

SIMULASI PERBANDINGAN KINERJA METODE CELL SPLITTING DAN METODE INTER-BAND CARRIER AGGREGATION PADA JARINGAN 4G LTE (STUDI KASUS JALAN SURYALAYA)

PERFORMANCE COMPARISON SIMULATION OF CELL SPLITTING AND INTER-BAND CARRIER AGGREGATION METHOD ON 4G LTE NETWORK (STUDY CASE ON SURYALAYA ROAD)

Vanessa Agelliza¹, Hasanah Putri², Muh. Axl Abusar Alfian³

^{1,2} Universitas Telkom, Bandung

³PT. ZMG Telekomunikasi Service Indonesia

vanessaagelliza@student.telkomuniversity.ac.id¹, hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id²,
muh.axel.abusar@gmail.com³

Abstrak

Berdasarkan hasil studi literatur mengenai solusi untuk meningkatkan kapasitas layanan jaringan seluler, terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu metode *carrier aggregation* dan metode *cell splitting*. Dari kesamaan yang dimiliki oleh kedua metode ini dalam hal meningkatkan kapasitas, maka dilakukan analisis perbandingan untuk melihat metode mana yang memiliki kinerja yang lebih baik dalam peningkatan kapasitas jaringan seluler LTE. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan menggunakan konsep *coverage planning* dan *capacity planning* untuk masing – masing metode. Adapun metode *cell splitting* digunakan dalam perencanaan *microcell* pada FDD LTE 850 MHz, sedangkan metode *carrier aggregation* menggunakan band 5 FDD 850 MHz dan band 40 TDD 2300 MHz. Kemudian dilakukan simulasi menggunakan *software Atoll 3.3*. dan melakukan analisis perbandingan dari masing – masing metode yang diterapkan dalam simulasi dengan memperhatikan nilai parameter RSRP, SINR, BLER, dan *throughput*. Hasil dari penelitian ini adalah dapat mengetahui metode mana yang memiliki kinerja lebih baik dari segi nilai parameter yang dihasilkan dari simulasi untuk masing – masing metode sehingga dapat dipilih metode mana yang lebih direkomendasikan untuk diterapkan dalam perencanaan peningkatan kapasitas jaringan seluler LTE.

Kata kunci : *cell splitting, carrier aggregation, kapasitas, LTE, microcell*

Abstract

Based on the results of the study of literature about the solution for increasing network capacity, there are two methods that can be applied, *carrier aggregation* and *cell splitting* method. From the similarity of these methods in increasing the capacity, the comparison analysis of both methods is done to determine which method has better performance in LTE cellular network. In this project, the process begins with calculations by using *coverage planning* and *capacity planning* respectively. As *cell splitting* method being used in *microcell* planning on FDD LTE 850 MHz, while the *carrier aggregation* method using the band 5 FDD 850 MHz and band 40 TDD 2300 MHz. The simulation is done by using *Atoll 3.3* software and then analyze the comparison of the results of these methods by observing the parameter values of RSRP, SINR, BLER, and *throughput*. The result of this project is to find the method which has the better performance by the result of parameter values from the simulation of each method, so this is able to determine the more recommended method to be applied in increasing the capacity of LTE cellular network.

Keyword : *cell splitting, carrier aggregation, capacity, LTE, microcell*

1. PENDAHULUAN

Pandemi yang saat ini terjadi semakin menuntut setiap orang untuk dapat mengikuti *trend digital* dengan melakukan segala aktivitas dimana saja (*work from anywhere*). Hal ini mengakibatkan setiap orang harus tetap dapat saling berkomunikasi dengan cepat dan mudah, sehingga tuntutan permintaan kebutuhan akan akses layanan komunikasi seluler dengan kecepatan tinggi juga meningkat. Maka dari itu, perlu dilakukan perencanaan yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan kapasitas jaringan seluler. Adapun metode perluasan kapasitas terbagi ke dalam tiga kategori umum, yaitu dengan menerapkan sel dengan ukuran yang lebih kecil, meningkatkan

bandwidth, dan meningkatkan atau memperbarui teknologi komunikasi yang sedang digunakan [1]. Pada penelitian ini menerapkan metode *cell splitting* dan *carrier aggregation*. Berdasarkan hasil studi literatur mengenai *cell splitting* dan *carrier aggregation*, ditemukan bahwa kedua metode ini dapat diterapkan untuk meningkatkan kapasitas. Sehingga, dari kesamaan yang dimiliki oleh kedua metode ini dalam meningkatkan kapasitas, maka dilakukan analisis perbandingan dari kedua metode untuk melihat metode mana yang memiliki kinerja paling baik. Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan perhitungan menggunakan konsep *coverage planning* dan *capacity planning*. Adapun metode *cell splitting* digunakan dalam perencanaan *microcell* pada *band 5 FDD LTE*, sedangkan metode *carrier aggregation* menggunakan jenis *band inter-band carrier aggregation* dengan menggabungkan *band 5 FDD* dan *band 40 TDD*. Kemudian dilakukan simulasi menggunakan *software Atoll 3.3*. dan melakukan analisis perbandingan dari masing-masing metode yang diterapkan dalam simulasi dengan memperhatikan nilai parameter radio RSRP, SINR, RSSI, BLER, dan *throughput*. Hasil dari penelitian ini adalah dapat memberikan referensi metode untuk diterapkan dalam perencanaan peningkatan kapasitas jaringan seluler LTE selanjutnya melalui nilai parameter yang dihasilkan.

