

ANALISA PERENCANAAN PERLUASAN COVERAGE AREA LTE DI KABUPATEN GARUT

Ryan Rasyid Yusuf¹, Uke Kurniawan Usman², Yuyun Siti Rohmah³

^{1, 2, 3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{1, 2, 3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ryanrasyidy@student.telkomuniversity.ac.id,²ukeusman@telkomuniversity.ac.id,

³yuyunsitirohmah@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 didatangi 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. Pada penelitian 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 this paper, 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%.

Key Words: 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 [1]. 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 ($RSRP > -100\text{dBm}$), kualitas sinyal yang kurang baik ($SINR > -20\text{ dB}$), 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).

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* 20 Mhz. Selain itu LTE mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik, *voice*, *data*, *video*, maupun IP-TV [2].

2.2 Long Term Evolution-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 antenna* (MIMO), penggunaan *carrier aggregation*, dan penambahan *relay nodes* [3].

2.3 Carrier Aggregation

Untuk mencapai *peak data rate* yang disyaratkan oleh IMT-Advanced, 3GPP LTE Rilis 10 telah memperkenalkan carrier aggregation (CA). CA adalah

teknologi yang memungkinkan jaringan 4G berjalan di dua frekuensi berbeda serta dapat menggabungkan beberapa Component Carriers (CC) agar tercapai *peak data rate*. CC dapat memiliki *bandwidth* 1,4, 3, 5, 10, 15 atau 20 MHz dan maksimal lima CC dapat digabungkan, maka *bandwidth* maksimum adalah 100 MHz [4].

2.4 Perencanaan Berdasarkan Kapasitas

Perencanaan berdasarkan kapasitas dilakukan untuk melakukan perencanaan yang mengutamakan terpenuhinya kebutuhan trafik pengguna. Data estimasi jumlah pelanggan di beberapa kecamatan di daerah Garut didapatkan dari Badan Pusat Statistika untuk daerah kabupaten Garut.

Terdapat persamaan yang digunakan untuk melakukan perencanaan perluasan berdasarkan kapasitas yaitu:

$$\frac{T}{S} = ST \times SDR \times BR \times \left[\frac{1}{(1 - BLER)} \right] \quad (1)$$

$$SUT = \frac{\sigma \left(\frac{T}{S} \times BHSA \times P \times (1 + PAPR) \right)}{3600} \quad (2)$$

$$NT(P) = SUT \times \text{Total Target User} \quad (3)$$

$$NT(MAC) = \frac{ULNT}{0,98} \quad (4)$$

$$DLCC + CRC = (168 - 36 - 12) \times CB \times CR \quad (5)$$

$$\times N \times C \times 1000 \quad (6)$$

$$DLCC + CRC = (168 - 36 - 12) \times CB \times CR \quad (7)$$

$$\times N \times C \times 1000 \quad (8)$$

$$ULCC + CRC = (168 - 24) \times CB \times CR \quad (9)$$

$$\times N \times C \times 1000 \quad (10)$$

$$\frac{\text{Capacity}}{\text{site}} = 3 \times \text{Cell Average Throughput} \quad (11)$$

$$\text{Number Site} = \frac{NT}{\sqrt{\frac{\text{Capacity}}{\text{Site}}}} \quad (12)$$

$$\text{Cell 3 Sector} = \sqrt{\frac{\text{Cell Coverage}}{2,6 \times 1,95}} \quad (13)$$

Keterangan:

T/S	= Throughput/ Session (kbit)
SDR	= Session Duty Ratio
BR	= Bearer Rate (kbps)
DLCC	= Downlink Cell Capacity (kbps)
ULCC	= Uplink Cell Capacity (kbps)
SUT	= Single User Throughput (kbps)
N	= Number of Resource Block
C	= Transmitter
PAPR	= Peak Average Power Ratio (%)
NT(IP)	= Network Throughput (kbps)
NT(MAC)	= Network Throughput MAC Layer (kbps)

2.5 Perencanaan Berdasarkan Coverage

Perencanaan berdasarkan *coverage* merupakan metode perencanaan jaringan seluler untuk memastikan jaringan dapat memberikan layanan/*signal* pada seluruh daerah tinjauan.

