

ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN HETEROGEN *LTE-ADVANCED SMALL CELL* FREKUENSI 1800 MHz STUDI KASUS KOTA BANDUNG

ANALYSIS OF HETEROGENEOUS NETWORK PLANNING FOR *LTE-ADVANCED SMALL CELL* AT FREQUENCY 1800 MHz BANDUNG CITY CASE STUDY

Satriyo Wibowo¹, Ir. A. Ali Muayyadi, M.Sc., Ph.D.², Desti Madya Saputri S.T., M.T.³

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

¹satriyo.wibowo@outlook.com, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id ³destimadvasaputri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

LTE-Advanced merupakan teknologi berbasis IP yang dikeluarkan oleh 3GPP sebagai standar untuk komunikasi data nirkabel berkecepatan tinggi. Mobilitas *user* yang tinggi, persebaran *user* yang tidak merata, peningkatan *coverage*, dan *cell throughput* menjadi tantangan yang harus dihadapi oleh operator dalam merencanakan jaringan *LTE-Advanced* di suatu daerah. Salah satu cara untuk menghadapi tantangan tersebut adalah dengan melakukan perencanaan jaringan heterogen. Jaringan heterogen merupakan suatu penerapan suatu jaringan seluler dengan meletakkan *small cell* di dalam *macro cell*.

Dalam tugas akhir ini dilakukan suatu perencanaan jaringan heterogen *LTE-Advanced small cells* menggunakan frekuensi 1800 MHz di Kota Bandung. Analisis dilakukan dengan meninjau tiga sel yang mewakili daerah sub urban, urban, dan dense urban dengan jumlah *user* tertinggi menggunakan dua skenario : sel dengan penambahan *small cell* Wi-Fi 802.11n pada frekuensi 2.4 GHz serta *cell* tanpa penambahan *small cell* Wi-Fi 802.11n sebagai pembandingan performansi perencanaan jaringan heterogen. Perencanaan dilakukan menggunakan perhitungan berdasarkan pendekatan *coverage planning* dan *capacity planning*.

Dalam perencanaan jaringan heterogen daerah sub urban mampu dilayani oleh 4 sel, daerah urban mampu dilayani oleh 6 sel, dan daerah dense urban mampu dilayani oleh 9 sel. Implementasi jaringan heterogen mampu menghasilkan nilai RSRP yang baik dengan nilai RSRP ≥ -100 dBm untuk 90% luas area di seluruh daerah tinjauan. Jaringan heterogen menghasilkan peningkatan nilai *throughput* sebesar 25 % sehingga mampu meningkatkan kapasitas jaringan yang diakibatkan oleh pengalihan trafik dari jaringan *LTE-Advanced* ke jaringan Wi-Fi 802.11n, sehingga jaringan heterogen dapat menangani jumlah *user* yang semakin meningkat. Sementara dari hasil simulasi yang dilakukan, performansi maksimal terjadi saat *user* saat kondisi diam dengan presentasi *user connected* 99%. Dari hasil tersebut maka penggunaan *small cell* Wi-Fi 802.11n pada jaringan heterogen *LTE-Advanced* layak untuk diimplementasikan

Kata kunci : *LTE-Advanced*, Jaringan Heterogen, *Small Cell*, *Throughput*

Abstract

LTE-Advanced is an IP-based technology that is issued by 3GPP as the standard for high-speed wireless data communications. High user mobility, unequal user distribution, increased coverage and cell throughput is a challenge that must be faced by operators to planning *LTE-Advanced* network in an area. One of the solution to faced these challenges is performing heterogeneous network planning. The heterogeneous network is an implementation of a mobile network by putting a small cell in the macro cell.

This final project plan the *LTE-Advanced* heterogeneous network of small cells using 1800 MHz frequency in Bandung. The analysis was performed by reviewing three cells that represent the sub-urban areas, urban, and dense urban with the highest number of users using two scenarios: cells with the addition of small cell 802.11n Wi-Fi at a frequency of 2.4 GHz and small-cell cell without the addition of Wi-Fi 802.11n as a comparison of performance heterogeneous network planning. Planning is done using a calculation based to coverage planning and capacity planning approach.

