

**PERANCANGAN DAN ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN LTE-ADVANCED
MENGUNAKAN FITUR CARRIER AGGREGATION DI KOTA BANDUNG
*PLANNING AND PERFORMANCE ANALYSIS OF LTE-
ADVANCED NETWORK USING CARRIER
AGGREGATION METHOD IN BANDUNG CITY***

Zulyano Rizqullah¹, Ir. Uke Kurniawan Usman, M.T.², Zulfi S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Email: r.zulyano@gmail.com, usman.uke@gmail.com, zulfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penerapan teknologi jaringan seluler Long Term Evolution (LTE) di Indonesia saat ini sudah cukup merata, terutama di Kota Bandung. Namun, penerapan jaringan LTE ini dirasa kurang optimal dikarenakan jaringan ini beroperasi pada frekuensi 900 MHz, yang mana pada frekuensi ini juga beroperasi jaringan seluler 2G. Hal ini menyebabkan terbatasnya bandwidth yang dapat dipakai oleh jaringan LTE sehingga berdampak pada jumlah user yang dapat dilayani pada suatu waktu. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan teknologi dari 3GPP yang dinamakan LTE-Advanced yang mendukung fitur carrier aggregation (CA). Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan jaringan seluler LTE-Advanced menggunakan metode inter-band CA pada bandwidth 20 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan bandwidth 20 MHz pada frekuensi 2300 MHz. Perancangan dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu *coverage planning* dan *capacity planning* di Kota Bandung dengan operator yang digunakan adalah Telkomsel. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perencanaan sebuah jaringan LTE-Advanced dengan menggunakan fitur *carrier aggregation*, untuk mendapatkan jaringan LTE-Advanced yang sesuai dengan *Key Performance Indicator* yang ditentukan. Parameter analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah: jumlah sel, *throughput*, *received signal reference power* (RSRP), *signal interference noise ratio* (SINR), dan *user connected*.

Kata kunci : LTE-Advanced, Carrier Aggregation, Coverage Planning, Capacity Planning.

Abstract

Long Term Evolution application in Indonesia is already distributed equally, especially in Bandung City. However, the application of LTE network is not yet optimal because LTE network is operated in 900 MHz frequency, which is also used by 2G network. This phenomenon caused the bandwidth which used in LTE network is limited and that makes the number of user that can be served is reduced. To resolve that matter, a technology from 3GPP is used which named LTE-Advanced that supports Carrier Aggregation (CA) method. In this final project, a planning of LTE-Advanced network that use inter-band CA in 1800 MHz frequency and 2300 MHz with 20 MHz bandwidth each was done. The planning was done with two methods, coverage planning and capacity planning in Bandung City with Telkomsel provider. The purpose of this experiment is to make an LTE-Advanced network with CA method to get an LTE-Advanced network that suitable within Key Performance Indicator that has been determined. Analysis parameter used in this experiment is: cell amount, throughput, received reference power (RSRP), signal interference noise ratio (SINR), and user connected.

Keywords: LTE-Advanced, Carrier Aggregation, Coverage Planning, Capacity Planning