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

$$MAPL = (EIRP/Sc) - MSR - PL - SFM \quad (14)$$

$$\frac{EIRP}{Sc} = PSc + T \times AG - T \times CL - BL \quad (15)$$

$$MSR = SR_x - R_xAG + R_xCL + R_xBL + M \quad (16)$$

$$Psc = PT_x - 10\log(NSc) \quad (17)$$

$$SR_x = \left(\frac{TN}{Sc}\right) + NFeNodeB + SINR \quad (18)$$

$$\frac{TN}{Sc} = 10\log(K_x T_x W) \quad (19)$$

$$\sigma_{LTE} = \frac{\text{Total Wide Area}}{\text{Wide of Cell}} \quad (20)$$

$$(21)$$

Keterangan:

- MAPL = *Maximum Allowable Pathloss* (dB)
- EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)
- PTx = *Power Transmitter* (dBm)
- PSc = *Power of Subcarrier*
- Tx = *Transmitter*
- Rx = *Receiver*
- Sc = *Subcarrier*
- Nsc = *Number of subcarrier*
- MSR = *Minimum Signal Strength* (dBm)
- PL = *Penetration Loss* (dB)
- AG = *Antenna Gain* (dBi)
- CL = *Cable Loss* (dB)
- BL = *Body Loss* (dB)
- TN = *Thermal Noise* (dB)
- NF = *Noise Figure* (dB)
- K = *Boltzman Constant*
- T = *Temperature* (K)
- W = *Bandwidth* (Hz)

2.6 Model Propagasi

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

Persamaan Okumura Hatta:

$$Lu = 69,55 + 26,16\log f - 13,82\log hb - Ch + [44,9 - 6,55\log hb]\log d \quad (22)$$

$$Ch = (1,1\log f - 0,7)hr - (1,56\log f - 0,8) \quad (23)$$

Tabel 1. Target KPI untuk Tiap Parameter

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

Persamaan Cost-231:

$$a(hm) = (1,1\log f - 0,7)hr - (1,56\log f - 0,8) \quad (24)$$

$$PL = 46,3 + 33,9(\log f) - 13,82\log hb - a(hm) + (44,9 - 6,55\log hb)\log d + Cm \quad (25)$$

2.7 Soft Frequency Reuse (SFR)

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* [5] [6].

2.8 Key Performance Indicator (KPI)

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.

3. Tahap Perencanaan Perluasan

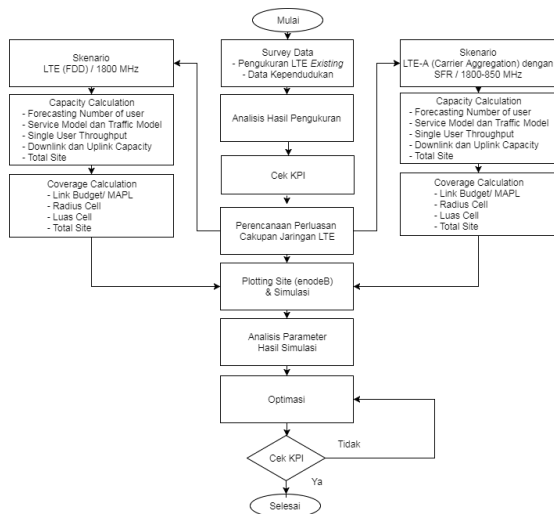
3.1 Alur Perencanaan Perluasan Coverage Area LTE