2. DASAR TEORI

a. Cell Splitting [2]

Cell splitting merupakan metode pemecahan sel besar dengan intensitas komunikasi yang padat menjadi sel-sel dengan radius lebih kecil dan menempatkannya di antara sel-sel yang sudah ada. Setiap sel pecahan memiliki *base station* dengan daya pancar dan ketinggian antenna yang lebih rendah. Metode ini dapat meningkatkan kapasitas karena bertambahnya jumlah kanal per satuan wilayah dimana sel baru akan dibentuk dengan pola perulangan yang mengikuti pola aslinya.

b. Microcell [3]

Microcell merupakan jenis sel yang memiliki radius cakupan 500 m – 1 km dan memiliki daya pancar yang tidak lebih dari 38 dBm atau 5 Watt. *Microcell* dapat menjadi solusi untuk diterapkan di daerah Urban karena memiliki area cakupan yang tidak terlalu luas namun dapat memenuhi kebutuhan *user* yang padat karena memiliki kapasitas kanal yang tinggi.

c. Carrier Aggregation [4]

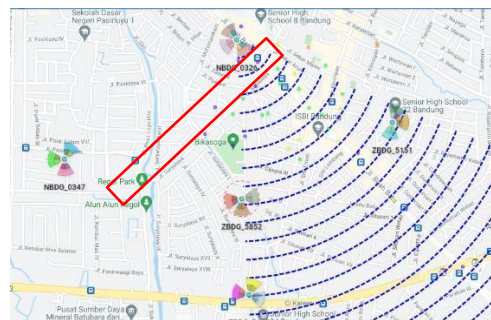
Carrier aggregation adalah teknologi yang memungkinkan jaringan 4G berjalan di dua frekuensi berbeda dengan menggabungkan beberapa CC (*Component Carriers*) agar tercapai *peak data rate*. [6] Adapun terdapat 3 jenis metode *carrier aggregation*, yaitu :

- 1) *Intra-band contiguous*, *carrier* yang diagregasi terletak pada *band* yang sama, dimana CC pertama dan CC kedua letaknya bersebelahan (*contiguous*).
- 2) *Intra-band non contiguous*, *carrier* yang diagregasi terletak pada *band* yang sama, namun CC pertama dan CC kedua letaknya tidak bersebelahan (*non-contiguous*).
- 3) *Inter-band non contiguous*, *carrier* yang diagregasi terletak pada *band* yang berbeda, serta CC pertama dan CC kedua letaknya tidak bersebelahan (*non-contiguous*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Wilayah

Penelitian ini menggunakan wilayah di Jalan Suryalaya, Kota Bandung. Wilayah ini dipilih karena dapat diterapkan metode *cell splitting* dan *carrier aggregation* sesuai dengan pertimbangan sebagai berikut : wilayah merupakan kategori Urban, termasuk *potential market* dengan kapasitas trafik yang cukup tinggi, terdapat *rooftop building* untuk meletakkan *microcell*, serta memiliki ketersediaan spektrum untuk mendukung penerapan *carrier aggregation* yaitu pada *band 5 FDD* dan *band 40 TDD*. Selain itu, wilayah ini juga masih belum ter-cover dengan baik, hal ini dapat dilihat berdasarkan *coverage map* yang diperoleh dari operator terkait seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Coverage Map Sektor-2 NBDG_0326

Berdasarkan *coverage map* tersebut, maka penerapan metode *cell splitting* dan *carrier aggregation* dapat dilakukan untuk mendukung cakupan dan kapasitas layanan jaringan di wilayah tersebut. Adapun kondisi *existing site* dan *existing transmitter* ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut.