In this heterogeneous network planning, sub-urban areas served by a 4-cell, urban areas served by 6 cells, and dense urban areas served by 9 cells. The implementation of heterogeneous networks can produce good RSRP value with the value RSRP ≥ -100 dBm for 90% of total area. Heterogeneous network increasing 25 % network throughput and increase the network capacity because of traffic offloading from the *LTE-Advanced* network to Wi-Fi 802.11n network, so it can handle the increasing user. While the results of the simulation, maximum performance occurs when the user on fixed condition with 99% user connected. From these results the implementation of small cell Wi-Fi 802.11n on *LTE-Advanced* heterogeneous network is worth to implemented.

Keywords: *LTE-Advanced*, Heterogeneous Network, *Small Cell*, *Throughput*

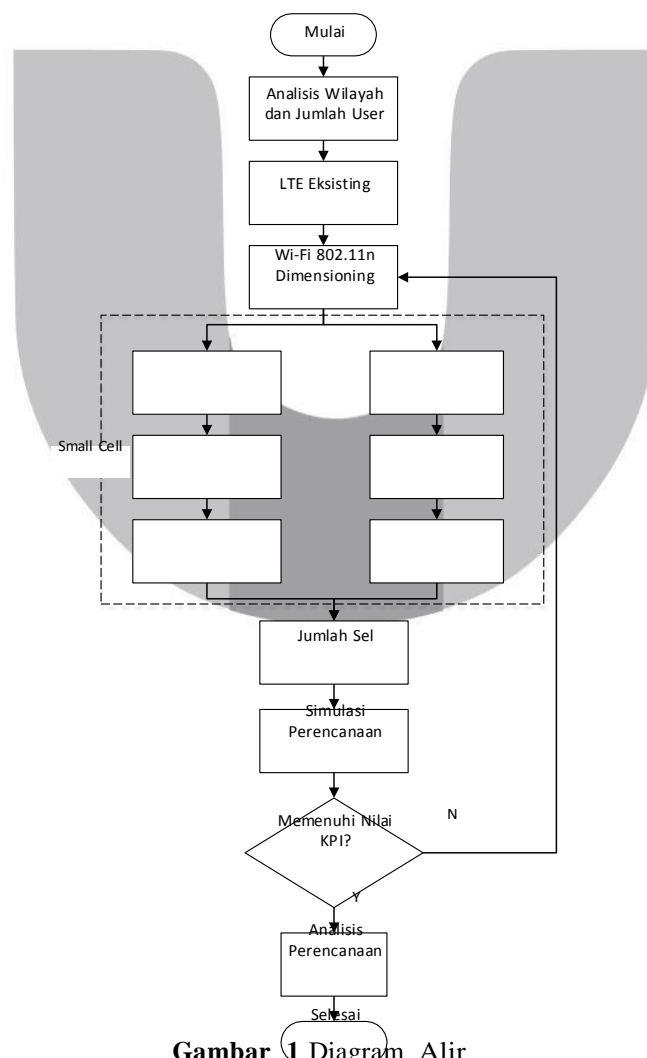
1. Pendahuluan

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi berbasis Internet Protocol (IP) yang dikeluarkan oleh 3GPP sebagai standar untuk komunikasi data nirkabel berkecepatan tinggi. Teknologi ini mendukung banyak aplikasi dan fitur yang dapat dinikmati oleh pengguna, seperti dalam hal edukasi, hiburan, ekonomi, dan bisnis. Dibandingkan dengan teknologi sebelumnya pada teknologi HSPA+, LTE mengalami peningkatan kecepatan yang cukup besar yaitu untuk arah *downlink* mencapai 100 Mbps dan arah *uplink* mencapai 50 Mbps. Kecepatan yang tinggi tersebut didukung oleh ketersediaan bandwidth yang scalable yaitu 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz serta teknologi pendukung seperti antena MIMO, OFDM sebagai teknik *multiplexing*, OFDMA sebagai teknik *multiple access* untuk arah *downlink*, dan SC-FDMA sebagai teknik *multiple access* untuk arah *uplink*.