3.2 Pengukuran Kondisi Jaringan LTE Awal

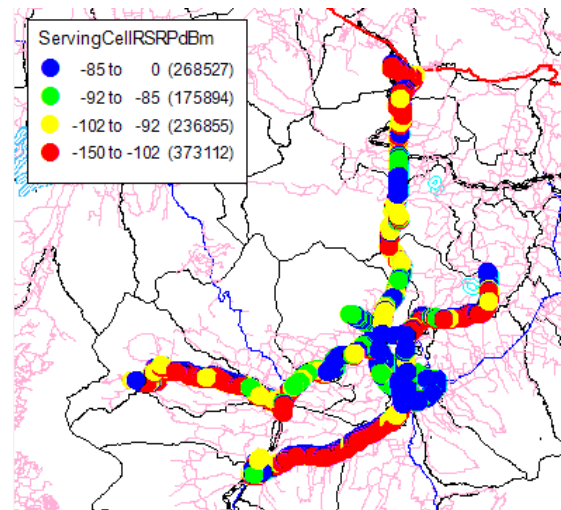
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa jaringan LTE belum sepenuhnya terdistribusi secara merata ke setiap kecamatan. Daerah yang telah terdapat jaringan LTE berada di kecamatan Garut kota. Adapun nilai RSRP di beberapa kecamatan selain Garut Kota yaitu berada pada kisaran -102 dBm sampai -150 dBm dengan nilai SINR berkisar 0 sampai -20 dB. Hal ini membuktikan bahwa di kecamatan tersebut belum terdapat jaringan LTE (*blank spot*).

3.3 Skenario Perencanaan Perluasan

Pada penelitian ini, perencanaan perluasan 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



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan Perencanaan Perluasan Coverage LTE



Gambar 2. Hasil *drivetest* parameter RSRP dan SINR

coverage area LTE-A (Carrier Aggregation) menggunakan frekuensi 1800-850 MHz dengan bandwidth total 15 MHz.

3.4 Perencanaan Perluasan Berdasarkan kapasitas

3.4.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

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

3.4.2 Service Model dan Traffic Model

Service model adalah acuan jumlah minimal throughput agar pelanggan dapat mengakses layanan. Traffic model adalah model trafik yang dijadikan acuan untuk menghitung single user throughput untuk setiap layanan. Beberapa kecamatan yang akan dilakukan perluasan tergolong kedalam bentuk morfologi sub urban.

3.4.3 Single User Throughput

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

3.4.4 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).

3.4.5 Radio Overhead

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

3.4.6 Distribusi Rata-rata SINR

Tabel distribusi SINR digunakan untuk menghitung kapasitas sel dan kapasitas site dari sisi uplink maupun downlink. Berikut Tabel 6 menunjukkan distribusi SINR dan kapasitas untuk frekuensi 1800 MHz, 850 MHz, dan 1800-850 MHz.

Berdasarkan Tabel 6 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.

3.4.7 Perhitungan Jumlah Site

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas maka didapatkan jumlah site seperti pada Tabel 9 berikut ini. Berdasarkan pada Tabel 9 didapatkan jumlah site untuk LTE (FDD) sebanyak 88 site, sedangkan untuk LTE-A (Carrier Aggregation) sebanyak 15 site. Jumlah site yang digunakan untuk dilakukan simulasi diambil, jumlah site yang paling banyak hal ini didasarkan untuk mendapatkan kualitas coverage yang lebih baik.