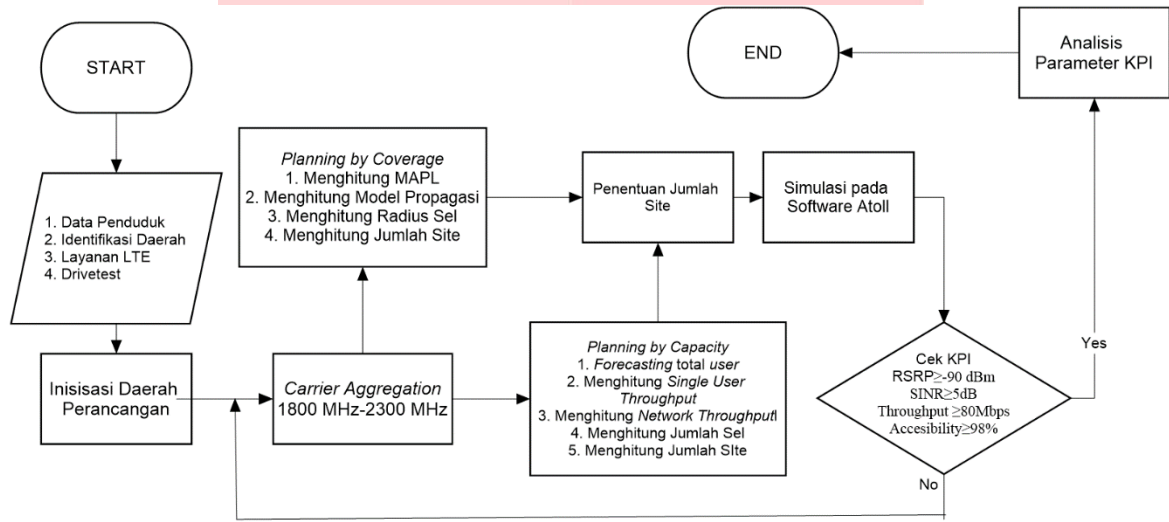
1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi seluler di dunia saat ini sudah semakin pesat, ditandai dengan berkembangnya *user* yang sangat cepat. Semakin banyak *user* berdampak pada semakin banyak data yang diakses tiap waktu, sehingga dibutuhkan kapasitas yang besar juga. Hal ini yang mendorong 3GPP untuk membuat teknologi baru bernama LTE-Advanced yang merupakan teknologi *release* 10 [2]. LTE-Advanced mendukung fitur carrier aggregation (CA), yaitu teknik yang menggabungkan dua atau lebih *component carrier* secara bersamaan pada *band* frekuensi yang sama maupun berbeda [3]. Dengan adanya teknologi CA ini penggunaan spektrum frekuensi akan semakin efisien, dibandingkan dengan jaringan LTE *release* sebelumnya.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan jaringan LTE-Advanced menggunakan fitur *carrier aggregation* yang menggabungkan frekuensi 1800 MHz dengan frekuensi 2300 MHz dengan *bandwidth* masing-masing 20 MHz. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang jaringan LTE-Advanced untuk Kota Bandung yang lebih efisien dibandingkan dengan jaringan LTE *release* sebelumnya, serta menganalisis kelayakan jaringan LTE-Advanced dengan metode *carrier aggregation* di Kota Bandung.

2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

Perancangan jaringan LTE-Advanced pada penelitian ini menggunakan dua pendekatan, yaitu *planning by coverage* dan *planning by capacity*. *Planning by coverage* digunakan untuk menentukan jumlah site yang dibutuhkan berdasarkan nilai *pathloss* yang dapat ditoleransi baik dari arah *uplink* maupun dari arah *downlink* serta perhitungan model propagasi. *Planning by capacity* digunakan untuk menentukan jumlah site yang dibutuhkan berdasarkan kebutuhan trafik user pengguna layanan LTE dan kapasitas sel. Setelah didapatkan jumlah site, dilakukan simulasi pada *software* Atoll untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan diuji untuk dianalisis apakah sudah sesuai standar KPI yang ditentukan.



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Jaringan LTE-A

2.1 Planning by Coverage

Planning by coverage adalah metode perancangan yang dilakukan untuk memastikan bahwa jaringan tersebut dapat menjangkau seluruh area tinjauan dengan memperhatikan *loss* yang terjadi sehingga menghasilkan tingkat penerimaan sinyal yang baik pada area tersebut.

2.1.1 Pehitungan Link Budget

Langkah pertama perancangan *planning by coverage* adalah menghitung *link budget*. *Link budget* berguna untuk melihat redaman dan penguatan sinyal yang terjadi selama perambatan berlangsung. Hasil yang didapat dari perhitungan *link budget* adalah nilai *pathloss* maksimum yang diperbolehkan (MAPL).

