MAPL, selanjutnya adalah menentukan *radius cell*. Dalam proses perhitungan *radius cell* digunakan 2 buah model propagasi yaitu Cost-231 untuk frekuensi 1800 MHz dan Okumura Hatta untuk frekuensi 850 MHz.

Tabel.3.8 Radius Cell

Propagation model	Cost231-hata	Okumura Hatta		
eNodeB antenna height (m)	30	30	30	30
UE antenna height (m)	1.5	1.5	1.5	1.5
Frequency (Mhz)	1800	1800	850	850
a(km)	0.04297	0.04297	0.01365	0.01365
Cell radius (km)	1.5281132	1.4664646	1.571968	1.691716323

3.6.3 Perhitungan Jumlah Site

Setelah diperoleh nilai *cell radius* untuk setiap frekuensi maka selanjutnya menentukan jumlah *site* untuk perencanaan perluasan jaringan LTE yang akan dilakukan.

Tabel 3.9 Jumlah *Site* Berdasarkan Perencanaan *Coverage*

District	Large District (km ²)	LTE (FDD)		LTE-A (Carrier Aggregation)	
		Cell Coverage (km ²)	Total Site	Cell Coverage (km ²)	Total Site
Leles	73.51	4.55	16	4.82	13
Bayongbong	47.63	4.55	10	4.82	10
Cisurupan	80.88	4.55	18	4.82	17
Tarogong Kidul	19.46	4.55	4	4.82	4
Tarogong Kaler	50.57	4.55	11	4.82	10
Samarang	59.71	4.55	13	4.82	12
Jumlah	331.76		73		69

Berdasarkan tabel 3.9 ditunjukkan jumlah *site* yang diperlukan untuk dilakukan perluasan *coverage area* LTE di daerah kabupaten Garut yang dibagi berdasarkan kecamatan. Jumlah keseluruhan *site* yang diperoleh berdasarkan perhitungan *coverage* untuk LTE FDD adalah sebanyak 73 *site*, sedangkan untuk LTE-A sebanyak 69 *site*. Jumlah *site* yang digunakan untuk simulasi diambil jumlah *site* yang paling banyak hal ini karena untuk mendapatkan kualitas sinyal yang baik. Sehingga untuk LTE FDD sebanyak 88 *site* dan LTE-A 69 *site*.

3.7 Trade Off

Berdasarkan perhitungan perencanaan perluasan berdasarkan *capacity* dan *coverage* yang telah dilakukan didapatkan :

MAPL *Capacity* = 141.2016467 dB

MAPL *Coverage* = 142.6837993 dB

Untuk *trade off* yang diizinkan adalah rentang 0-5 dB karena selisih antara MAPL *capacity* dan MAPL *coverage* yang telah dihitung <5 dB maka perhitungan jumlah *site* yang telah dilakukan dapat digunakan. Adapun Jumlah *site* yang digunakan untuk simulasi diambil jumlah *site* yang paling banyak, hal ini karena untuk mendapatkan kualitas sinyal yang baik. Sehingga untuk LTE (FDD) sebanyak 88 *site* dan LTE-A 69 *site*.

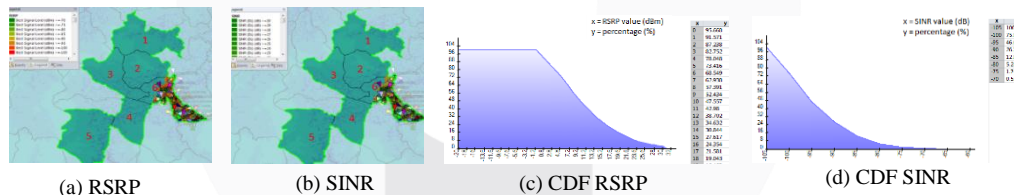
4. Simulasi dan Analisis

4.1 Simulasi Perencanaan Perluasan

Simulasi perencanaan perluasan *coverage area* di kabupaten Garut perlu dilakukan untuk menguji hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Simulasi perencanaan perluasan *coverage* ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Atoll.3.2.1. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan beberapa skenario yaitu simulasi pertama dilakukan berdasarkan data kondisi jaringan awal di kabupaten Garut, simulasi kedua dilakukan berdasarkan perhitungan untuk jaringan LTE (FDD), kemudian simulasi yang ketiga berdasarkan perhitungan untuk jaringan LTE-A (*Carrier Aggregation*) serta penambahan manajemen interferensi SFR (*Soft Frequency Reuse*).