Mobilitas user yang tinggi, persebaran user yang tidak merata, peningkatan *coverage*, dan *cell throughput* menjadi tantangan yang harus dihadapi oleh operator dalam merencanakan jaringan LTE di suatu daerah. Pada tahun 2010 *LTE-Advanced Release 10* lahir dengan beberapa fitur baru dan performansi jaringan yang lebih baik. *LTE-Advanced* mendukung penerapan konsep jaringan heterogen, yaitu suatu penerapan jaringan dengan meletakkan *small cell* di dalam *macro cell*. *Small cell* merupakan suatu cell dengan *coverage* lebih kecil dibanding *macrocell* dengan daya *base station* yang rendah. *Base station* berdaya rendah tersebut dapat disebut dengan *Home eNodeB* (HeNB).

Untuk menguji kelayakan penerapan jaringan heterogen pada teknologi *LTE-Advanced* maka pada tugas akhir ini dibuatlah suatu perencanaan jaringan heterogen *LTE-Advanced small cell* menggunakan frekuensi 1800 Mhz di Kota Bandung. Analisis dilakukan dengan meninjau tiga cell menggunakan dua skenario yaitu : sel dengan penambahan *small cell* Wi-Fi 802.11n pada frekuensi 2.4 GHz serta cell tanpa penambahan *small cell* Wi-Fi 802.11n sebagai pembandingan performansi perencanaan jaringan heterogen. Perencanaan dilakukan menggunakan dua pendekatan yaitu perencanaan berdasarkan *coverage planning* dan perencanaan berdasarkan *capacity planning* dengan memperhatikan beberapa parameter yang akan diuji, diantaranya : peresentase *user connected*, *cell coverage*, *cell capacity*, *traffic offloading*, dan *network throughput*. Sehingga dapat ditentukan kelayakan penerapan konsep jaringan heterogen *LTE-Advanced* di Indonesia.

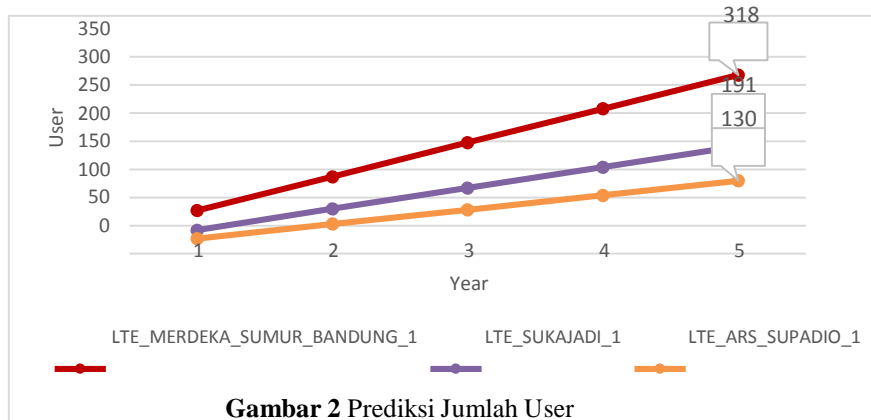
2. Teori dan Tahap Perancangan



Gambar 1 Diagram Alir

2.1. Coverage Planning

Sebelum melakukan perencanaan berdasarkan pendekatan *coverage planning*, dilakukan analisis terhadap area dari suatu sel yang memiliki jumlah user tertinggi sehingga dapat diketahui area yang akan dipilih untuk implementasi jaringan Wifi 802.11n. Berdasarkan data, dipilih 3 sel yang memiliki jumlah user LTE tertinggi. Masing-masing sel mewakili daerah urban, sub urban, dan dense urban di wilayah Bandung. Daerah sub urban diwakili oleh sel LTE_ARS_SUPADIO_1 yang mencakup Kecamatan Andir, daerah urban diwakili oleh site LTE_SUKAJADI_1 yang mencakup Kecamatan Sukajadi, dan daerah dense urban diwakili oleh site LTE_MERDEKA_SUMUR_BANDUNG_1 yang mencakup Kecamatan Sumur. Kemudian dilakukan *forecasting* menggunakan persamaan regresi linier selama 5 tahun.



Gambar 2 Prediksi Jumlah User

Kemudian dilakukan perhitungan *link budget* untuk mempertimbangkan spesifikasi perangkat dan medium propagasi dari suatu daerah. Hasil dari perhitungan link budget adalah MAPL (Maximum Allowable Path Loss) pada sisi *downlink* dan sisi *uplink*, yang merupakan total *pathloss* maksimum yang diperbolehkan.