Tabel 1 Perhitungan Link Budget

| Link Budget 1800 MHz | | | |
|--------------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|
| Transmitter | Value UL | Value DL | Calculation |
| Max Total Tx Power (dBm) | 23 | 46 | A |
| RB to Distribute Power | 5 | 50 | C |
| Subcarriers to Distribute Power | 60 | 600 | D = 12 * C |
| Subcarrier Power (dBm) | 5.22 | 18.22 | E = A - 10 * log(D) |
| Tx Antenna Gain (dBi) | 0 | 18 | G |
| Feeder Loss (dB) | 0 | 0.5 | H |
| Tx Body Loss (dB) | 0 | 0 | I |
| EIRP (dBm) | 5.22 | 35.72 | J = E - I / J = E + G - H |
| Receiver | Value UL | Value DL | Calculation |
| SINR (dB) | -4.19 | -5.37 | K |
| Rx Noise Figure (dB) | 2.3 | 7 | L |
| Receiver Sensitivity (dBm) | -134.13 | -130.61 | M = K + L - 174 + 10 * log(15000) |
| Rx Body Loss (dB) | 0 | 0 | P |
| Rx Antenna Gain (dBi) | 18 | 0 | N |
| Rx Cable Loss (dB) | 0 | 0 | O |
| Interference Margin (dB) | 0.45 | 6.56 | Q |
| Min. Signal Reception Strength (dBm) | -151.68 | -124.05 | R = M - N + O + Q |
| Path Loss & Shadow Fading Margin | Value UL | Value DL | Formula |
| Penetration Loss (dB) | 19 | 19 | S |
| Shadow Fading Margin (dB) | 9.4 | 9.4 | T |
| MAPL (dB) | 128.50 | 131.37 | U = J - R - S - T |

2.1.2 Model Propagasi

Nilai MAPL yang didapatkan dari perhitungan *link budget* digunakan untuk menghitung radius sel sesuai dengan model propagasi yang digunakan, dalam penelitian ini digunakan model propagasi Cost231-Hatta. Perhitungan untuk model propagasi Cost231-Hatta adalah sebagai berikut:

$$\text{Total} = L - a(H_u) + C_m \quad (2.1)$$

$$L = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(H_{BS}) + (44.9 - 6.55 \log(H_{SS})) \log(d) \quad (2.2)$$

Keterangan:

- f : frekuensi kerja sistem [MHz]
- H_{BS} : tinggi antenna *base station* [m]
- H_{SS} : tinggi antenna *mobile station* [m]
- D : jarak antara BS dengan MS [km]
- A(H_u) : gain MS [dB]
- C_m : faktor jenis daerah

2.2 Planning by Capacity

Planning by capacity adalah suatu metode perancangan jaringan yang bertujuan untuk memperoleh jumlah cell yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan trafik dari *user*. Kebutuhan trafik bergantung pada jenis morfologi daerah perancangan.

2.2.1 Forecasting User

Forecasting jumlah pelanggan adalah suatu metode untuk memprediksi jumlah pelanggan dalam jangka waktu tertentu untuk memastikan bahwa kapasitas jaringan mampu melayani pelanggan dalam beberapa tahun kedepan.

$$U_n = U_0 \times (1 + F_p) \quad (2.3)$$

U_n merupakan jumlah penduduk pada tahun ke-n sesuai dengan proyeksi perancangan dalam beberapa tahun kedepan, F_p ialah proyeksi pertumbuhan penduduk yang ada didalam suatu daerah, sedangkan U₀ merupakan jumlah penduduk saat ini. Namun, tidak keseluruhan penduduk suatu daerah diperhitungkan, hanya penduduk yang masuk kedalam suatu layanan dari suatu operator yang diperhitungkan.

$$\text{Total target user} = U_n \times A \times B \times C \quad (2.4)$$

U_n merupakan jumlah penduduk yang didapatkan dari perhitungan 2.3, A merupakan persentase jumlah penduduk produktif, B merupakan persentase penetrasi suatu operator, sedangkan C ialah penetrasi penggunaan teknologi LTE-A yang ada dalam suatu operator.

2.2.2 Throughput per Session

Untuk mempertahankan kualitas layanan-layanan tersebut maka perlu dilakukan estimasi nilai throughput yang harus disediakan oleh suatu jaringan. Persamaan *throughput per session* adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} = \text{bearer rate} \times \text{PPP session time} \times \text{PPP session duty ratio} \times \frac{1}{1 - \text{BLER}} \quad (2.5)$$

Throughput per session : *throughput* minimal yang harus disediakan jaringan agar kualitas terjaga

Bearer rate : *data rate* yang harus disediakan oleh *service application layer* (IP)

PPP session time : rata - rata durasi tiap layanan

PPP session duty ratio : rasio data yang dikirim tiap sesi

BLER : *block error rate* yang diizinkan dalam tiap sesi

2.2.3 Single User Throughput dan Network Throughput

Throughput yang digunakan tiap *user* akan beragam karena berbedanya layanan yang digunakan tiap *user*. Perhitungan *single user throughput* adalah sebagai berikut:

$$SUT = \frac{\sum \left[\left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{Peak Average Ratio}) \right]}{3600} \quad (2.6)$$