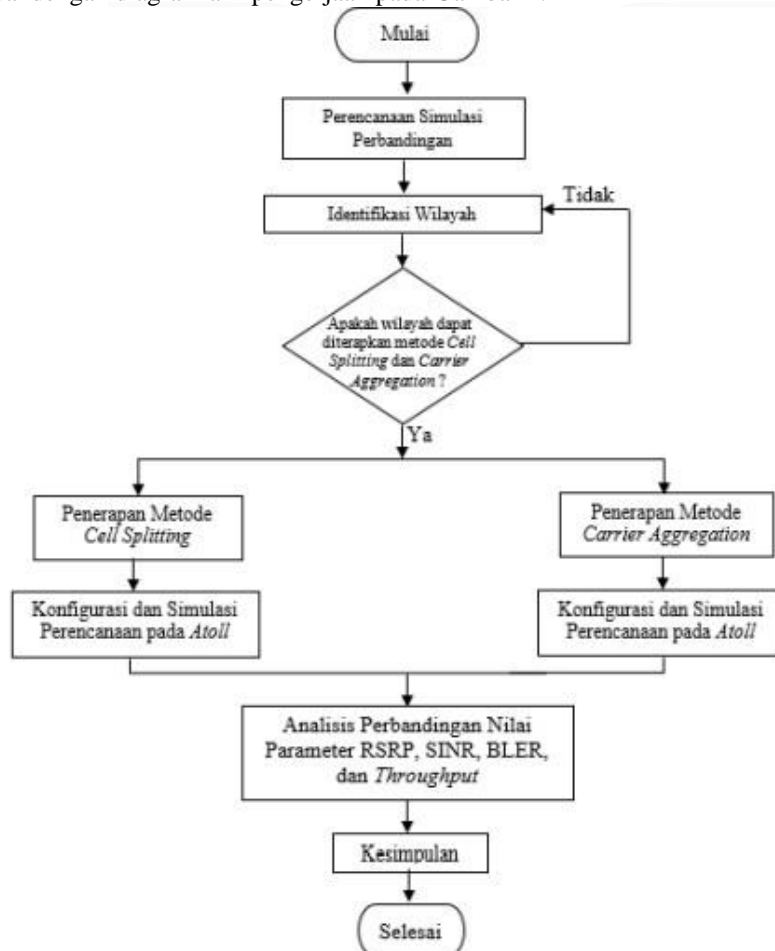
Tabel 1 *Existing Site* dan *Transmitter* di Wilayah Perencanaan

eNodeB ID	Site Name	Cell ID	Sector	Azimuth	Mechanical Tilt	Electrical Tilt	Antenna Height
115326	Karoke Buah Batu	31	1	320	0	3	24
115326	Karoke Buah Batu	32	2	145	0	4	24
115326	Karoke Buah Batu	33	3	240	0	4	24
115347	Sriwijaya BDG	31	1	30	0	4	30
115347	Sriwijaya BDG	32	2	175	0	0	30
115347	Sriwijaya BDG	33	3	270	0	2	30
336151	Buah Batu [HS-2]	31	1	20	0	6	25,5
336151	Buah Batu [HS-2]	32	2	90	0	7	25,5
336151	Buah Batu [HS-2]	33	3	190	0	4	25,5
336852	3G SURYALAYACIJAGRA	31	1	80	0	8	27
336852	3G SURYALAYACIJAGRA	32	2	180	0	7	27
336852	3G SURYALAYACIJAGRA	33	3	260	0	7	27
336177	Batununggal [HS-2 Tag-2]	31	1	20	0	6	40,5
336177	Batununggal [HS-2 Tag-2]	32	2	110	0	4	40,5
336177	Batununggal [HS-2 Tag-2]	33	3	280	0	5	40,5

Dalam penelitian ini, *site* yang akan dilakukan penerapan metode *cell splitting* dan metode *carrier aggregation* adalah ZBDG_5852 tepatnya pada sektor 1 *site* 3G_SURYALAYACIJAGRA.

3.2 Perancangan Peningkatan Kapasitas Jaringan LTE

Penerapan metode *cell splitting* dan metode *carrier aggregation* dilakukan secara terpisah. Adapun penerapan dilakukan sesuai dengan diagram alir pengerjaan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Perencanaan

3.2.1 Perancangan Metode *Cell Splitting*

A. Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Site*

Pada perancangan menggunakan metode *cell splitting* dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan *site* menggunakan pendekatan *coverage planning* dan *capacity planning*.

Tabel 2 Hasil Perhitungan *Coverage Planning*

Parameter	Variabel	Unit	Nilai
Model Propagasi	-	-	Cost-231
Klasifikasi Wilayah	-	-	Urban
Luas Wilayah	L	km ²	0,796
Frekuensi Kerja	f	MHz	850
Tinggi Antena BS	hb	M	17
Tinggi Antena MS	hm	M	1,5
MAPL	PL	dB	125,3157
Faktor Koreksi Daya	cm	dB	0
Parameter	Variabel	Unit	Nilai
Faktor Koreksi Antena MS	a(hm)	-	0,0136
Radius Sel	d	Km	0,795
Luas Sel	Cell Coverage	km ²	3,697
Jumlah Sel	Number of Site	-	0,215 ~ 1

Tabel 3 Hasil Perhitungan *Capacity Planning*

Parameter	Unit	Nilai	
		Uplink	Downlink
Luas Daerah	Km ²	0,796	
User LTE	Jiwa	1141	
Single User Throughput	Kbps	9,872	37,271
Network Throughput	Mbps	11,265	42,532
Site Capacity	Mbps	132,373	110,311
Number of Site	-	0,085 ~ 1	0,386 ~ 1

Berdasarkan hasil perhitungan dengan pendekatan *coverage planning* sesuai dengan Tabel 2 dan *capacity planning* sesuai dengan Tabel 3, diperoleh hasil yang apabila dibulatkan nilainya masing – masing sebanyak 1 *site* (*microcell*).