Tabel 2. Service Model dan Traffic Model

Trafik Parameter	Uplink	Downlink	Sub Urban	BHSA
	Throughput/Session (kbps)	Throughput/Session (kbps)	Traffic Penetration	
VoIP	869,49	869,49	100%	1,9
Video Phone	4421,31	4421,31	35%	0,45
Video Convergence	113690,91	113690,91	17%	0,33
Real Time Gaming	11367,27	90952,73	40%	1,37
Streaming Media	5683,64	864016,36	20%	3,05
IMS Signalling	22,10	22,10	40%	4
Web Browsing	5684,55	22737,27	100%	3,5
File Transfer	85272,73	454751,52	30%	0,2
Email	7106,06	37895,96	55%	0,45
P2P File Sharing	303151,52	909503,03	26%	0,4

Tabel 3. Service Model dan Traffic Model

Traffic	Total	Single User Throughput (Kbps)
UL	84432,57	23,4535
DL	883559,01	245,4331

3.5 Perencanaan Perluasan Berdasarkan Coverage.

3.5.1 Maximum Allowable Pathloss (MAPL)

Maximum Allowable Pathloss (MAPL) adalah nilai maksimum loss yang diizinkan. MAPL dihitung di sisi *uplink* dan *downlink*, sehingga ketika pelanggan mengalami *loss* lebih kecil daripada nilai MAPL yang telah diperhitungkan, maka pelanggan masih dapat mengakses layanan.

Berdasarkan pada Tabel 10 maka didapatkan nilai MAPL yaitu sebesar 142,676 dB untuk frekuensi 1800 MHz, dan 132,676 dB untuk frekuensi 850 MHz.

3.5.2 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.

3.5.3 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 4. 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 (IP) (Kbps)	837547,6	8764659,9	376898,63	3944109,2
Network Throughput (IP) (Mbps)	837,55	8764,66	3768,99	3944,11

Tabel 5. 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

Berdasarkan Tabel 12 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*.

3.6 Trade Off

Berdasarkan perhitungan perencanaan perluasan berdasarkan *capacity* dan *coverage* yang telah dilakukan didapatkan : MAPL Capacity = 141.2016467 dB
MAPL Coverage = 142.6837993 dB

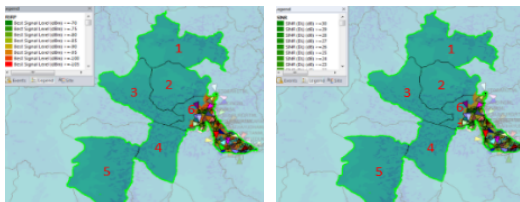
Untuk *trade off* yang diizinkan adalah rentang 0-5 dB karena selisih antara MAPL capacity dan MAPL *coverage* yang telah dihitung <5 dB maka perhitungan jumlah *site* yang telah dilakukan dapat digunakan. Adapun Jumlah *site* yang digunakan untuk simulasi diambil jumlah *site* yang paling banyak, hal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

Tabel 6. Distribusi SINR dan Kapasitas Per Site 1800 MHz

Modulation	Code bit	Code rate	SINR (dB)	SINR (Pn)	DL Cell (Mbps)	UL Cell (Mbps)
QPSK 1/3	2	0,3	-1,5 -0,3	0,28	4,032	2,4192
QPSK 1/2	2	0,5	0,3-2	0,25	6	3,6
QPSK 2/3	2	0,67	2-4,5	0,17	5,4672	3,2803
16 QAM 1/2	4	0,5	4,5-6	0,13	6,24	3,744
16 QAM 2/3	4	0,67	6-8,5	0,1	6,432	3,8592
16 QAM 4/5	4	0,8	8,5-10,8	0,05	3,84	2,304
64 QAM 1/2	6	0,5	10,8-12,5	0,01	0,72	0,423
64 QAM 2/3	6	0,67	12,5 - 13,5	0,01	0,9648	0,5789
Cell Average Throughput $=\sum P_n \times R_n$					33,696	20,2176
Capacity per site					101,087	60,6527