Traffic penetration ratio: proporsi kemungkinan suatu layanan digunakan oleh *user* suatu daerah

BHSA: *busy hour service attempt* untuk satu *user*

Peak to Average Ratio: asumsi presentase tertinggi kelebihan beban pada suatu jaringan

Dari hasil nilai *single user throughput*, dapat dihitung *network throughput* dengan cara mengalikan dengan total *user*. Persamaan *network throughput* adalah sebagai berikut:

$$UL/DL \text{ Network Throughput (IP)} = \text{Total User Number} \times UL/DL \text{ SUT} \quad (2.7)$$

Total user number: forecasting pengguna layanan LTE

UL Single User Throughput: total uplink throughput yang harus dipenuhi

DL single User Throughput: total downlink throughput yang harus dipenuhi

2.2.4 Cell Capacity

Cell capacity adalah nilai yang menunjukkan kapasitas sel dalam melayani permintaan trafik. Persamaan untuk mencari *cell capacity* adalah sebagai berikut:

$$UL \text{ Cell Throughput} + CRC = (168 - 24) \times \text{CodeBits} \times \text{CodeRate} \times NRB \times C \times 1000 \quad (2.8)$$

$$DL \text{ Cell Throughput} + CRC = (168 - 36 - 12) \times \text{CodeBits} \times \text{CodeRate} \times NRB \times C \times 1000 \quad (2.9)$$

CRC : 24

168 : jumlah Resource Element (RE) dalam 1 ms

36 : jumlah Control Channel dalam 1 ms

12 : jumlah Reference Signal (RS) dalam 1 ms

24 : jumlah RS dalam 1 ms pada uplink

Code Bits : modulation efficiency

Code rate : channel coding rate

NRB : jumlah Resource Block yang digunakan

C : jumlah antena MIMO

Perhitungan *cell average throughput* dipengaruhi oleh rata-rata SINR *distribution* yang didapatkan dari data hasil simulasi suatu vendor. Untuk mendapatkan *cell average throughput*, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Cell Average Throughput} = \sum_{n=1}^k P_n \times R_n \quad (2.10)$$

k : jumlah DL atau UL *cell throughput*

P_n : SINR probability

R_n : DL atau UL *cell throughput*

2.2.5 Perhitungan Jumlah Site

Jumlah *site* yang dibutuhkan dalam perancangan diambil dari hasil perhitungan yang paling besar hasilnya, baik dari metode *planning by coverage*, maupun dari metode *planning by capacity*. Perhitungan jumlah *site* dalam *planning by coverage* adalah sebagai berikut:

$$L_{cell} = 1.95 \times d^2 \quad (2.11)$$

$$\sum \text{LTE Cell} = \frac{L_{area}}{L_{cell}} \quad (2.12)$$

Sedangkan untuk perhitungan jumlah *site* dalam *planning by capacity* adalah sebagai berikut:

$$\sum \text{Cell (UL)} = \frac{UL \text{ Network Throughput}}{\text{Throughput per Cell}} \quad (2.13)$$

$$\sum \text{Cell (DL)} = \frac{DL \text{ Network Throughput}}{\text{Throughput per Cell}} \quad (2.14)$$

$$\text{Number of Site} = \frac{\text{Number of cell}}{3} \quad (2.15)$$

3. Hasil Perhitungan Perancangan dan Hasil Simulasi

Dari hasil perhitungan berdasarkan rumus-rumus yang ada pada bagian sebelumnya, didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Perhitungan Planning by Coverage

| Parameter | Carrier Aggregation 1800-2300MHz | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| | UL | DL |
| Network Throughput (Mbps) | 3.065,631562 | 12.708,17825 |
| Cell Average Throughput (Mbps) | 38,2 | 31,83 |
| Jumlah Sel | 79 | 326 |
| Jumlah Site | 27 | 109 |