Tabel 1 Link Budget

Downlink			Uplink		
Parameter	Value	Unit	Parameter	Value	Unit
Tx Power AP (PT)	28	dBm	Tx Power Client (PT)	12	dBm
Antenna Gain AP (GT)	8	dBi	Antenna Gain Client (GT)	2	dBi
Cable Losses AP (LS)	2	dB	Body Losses (BL)	0	dB
Interference Margin (IM)	10	dB	Interference Margin (IM)	3	dB
Fading Margin (FM)	2	dBm	Fading Margin (FM)	5	dBm
Antenna Gain Client (GR)	2	dBi	Antenna Gain AP (GR)	8	dBi
Body Losses (BL)	0	dB	Cable Losses AP (LS)	2	dB
Noise Figure UE (NF _{UE})	7	dB	Noise Figure AP (NF _{AP})	7	dB
Thermal Noise UE(TN _{UE})	-100.9	dBm	Thermal Noise AP(TN _{AP})	-100.9	dBm
SINR	-10	dB	SINR	-10	dB

Pada arah *downlink* akan dilakukan perhitungan MAPL sebagai berikut:

RS_{UE} (Receiver Sensitivity User Equipment) :

$$RS_{UE} = NF_{UE} + TN_{UE} + SINR$$

EIRP_{AP} (Effective Isotropic Radiated Power Access Point) :

$$EIRP_{AP} = PT + GT - LS$$

MAPL (Maximum Allowable Path Loss) :

$$MAPL_{Downlink} = EIRP_{UE} - RS_{UE} - IM - FM + GR - BL$$

Sementara pada arah *uplink* dilakukan perhitungan MAPL sebagai berikut:

RS_{AP} (Receiver Sensitivity Access Point) :

$$RS_{AP} = NF_{AP} + TN_{UE} + SINR$$

EIRP_{UE} (Effective Isotropic Radiated Power User Equipment):

$$EIRP_{UE} = PT + GT - BL$$

MAPL (Maximum Allowable Path Loss)

$$MAPL_{Uplink} = EIRP_{UE} - RS_{AP} - IM - FM + GR - LS$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan jari-jari sel. Jari-jari sel dapat diketahui berdasarkan persamaan model propagasi. Pada tugas akhir ini digunakan persamaan model propagasi SUI (Standford University Intern). Berikut merupakan persamaan model propagasi SUI :

$$Lu = MAPL - a(Hr)$$

$$Lu = (-7.366) + 26 \log f + [10 \times a(Hb) \times (1 + \log d)]$$

Pada model propagasi SUI terdapat tiga tipe klasifikasi area, yaitu Tipe A untuk area dense-urban dan urban, Tipe B untuk area sub-urban, Tipe C untuk area rural. Masing-masing tipe area memiliki perbedaan nilai parameter seperti yang ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Model Propagasi SUI

Parameter	Tipe A	Tipe B	Tipe C
a(Hb)	4.6 - 0.0075 Hb + 12.6/Hb	4 - 0.0065 Hb + 17.1/Hb	3.6 - 0.005 Hb + 20/Hb
a(Hr)	10.8 log(Hr/2)	10.8 log(Hr/2)	20 log(Hr/2)

Dalam perhitungan *coverage planning*, antar MAPL *uplink* dan *downlink* dipilih berdasarkan nilai yang lebih rendah. Kemudian nilai MAPL dimasukkan kedalam persamaan model propagasi. Dari persamaan model propagasi diperoleh radius sel (d) untuk masing-masing daerah. Untuk mendapatkan luas sel, radius sel dimasukkan ke dalam persamaan Luas Sel Wifi 802.11n

$$\text{Luas Sel Wifi 802.11n} = 2.6 \times d^2$$

Setelah mengetahui luas sel, dapat diketahui jumlah sel Wifi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$J = \frac{Lu_{sel}}{Lu_{sel_{wifi}}} = \frac{Lu_{sel}}{2.6 \times d^2}$$

2.2. Capacity Planning

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perhitungan dari sisi kapasitas tiap access point. Pada perhitungan kapasitas *access point* parameter perhitungan bergantung pada nilai dari *bandwidth* yang dialokasikan dan beberapa jenis MCS (Modulation and Coding Scheme) yang diambil dari spesifikasi perangkat 802.11n.