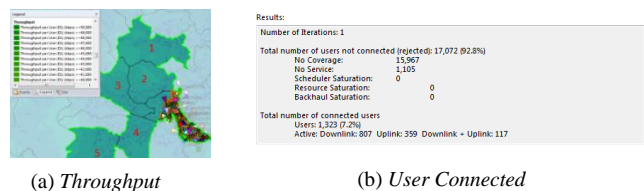
4.2 Simulasi Kondisi Awal

Daerah yang dilakukan perluasan berjumlah 6 kecamatan yaitu : kecamatan Leles (1), kecamatan Tarogong Kaler (2), kecamatan Samarang (3), kecamatan Bayongbong (4), kecamatan Cisurupan (5), dan kecamatan Tarogong Kidul (6). Berikut gambar 4.1 menunjukkan hasil simulasi kondisi jaringan awal di daerah kabupaten Garut untuk parameter RSRP dan SINR.



Gambar 4.1 Kondisi Awal Jaringan LTE Parameter RSRP dan SINR

Berdasarkan gambar 4.1 diatas ditunjukkan bahwa di daerah tersebut masih terdapat *blank spot* di beberapa kecamatan yang ditandai dengan nomor 1,2,3,4,5, dan 6. Nilai RSRP rata-rata -90.37 dBm dan nilai SINR rata-rata 10.88 dB. Kemudian persentase RSRP >-100 dBm yaitu 75,067% dan persentase SINR >-5 dB yaitu 73.416 %. Nilai ini belum memenuhi memenuhi standar KPI untuk operator yaitu persentase RSRP>-100dBm yaitu 90% dan persentase SINR >5dB yaitu 90%. Oleh sebab itu, perlu adanya perluasan *coverage area* LTE di daerah kabupaten Garut. Parameter uji selanjutnya adalah *throughput* dan *user connected*. Berikut gambar 4.2 menunjukkan *throughput* dan *user connected* hasil simulasi kondisi jaringan LTE awal.



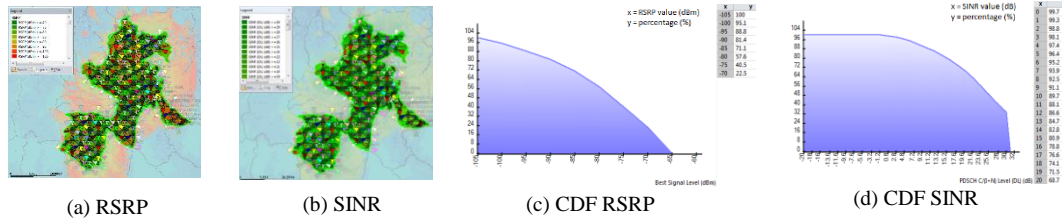
Gambar 4.2 Kondisi Awal Jaringan LTE Parameter *Throughput* dan *User Connected*

Berdasarkan gambar 4.2 hasil simulasi *throughput* kondisi jaringan pada kondisi awal rata-rata *throughput* per-user sebesar 17,580 Mbps dan nilai persentase *user* yang gagal terkoneksi adalah 92,8 % dengan rincian 15.967 *user* tidak terdapat cakupan sinyal, 1.105 *user* tidak mendapat layanan. Sedangkan persentase *user* yang berhasil terkoneksi (*user connected*) adalah 7,2 % yaitu *downlink* 807 *user*, *uplink* 359 *user*, kemudian *uplink* dan *downlink* 117 *user*.