Tabel 7. Distribusi SINR dan Kapasitas Per Site 850 MHz

Modulation	Code bit	Code rate	SINR (dB)	SINR (Pn)	DL Cell (Mbps)	UL Cell (Mbps)
QPSK 1/3	2	0,3	-1,5 - 0,3	0,29	2,088	2,5056
QPSK 1/2	2	0,5	0,3 - 2	0,27	3,24	3,888
QPSK 2/3	2	0,67	2 - 4,5	0,19	3,0552	3,6662
16 QAM 1/2	4	0,5	4,5 - 6	0,15	3,6	4,32
16 QAM 2/3	4	0,67	6 - 8,5	0,14	4,5024	5,4029
16 QAM 4/5	4	0,8	8,5 - 10,8	0,09	3,456	4,1472
64 QAM 1/2	6	0,5	10,8 - 12,5	0,06	2,16	2,592
64 QAM 2/3	6	0,67	12,5 - 13,5	0,05	2,412	2,8944
Cell Average Throughput $=\sum P_n \times R_n$					24,5136	29,4163
Capacity per site					73,5407	88,2489



(a) RSRP (b) SINR

Gambar 3. Kondisi Awal LTE Parameter (a) RSRP dan (b) SINR

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 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).

Berdasarkan Gambar 3 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 standar

KPI untuk operator. Oleh sebab itu, perlu adanya perluasan *coverage area* LTE di daerah kabupaten Garut. Parameter uji selanjutnya adalah *throughput* dan *user connected*.

Berdasarkan Gambar 4 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 %, sedangkan persentase *user* yang berhasil terkoneksi (*user connected*) adalah 7,2 %.

4.2 Simulasi Setelah Perluasan

4.2.1 Simulasi LTE (FDD)

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

Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa 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.

Pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa hasil simulasi

Tabel 8. Distribusi SINR dan Kapasitas Per Site 1800-850 MHz

Modulation	Code bit	Code rate	SINR (dB)	SINR (Pn)	DL Cell (Mbps)	UL Cell (Mbps)
QPSK 1/3	2	0,3	-1,5	0,31	6,696	4,0176
QPSK 1/2	2	0,5	0,3	0,39	14,04	8,424
QPSK 2/3	2	0,67	2 - 4,5	0,2	9,648	5,7888
16 QAM 1/2	4	0,5	4,5 - 6	0,17	12,24	7,344
16 QAM 2/3	4	0,67	6 - 8,5	0,16	15,4368	9,2621
16 QAM 4/5	4	0,8	8,5 - 10,8	0,09	10,368	6,2208
64 QAM 1/2	6	0,5	10,8 - 12,5	0,08	8,64	5,184
64 QAM 2/3	6	0,67	12,5 - 13,5	0,07	10,1304	6,0782
Cell Average Throughput $=\sum P_n \times R_n$					87,1992	52,3195
Capacity per site					261,597	156,958

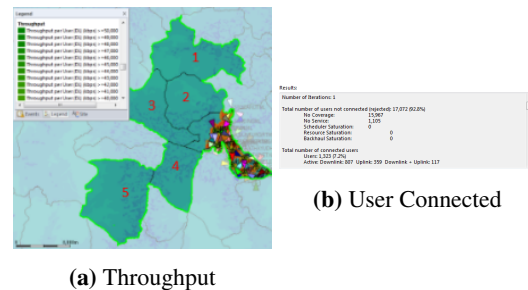
throughput LTE (FDD) didapatkan rata-rata throughput per-user sebesar 24,962 Mbps dan persentase throughput > 12 Mbps yaitu 89,7% . Nilai ini telah memenuhi standar KPI operator. Kemudian untuk persentase user yang gagal terkoneksi adalah 6,7 %, sedangkan persentase user yang berhasil terkoneksi adalah 93,3%.

4.2.2 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. Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa 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. Pada Gambar 8 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. Kemudian persentase user yang gagal terkoneksi adalah 5,5%, sedangkan persentase user yang berhasil terkoneksi adalah 94,5%.