$$C_{total} = \sum_{i=1}^n C_{mcs_i} \times P_{mcs_i}$$

Tabel 3 Modulation Coding Scheme Index

MCS Index	Mod	DC	SS	BPS	CR	SD	Thrpt
0	BPSK 1/2	52	1	1	0.5	3.6	7.2
1	QPSK 1/2	52	1	2	0.5	3.6	14.4
2	QPSK 3/4	52	1	2	0.75	3.6	21.7
3	16 QAM 1/2	52	1	4	0.5	3.6	28.9
4	16 QAM 3/4	52	1	4	0.75	3.6	43.3
5	64 QAM 2/3	52	1	6	0.67	3.6	58.1
6	64 QAM 3/4	52	1	6	0.75	3.6	65.0
7	64 QAM 5/6	52	1	6	0.83	3.6	71.9
8	BPSK 1/2	52	2	1	0.5	3.6	14.4
9	QPSK 1/2	52	2	2	0.5	3.6	28.9
10	QPSK 3/4	52	2	2	0.75	3.6	43.3
11	16 QAM 1/2	52	2	4	0.5	3.6	57.8
12	16 QAM 3/4	52	2	4	0.75	3.6	86.7
13	64 QAM 2/3	52	2	6	0.67	3.6	116.1
14	64 QAM 3/4	52	2	6	0.75	3.6	130.0
15	64 QAM 5/6	52	2	6	0.83	3.6	143.9
Cell Average Throughput							58.2

Sementara untuk kapasitas LTE eksisitng dapat diketahui menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Network Throughput} = \text{Total Number User} \times \text{Single User Throughput}$$

Nilai *single user throughput* menggunakan untuk mengetahui trafik jaringan LTE yang dilewatkan melalui Wifi 802.11n dapat menggunakan nilai *throughput* minimum KPI yaitu 2 Mbps untuk arah *downlink* dan 1 Mbps untuk arah *uplink*. Berdasarkan referensi mengenai konsep *heterogeneous network*, 65 % trafik dapat dilewatkan melalui W-Fi 802.11n.

$$\text{Throughput LTE over Wifi 802.11n} = 65\% \times \text{Network Throughput LTE}$$

Kemudian dalam perhitungan jumlah sel dapat digunakan persamaan berikut :



2.3. Tradeoff Coverage dan Capacity Planning

Tabel 4 menunjukkan perbandingan jumlah sel antara *Coverage Planning* dan *Capacity Planning*.

Tabel 4 Perbandingan Jumlah Sel

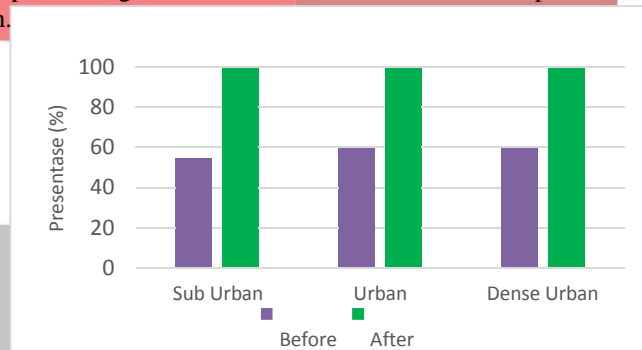
Daerah	Sel	Coverage Planning	Capacity Planning
Sumur	LTE_MERDEKA_SUMUR_1	9	8
Sukajadi	LTE_SUKAJADI_1	6	5
Andir	LTE_ARS_SUPADIO_1	4	3

Dari pertimbangan keduanya maka dipilih jumlah *access point* dari perhitungan *coverage planning* karena perhitungan tersebut menghasilkan jumlah sel yang lebih banyak. Perhitungan *coverage planning* menggunakan pendekatan cakupan sel sehingga seluruh *user* yang tersebar di area tinjauan mampu mendapatkan layanan jaringan heterogen.

3. Hasil Simulasi

3.1. Simulasi RSRP

Gambar 3 menunjukkan perbandingan nilai RSRP sebelum dan setelah implementasi jaringan heterogen dari masing-masing tinjauan daerah.