4.3 Simulasi Setelah Perluasan

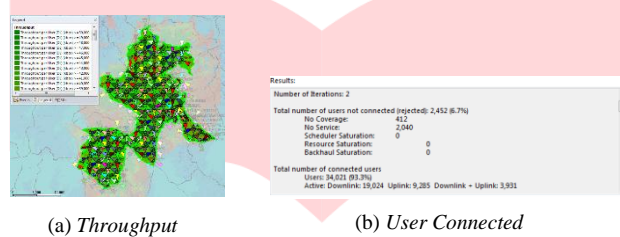
4.3.1 Simulasi LTE (FDD)

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya jumlah *site* pada perencanaan perluasan *coverage area* didapatkan 88 *site* untuk LTE (FDD).



Gambar 4.3 Hasil Simulasi Perluasan LTE (FDD) Parameter RSRP dan SINR

Pada gambar 4.3 terlihat telah terjadi perluasan *coverage area* pada beberapa kecamatan di daerah tersebut. Kuat level daya atau RSRP rata-rata setelah dilakukan perluasan yaitu -65,91 dBm. Sedangkan kualitas sinyal atau SINR rata-rata setelah dilakukan perluasan yaitu 18,02 dB. Kemudian persentase RSRP >-100 dBm yaitu 95,1% dan persentase SINR >5 dB yaitu 96,4%. Nilai ini telah memenuhi standar KPI untuk operator yaitu persentase RSRP>-100dBm yaitu 90% dan persentase SINR >5dB yaitu 90%.

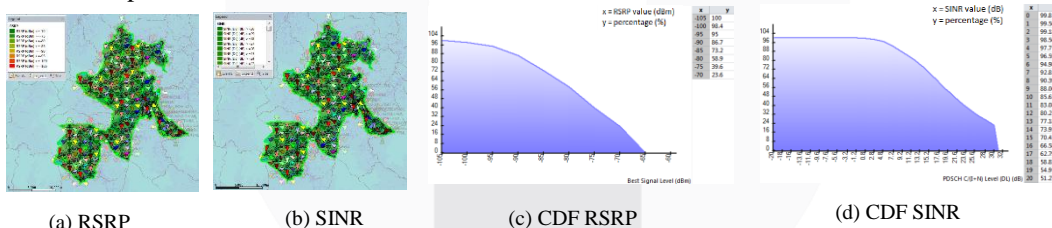


Gambar 4.4 Hasil Simulasi Perluasan LTE (FDD) Parameter *Throughput* dan *User Connected*

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa hasil simulasi *throughput* LTE (FDD) didapatkan rata-rata *throughput* per-user sebesar 24,962 Mbps dan persentase *throughput* > 12 Mbps yaitu 89,7%. Nilai ini telah memenuhi standar KPI operator *throughput* > 12 Mbps. Kemudian untuk persentase *user* yang gagal terkoneksi adalah 6,7% dengan rincian 412 *user* tidak terdapat cakupan sinyal dan 2,040 *user* tidak mendapat layanan. Sedangkan persentase *user* yang berhasil terkoneksi adalah 93,3% yaitu *downlink* 19.024 *user*, *uplink* 9.285 *user*, kemudian *uplink* dan *downlink* 3.931 *user*.

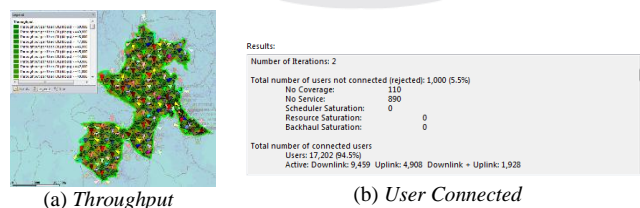
4.3.2 Simulasi LTE-A (Carrier Aggregation) dan SFR

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya jumlah *site* pada perencanaan perluasan *coverage area* untuk LTE –A (*Carrier Aggregation*) dan SFR didapatkan 69 *site*.