Tabel 9. Jumlah Site Berdasarkan Capacity

Item	LTE		LTE-A (Carrier Aggregation)	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Coverage Area (km ²)	331,76		331,76	
User	35711		16070	
SUT (Kbps)	23,4535	245,4331	23,4535	245,4331
Network Throughput (Mbps)	854,2918	8939,8816	384,43	4022,96
Cell Average Throughput (Mbps)	20,2176	33,696	52,3195	87,1992
Site Capacity (Mbps)	60,6528	101,088	156,9585	261,5976
Number of Site	14	88	2	15
Cell Coverage (km ²)	23,5542	3,7513	135,4530	21,5730
Cell Radius (km ²)	3,4754	1,3870	8,3344	3,3261

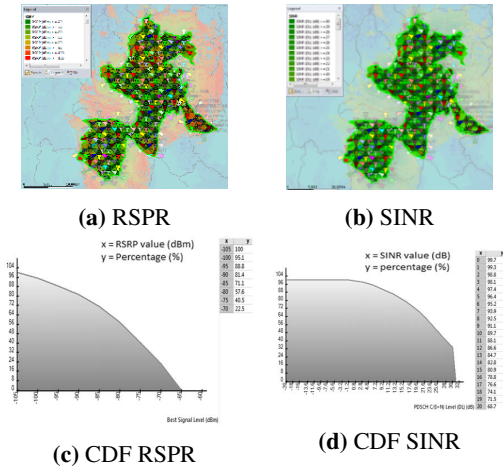


Gambar 4. Kondisi Awal LTE Parameter (a)Throughput dan (b) User Connected

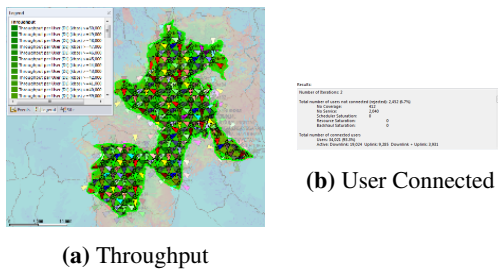
4.3 Analisis Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan berikut Tabel 13 menunjukkan hasil akhir perluasan coverage area LTE di kabupaten Garut.

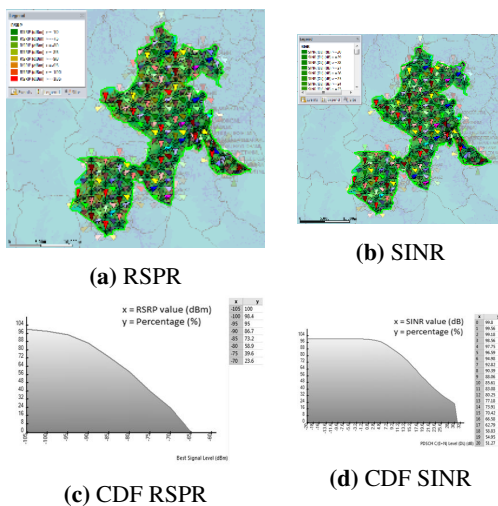
Berdasarkan hasil simulasi perluasan coverage area yang telah dilakukan, sebagai rekomendasi bagi operator, yang lebih baik untuk di implementasikan di daerah Garut adalah perluasan coverage area menggunakan LTE-A (Carrier Aggregation) dan SFR. Hal ini dikarenakan pertimbangan efisiensi biaya untuk jumlah 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 mengefisiensi spektrum frekuensi yang terbatas.



Gambar 5. Hasil Simulasi Perluasan LTE (FDD) Parameter RSRP dan SINR



Gambar 6. Hasil Simulasi Perluasan LTE (FDD) Parameter Throughput dan User Connected



Gambar 7. Hasil Simulasi Perluasan LTE (FDD) Parameter RSRP dan SINR

Table 10. Maximum Allowable Pathloss (MAPL) [6]