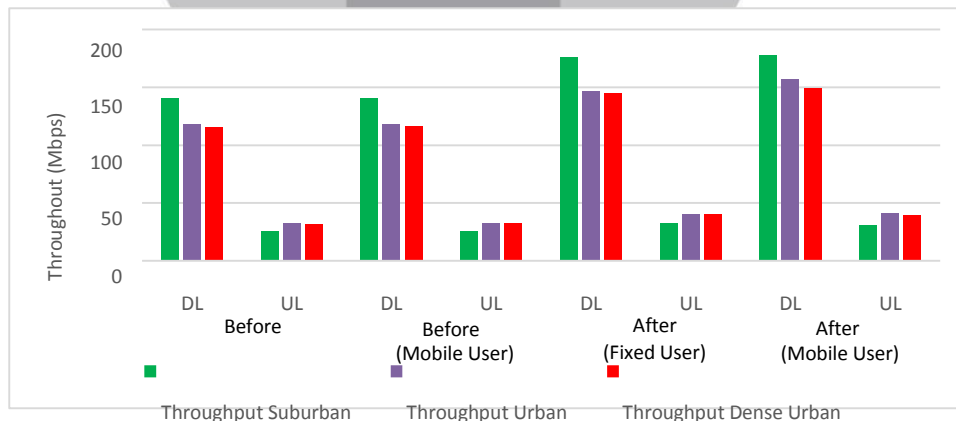


Gambar 3 Hasil Simulasi RSRP

Daerah Sub Urban, Urban, dan Dense Urban pada perencanaan jaringan Heterogen ini memiliki nilai RSRP yang baik hasil tersebut mengacu pada indeks KPI (Key Performance Indicator) operator yang menetapkan kualitas RSRP ≥ -100 dBm di atas 90 %. Dari tinjauan tersebut maka perencanaan jaringan heterogen layak untuk diimplementasikan

3.2. Simulasi Throughput

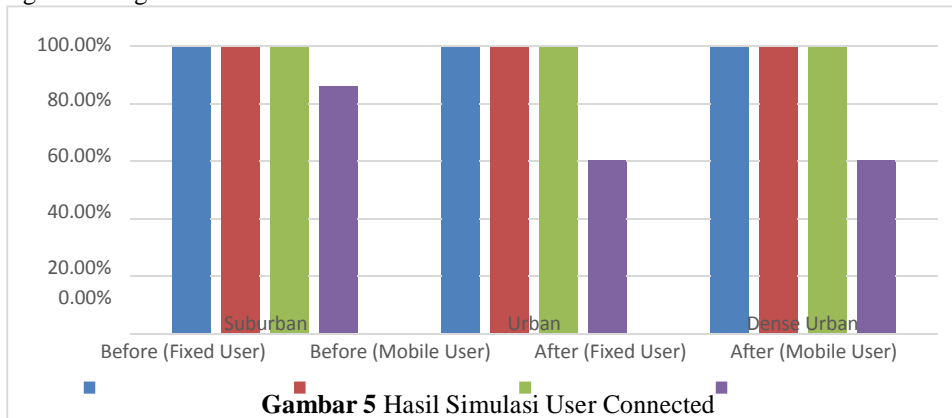
Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan hasil simulasi throughput sebelum dan setelah implementasi *access point* Wi-Fi 802.11n.



Gambar 4 Hasil Simulasi Throughput

Berdasarkan Gambar 4 pada setiap daerah tinjauan dan skenario user menghasilkan nilai throughput yang berbeda-beda baik dari sisi *uplink* maupun dari sisi *downlink*. Secara keseluruhan nilai *throughput* mengalami peningkatan setelah adanya implementasi jaringan Wi-Fi 802.11n di masing-masing daerah tinjauan. Hal ini dikarenakan adanya *traffic offloading* dari jaringan *LTE-Advanced* ke jaringan Wi-Fi 802.11n sehingga trafik yang tidak dapat dilayani oleh suatu sel pada jaringan *LTE-Advanced* dialihkan ke *access point* Wi-Fi 802.11n.