Gambar 4.5 Hasil simulasi perluasan LTE-A (*Carrier Aggregation*) serta SFR parameter RSRP dan SINR

Pada gambar 4.5 terlihat RSRP rata-rata setelah dilakukan perluasan LTE-A (*Carrier Aggregation*) serta SFR -48,88 dBm dan SNR 22,5 dB. Kemudian persentase RSRP>-100 dBm adalah 98,4% dan persentase SINR > 5 dB adalah 96,59%. Nilai ini telah memenuhi standar KPI untuk operator yaitu persentase RSRP>-100dBm yaitu 90% dan persentase SINR >5dB yaitu 90%.



Gambar 4.6 Hasil simulasi perluasan LTE-A (*Carrier Aggregation*) serta SFR parameter *Throughput* dan *User Connected*

Pada gambar 4.6 didapatkan rata-rata *throughput* per-user sebesar 28,923 Mbps. Nilai tersebut lebih besar dan telah terjadi peningkatan jika dibandingkan dengan hasil simulasi LTE (FDD). Nilai ini juga telah memenuhi standar KPI yaitu >12 Mbps. Kemudian persentase *user* yang gagal terkoneksi adalah 5,5% dengan rincian 110 *user* tidak terdapat cakupan sinyal dan 890 *user* tidak mendapat layanan. Sedangkan persentase *user* yang berhasil terkoneksi adalah 94,5% yaitu *downlink* 9.459 *user*, *uplink* 4.908 *user*, kemudian *uplink* dan *downlink* 1,928 *user*.

4.4 Analisis Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan berikut tabel 4.1 menunjukkan hasil akhir perluasan *coverage area* LTE di kabupaten Garut.

Tabel 4.1 Hasil Akhir Simulasi Perluasan *Coverage Area* LTE di Kabupaten Garut

No.	Parameter	Kondisi LTE Awal	LTE (FDD)	LTE-A (Carrier Aggregation) dan SFR
1	RSRP (dBm)	-92,37	-65,91	-48,88
2	SINR (dB)	10,88	18,02	22,5
3	Throughput (Mbps)	17,580	24,962	28,923
4	User Connected (%)	7,2 %	93,3%	94,5%
5	Jumlah Site (site)	15	88	69
6	Luas Cakupan (km ²)	27,71	331,76	331,76
7	Persentase (%)	7,70857	92,291429	92,291429
8	Jumlah Site Kumulatif (site) (Kondisi Awal + Perencanaan)	15	103	84
9	Luas Cakupan Kumulatif (km ²) (Kondisi Awal + Perencanaan)	27,71	359,47	359,47
10	Persentase Luas Cakupan Kumulatif (%) (Kondisi Awal + Perencanaan)	7,70857	100	100

Pada tabel 4.1 ditunjukkan nilai parameter hasil akhir dari simulasi perencanaan perluasan yang telah dilakukan. Berdasarkan hasil simulasi perluasan *coverage area* yang telah dilakukan, sebagai rekomendasi bagi operator, yang lebih baik untuk diimplementasikan di daerah Garut adalah perluasan *coverage area* menggunakan LTE-A (*Carrier Aggregation*) dan SFR. Hal ini dikarenakan pertimbangan efisiensi biaya untuk jumlah *site* yang dibangun lebih sedikit yaitu sebanyak 69 *site*, serta performansi jaringan yang lebih baik dari sisi *coverage* dengan RSRP rata-rata -48,88 dBm, serta kualitas jaringan yang lebih baik dengan SINR rata-rata 22,5 dB, *throughput* 28,923 Mbps, dan *user connected* 94,5%. Perluasan *coverage area* di daerah Garut menggunakan LTE-A (*Carrier Aggregation*) dan SFR menjadi solusi efektif dalam memanfaatkan *bandwidth* 5 MHz pada *band* 5 (850 MHz), dan *bandwidth* 10 MHz pada *band* 3 (1800 MHz), sehingga dapat mengoptimalkan spektrum frekuensi yang terbatas.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan mengenai perencanaan perluasan *coverage area* LTE di daerah kabupaten Garut, yaitu :