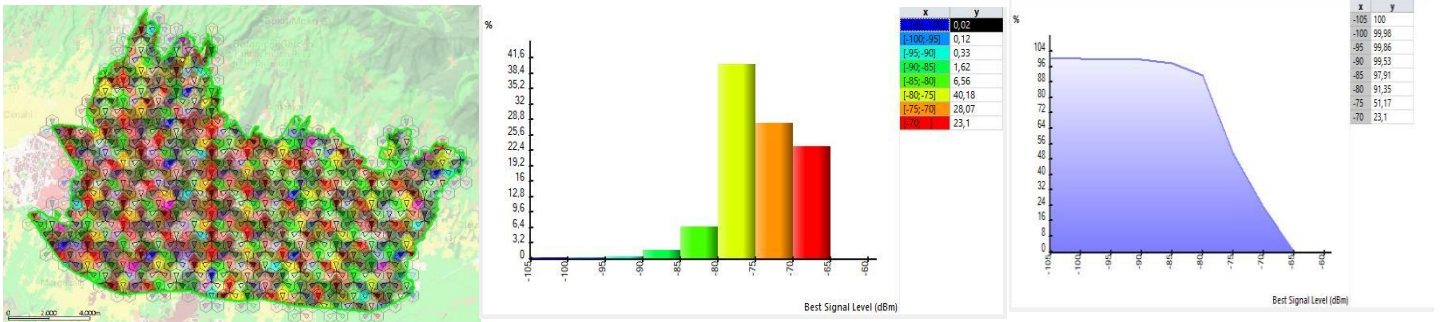
Tabel 3 Hasil Perhitungan Planning by Capacity

| Parameter | Carrier Aggregation 1800-2300MHz | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| | UL | DL |
| Network Throughput (Mbps) | 3.065,631562 | 12.708,17825 |
| Cell Average Throughput (Mbps) | 38,2 | 31,83 |
| Jumlah Sel | 79 | 326 |
| Jumlah Site | 27 | 109 |

3.1. Hasil Simulasi Coverage

Simulasi *coverage* meliputi simulasi *Reference Signal Received Power* (RSRP) dan simulasi *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR).

RSRP merupakan parameter yang menunjukkan daya rata-rata pada *resource element* yang membawa *reference signal* dalam *subcarrier*. Nilai distribusi RSRP yang diperoleh dari hasil simulasi di Kota Bandung diperlihatkan pada gambar dibawah.



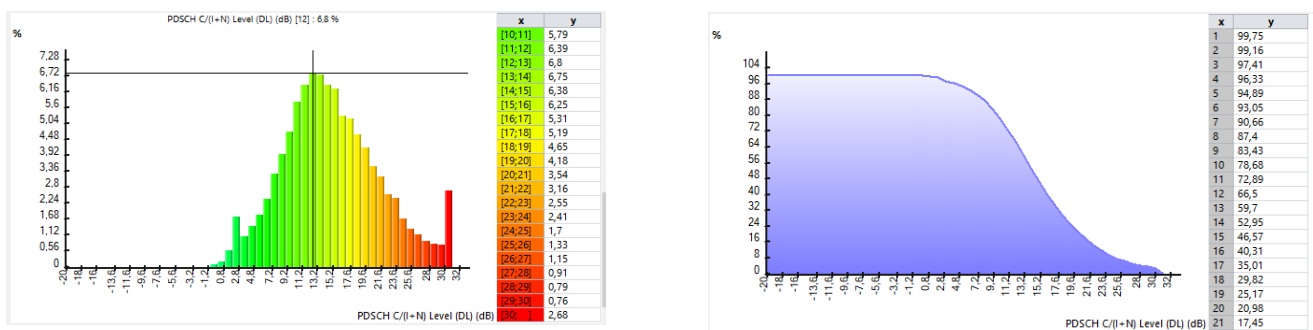
Gambar 2 Distribusi Nilai RSRP Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi, didapat bahwa distribusi RSRP sudah berada pada nilai yang baik. Standar *Key Performance Indicator* (KPI) yang ditetapkan yaitu 90% distribusi RSRP pada area perancangan harus bernilai ≥ -90 dBm. Hasil nilai RSRP dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4 Target Distribusi RSRP

| Parameter | Target | Carrier Aggregation 1800 MHz - 2300 MHz |
|-----------|-------------|--|
| RSRP DL | $\geq 90\%$ | 99,53% |

SINR merupakan rasio perbandingan antara sinyal utama dengan interferensi dan *noise*. SINR menunjukkan kualitas sinyal yang diterima oleh *user*. Hasil dari distribusi SINR diperlihatkan pada gambar dibawah