Sementara penurunan nilai *throughput* yang terjadi pada skenario mobile user disebabkan karena terdapat sebagian *user* yang tidak dapat terhubung ke jaringan heterogen. Penurunan nilai *throughput* pada skenario mobile user terjadi di seluruh daerah tinjauan. Berikut merupakan grafik mengenai presentase jumlah *user* yang dapat terhubung ke jaringan heterogen *LTE-Advanced* :



Gambar 5 Hasil Simulasi User Connected

Mobilitas *user* yang tinggi menyebabkan *user* tidak dapat terhubung ke jaringan heterogen *LTE-Advanced*. Penurunan jumlah *user* yang dapat terhubung ke jaringan heterogen *LTE-Advanced* pada skenario *mobile user* disebabkan karena jaringan Wi-Fi 802.11n tidak mampu mendukung *user* yang bergerak dengan kecepatan tinggi (*high mobility*).

4. Kesimpulan

Dalam perencanaan jaringan heterogen daerah sub urban mampu dilayani oleh 4 sel, daerah urban mampu dilayani oleh 6 sel, dan daerah dense urban mampu dilayani oleh 9 sel. Implementasi jaringan heterogen mampu menghasilkan nilai RSRP yang baik dengan nilai RSRP ≥ -100 dBm untuk 90% luas area di seluruh daerah tinjauan. Jaringan heterogen menghasilkan peningkatan nilai *throughput* sebesar 25 % sehingga mampu meningkatkan kapasitas jaringan yang diakibatkan oleh pengalihan trafik dari jaringan *LTE-Advanced* ke jaringan Wi-Fi 802.11n, sehingga jaringan heterogen dapat menangani jumlah *user* yang semakin meningkat. Sementara dari hasil simulasi yang dilakukan, performansi maksimal terjadi saat *user* saat kondisi diam dengan presentasi *user connected* 99%. Dari hasil tersebut maka penggunaan *small cell* Wi-Fi 802.11n pada jaringan heterogen *LTE-Advanced* layak untuk diimplementasikan

Daftar Pustaka :

- [1] Atoll Manual Book."Radio planning & Optimization Software version 3.3.0
- [2] Ayman ElNashar, Mohammed A. El-saidny, and Mahmoud Sherif, "Design, Deployment, and Performance of 4G LTE Networks", 1st ed. United Kingdom : John Wiley and Son, 2014.
- [3] Bartłomiej Błaszczyszyn. 2014. *How user throughput depends on the traffic demand in large cellular networks*.
- [4] Christopher Cox, "An Introduction to LTE LTE, LTE-Advanced, SAE, and 4G Mobile Communication". 1st ed. United Kingdom : John Wiley and Son, 2012.
- [5] Cisco Aironet 1550 Series Outdoor Access Point Data Sheet
- [6] Ericsson Document. 2011. A Comparison of LTE Advanced HetNets and Wi-Fi Ericsson 2011
- [7] H. Setiohargo, "Telkomsel on Site", Jakarta, 2013.
- [8] Huawei Technologies Co, Ltd, "Long Term Evolution (LTE) Radio Access Network Planning Guide". Shenzhen. 2011.
- [9] Jie Zhang and Guillaume de la Roche, "Femtocells : Technologies and Deployment". 1st ed. United Kingdom : John Wiley and Son, 2010
- [10] Khandekar, A.; Bhushan, N.; Ji Tingfang; Vanghi, V., "LTE-Advanced: Heterogeneous networks," in *Wireless Conference (EW), 2010 European* , vol., no., pp.978-982, 12-15 April 2010
- [11] LTE1800: A Versatile Platform for Connected Devices and Applications. GSMA. 2011. 1 Jan. 2015 <<http://www.gsma.com/spectrum/lte1800-sierra-wireless-whitepaper/>>
- [12] Setiawan, Budi Agus. 2013. *Analisis Perencanaan Jaringan Heterogen 3G (UMTS/HSDPA) dan WLAN 802.11n Outdoor Standar 3GPP UMA/GAN Dengan Trafik Offload Sharing di Kota Bandung*. Bandung
- [13] Stanze, O.; Weber, A., "Heterogeneous networks with LTE-Advanced technologies," in *Bell Labs Technical Journal* , vol.18, no.1, pp.41-58, June 2013
- [14] Stefania Sesia, Issam Toufik, and Mathew Baker, "LTE-The UMTS Long Term Evolution". 2nd ed. United Kingdom : John Wiley and Son, 2011.
- [15] Yifei Yuan, "LTE-Advanced Relay Technology and Standardization". 1st ed. United Kingdom : Springer, 2013.