1. Kebutuhan jumlah *site* untuk perluasan *coverage area* LTE di daerah kabupaten Garut yaitu 88 *site* untuk perluasan menggunakan LTE (FDD) dan 69 *site* untuk perluasan menggunakan LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan SFR. Hasil simulasi perluasan *coverage area* di daerah Garut menggunakan LTE (FDD), didapatkan nilai parameter RSRP rata-rata -65,91 dBm, SINR rata-rata 18,02 dB, *throughput* 24,962 Mbps, dan *user connected* 93,3%. Sedangkan hasil simulasi perluasan *coverage area* di daerah Garut menggunakan LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan SFR, didapatkan nilai parameter RSRP rata-rata -48,88 dBm, SINR rata-rata 22,5 dB, *throughput* 28,923 Mbps, dan *user connected* 94,5%. Nilai-nilai parameter tersebut telah memenuhi standar KPI operator. Hasil simulasi perluasan *coverage area* di daerah Garut, didapatkan peningkatan *coverage area* sebesar 331,76 km² (92,291429%) menggunakan LTE (FDD) maupun LTE-A (*Carrier Aggregation*) yang dikombinasikan dengan SFR dibandingkan dengan kondisi awal sebesar 27,71 km² (7,70857%).
2. Perluasan *coverage area* LTE yang lebih baik untuk diimplementasikan di daerah Garut adalah perluasan *coverage area* menggunakan LTE-A (*Carrier Aggregation*) dan SFR. Hal ini dikarenakan pertimbangan penghematan biaya untuk jumlah *site* yang dibangun lebih sedikit yaitu sebanyak 69 *site*, serta performansi jaringan yang lebih baik dari sisi *coverage* dengan RSRP rata-rata -48,88 dBm, serta kualitas jaringan yang lebih baik dengan SINR rata-rata 22,5 dB, *throughput* 28,923 Mbps, dan *user connected* 94,5%.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penggunaan *software* yang lain dalam perencanaan perluasan *coverage area* LTE ini seperti Genex Unet, TCP (*Tems Cell Planner*), dan sebagainya. Kemudian perlu adanya analisis lebih mendalam mengenai penggunaan manajemen interferensi lain seperti FFR (*Fractional Frequency Reuse*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 4G.Americas .2014. LTE-Advanced Carrier Aggregation.
- [2] Ramania.2017.Analisis Perencanaan LTE Release 12 Menggunakan Tri-Band Carrier Aggregation Deployment Scenario di Kota Bandung. Bandung. Telkom University
- [3] Cuihong. Han. 2010. ZTE. Progress of 3G Evolution Technologies.
- [4] Usman, uke kurniawan dkk. 2012. Fundamental Teknologi Seluler LTE. Bandung. Rekayasa Sains
- [5] 4G.Americas. 2014. LTE Carrier Aggregation Technology Development and Development World Wide. 4G Americas
- [6] Mubarak, Arif . 2016. Perencanaan Jaringan LTE-Advanced Menggunakan Metode Inter-Band Carrier Aggregation Di Kota Bandung. Bandung. Telkom University.
- [7] Huawei technologies Co.Ltd.2010.LTE Cell Planning
- [8] Huawei technologies Co.Ltd.2013.LTE Cell Planning
- [10] Rohde & Schwarz. (2015). LTE-Advanced Carrier Aggregation
- [11] http://www.garutkab.go.id/galleries/pdf/link/sosbud/Penduduk_Menurut_Kelompok_Uusia_2013.pdf [di akses tanggal 7 Desember 2017]
- [12] http://www.garutkab.go.id/pub/static_menu/detail/sekilas_wiladmin [di akses tanggal 7 Desember 2017]