Gambar 3 Distribusi Nilai SINR Hasil Simulasi

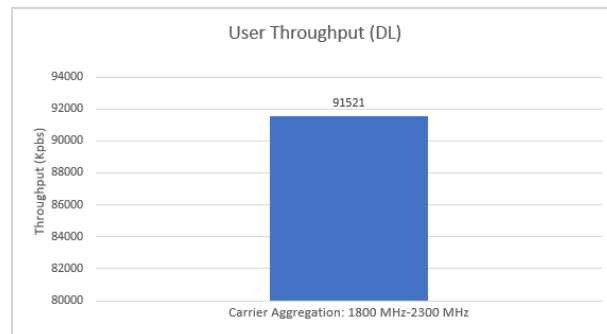
Dari hasil simulasi, didapatkan nilai rata-rata SINR adalah 15,12 dB. Standar KPI yang ditetapkan yaitu 90% distribusi SINR pada area perancangan harus bernilai ≥ 5 dB. Hasil nilai SINR dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Target Distribusi SINR

| Parameter | Target | Carrier Aggregation 1800 MHz - 2300 MHz |
|------------|--------|--|
| SINR > 5dB | 90% | 94,89% |

3.2 Hasil Simulasi Capacity

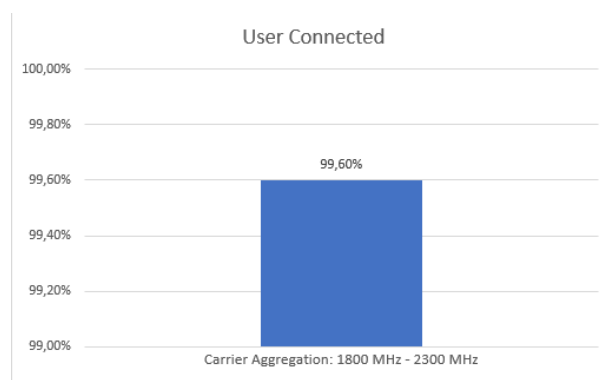
Simulasi *capacity* meliputi simulasi *user throughput* dan simulasi *user connected*. *User throughput* menunjukkan *throughput* rata-rata yang didapat oleh tiap *user* dalam jaringan. *User throughput* dipengaruhi oleh nilai SINR yang menunjukkan kualitas sinyal yang diterima oleh *user* serta penggunaan total *bandwidth* yang ada pada jaringan. Hasil dari simulasi *user throughput* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4 Hasil Simulasi User Throughput

Dari gambar diatas terlihat bahwa nilai *throughput* bernilai 90.521 Kbps atau setara dengan 90,521 Mbps. Standar KPI yang ditetapkan adalah *user throughput* minimal bernilai 80 Mbps, sehingga *user throughput* dari jaringan sudah memenuhi KPI.

Simulasi *user connected* bertujuan untuk mengetahui kemampuan jaringan untuk melayani *user* yang akan mengakses layanan pada jaringan LTE-A. Hasil yang didapat dari *user connected* adalah *accessibility* yang ada pada jaringan tersebut. Hasil simulasi *user connected* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5 Hasil Simulasi User Connected

Dari gambar diatas terlihat bahwa presentase *user connected* pada jaringan berada pada angka 99,60%. Angka tersebut telah memenuhi KPI yang ditentukan yaitu jaringan harus dapat melayani *user* yang ada sebesar 98%.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, performansi jaringan LTE-A dengan menggunakan *carrier aggregation* 1800 MHz dan 2300 MHz sudah memenuhi KPI yang ditetapkan pada area Kota Bandung dengan tiap parameter yaitu RSRP, SINR, *user throughput*, dan *user connected* telah memenuhi KPI. Distribusi RSRP yang didapatkan adalah 99,53% area perancangan telah bernilai >-90 dBm. Distribusi SINR yang didapatkan adalah 94,89% area perancangan telah bernilai >5 dB. Nilai *user throughput* sebesar 90,521 Mbps dan *user connected* sebesar 99,6% *user* dilayani oleh jaringan.

Daftar Pustaka:

- [1] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Planning", Huawei, 2010.
- [2] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Coverage Dimensioning", Huawei, 2010.
- [3] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Capacity Dimensioning", Huawei, 2010.
- [4] Dharma Winata, "Analisis Perencanaan LTE-Advanced dengan Metoda Carrier Aggregation Inter-Band Non-Contiguous dan Intra-Band Non-Contiguous di Kota Bandar Lampung", Telkom University, 2015.