Link budget for MAPL & Cell radius calculation					
Morphology	Sub Urban		Sub Urban		Formula
	UL	DL	UL	DL	
Duplex mode	FDD				
Carrier frequency (MHz)	1800 ; 850				
Transmitter	UE	ENodeB	UE	eNodeB	
Max total Tx power (dBm)	23	43	23	46	A
RB 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
EIRP per subcarrier (dBm)	7,437	28,708	7,437	28,708	J = E+G-H
Receiver	ENodeB	UE	eNodeB	UE	
SINR (dB)	-6	-5	-6	-5	K
Rx noise figure (dB)	2	3	2	3	L
Receiver sensitivity (dBm)	-136,239	-134,239	-136,239	-134,239	M = K+L-174+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)	-132,23	-129,10	-132,23	-129,10	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)	142,67	143,81	132,67	133,81	U = J+N-R-S-T

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

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.
2. 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

Tabel 11. Radius Cell

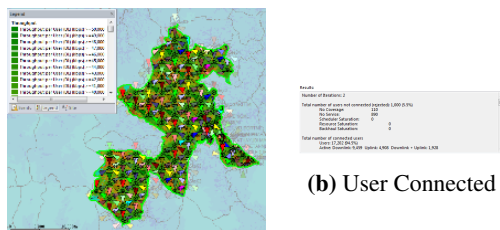
Propagation model	Cost231-hata		Okumurra Hatta	
eNodeB antenna height (m)	30	30	30	30
UE antenna height (m)	1,5	1,5	1,5	1,5
Frequency (Mhz)	1800	1800	850	850
a(Hr)	0,04297	0,04297	0,01365	0,01365
Cell radius (km)	1,5281132	1,6464646	1,571968	1,693716323

Tabel 12. 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	15
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

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%).
- Penggunaan fitur carrier aggregation pada band 3 (1800 MHz) dengan bandwidth 10 MHz dan band 5 (850 MHz) dengan bandwidth 5 MHz baik untuk meningkatkan nilai RSRP, SINR, throughput, dan user connected. Sedangkan penggunaan fitur SFR,



(a) Throughput

(b) User Connected

Gambar 8. Hasil simulasi perluasan LTE-A (Carrier Aggregation) serta SFR parameter (a) Throughput dan (b) User Connected

Tabel 13. Hasil Akhir Simulasi Perluasan Coverage LTE di Kabupaten Garut

No.	Parameter	Kondisi LTE Awal	LTE (FDD)	LTE-A (Carrier Aggregation) dan SFR
1	RSRP (dBm)	-90,37	- 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 + Perluasan)	15	103	84
9	Luas Cakupan Kumulatif (km ²) (Kondisi Awal + Perluasan)	27,71	359,47	359,47
10	Persentase Luas Cakupan Kumulatif (%) (Kondisi Awal + Perluasan)	7,70857	100	100

baik untuk meminimalisir interferensi di cell center maupun di cell edge sehingga kualitas jaringan tetap terjaga.

- 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 dan performansi jaringan yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] N. Fathimah, A. Fahmi, and U. K. Usman, "Analisis perencanaan perluasan coverage area pada jaringan lte di area kabupaten bandung barat," *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [2] D. W. Saputra, U. K. Usman, and L. Meylani, "Analisis perencanaan LTE-advanced dengan metoda carrier aggregation inter-band non-contiguous dan intra-band non-contiguous di kota bandar lampung," *eProceedings of Engineering*, vol. 2, no. 2, 2015.

- [3] U. K. Usman, G. Prihatmoko, D. K. Hendraningrat, and S. D. Purwanto, "Fundamental teknologi seluler lte," *Bandung, Indonesia: Rekayasa Sains*, 2012.
- [4] H. Hendra Lesmana Sakti, "Perencanaan jaringan lte-advanced dengan metode carrier aggregation (ca) intra-band contiguous di kota bandung," Ph.D. dissertation, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2016.
- [5] "LTE cell planning," *Huawei Technologies*, 2010.
- [6] "LTE cell planning," *Huawei Technologies*, 2013.