B. Perhitungan Daya Setelah *Cell Splitting* [5]

Selanjutnya dilakukan perhitungan daya untuk memastikan bahwa daya pancar dari sel asli harus dikurangi dengan tujuan agar perencanaan *frequency reuse* dapat berjalan sesuai dengan sel asli. Berikut ini merupakan perhitungan daya setelah *cell splitting* dengan menggunakan tipe *mobile radio environment*.

$$P_{t1} = \frac{P_{t0}}{16}$$

$$P_{t1} = \frac{20}{16}$$

$$P_{t1} = 1,25 \text{ Watt}$$

Atau jika dikonversi ke dalam satuan dBm P_{t1} menjadi :

$$\begin{aligned} \text{dBm} &= 10 \log 1,25 + 30 \text{ dBm} \\ &= 0,969 \text{ dBm} + 30 \text{ dBm} \\ &= 30,969 \text{ dBm} \approx 31 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dapat dikatakan bahwa perhitungan sudah sesuai dengan teori karena memiliki selisih daya sebesar 12 dB dengan daya sebelum *cell splitting* sebesar 43 dBm dan daya setelah dilakukan *cell splitting* adalah sebesar 31 dBm. Namun, hasil perhitungan secara teori akan berbeda dengan penggunaan di lapangan yang menggunakan daya sebesar 38 dBm, hal ini karena secara teori tidak memperhatikan kondisi *real* di lapangan.

C. Identifikasi Peletakan dan Spesifikasi *Microcell*

Sebelum dilakukan peletakan *microcell* yang akan dibangun, terlebih dahulu dilakukan identifikasi *timing advance*. Berdasarkan hasil identifikasi TA, diperoleh bahwa kepadatan pengguna tertinggi yang mengakses sektor 1 3G_SURYALAYACIJAGRA berada pada rentang jarak 78-391 m, yaitu sebanyak 121083 pengaksesan. Dari hasil ini, maka ditentukan posisi peletakan *microcell* pada jarak sekitar 78-391 m dari sektor 1 3G_SURYALAYACIJAGRA. Kemudian melalui hasil identifikasi wilayah perencanaan di lapangan, maka ditentukan titik koordinat peletakan *microcell* berada pada koordinat 107,63426 dan -6,943438 atau tepatnya berada pada *rooftop* bangunan BBB Guesthouse Suryalaya. Adapun spesifikasi dari *microcell* yang akan dibangun ditunjukkan oleh Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Identifikasi Spesifikasi *Microcell*

Parameter	Unit	Nilai
Frekuensi Kerja	MHz	850
<i>Bandwidth</i>	MHz	10
<i>Longitude</i>	°	107,63426
<i>Latitude</i>	°	-6,943438
Tinggi Antena	M	17
Jumlah Antena	Buah	3
Daya	dBm	38
<i>Mechanical Azimuth</i>	°	Tx1 = 20; Tx2 = 140; Tx3 = 240
<i>Mechanical Downtilt</i>	°	Tx1 = 2°; Tx2 = 6°; Tx3 = 4°

D. Perhitungan *Physical Tuning* dengan *Mechanical Tilting*

Penentuan *azimuth* dari *microcell* dilakukan dengan mengarahkan antena sesuai dengan kondisi *potential market* yang ada di sekitar wilayah perencanaan. Sementara untuk pengaturan *cell splitting* dilakukan *physical tuning* dengan *mechanical tilting* pada *microcell* dan *cell splitting* melalui perhitungan. Adapun hasil perhitungan ditunjukkan oleh Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Perhitungan *Physical Tuning* dengan *Mechanical Tilting*

Cell Name	Kondisi Awal (°)	Setelah Perhitungan (°)
<i>Microcell_1</i>	0	2
<i>Microcell_2</i>	0	6
<i>Microcell_3</i>	0	4
Sriwijaya_BDG_3	0	4
Karoke Buah Batu_3	0	6
3G_SURYALAYACIJAGRA_3	0	14
Batununggal [HS-2]_1	0	2

3.2.2 Perancangan Metode *Carrier Aggregation*

A. Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Site*

Perhitungan jumlah kebutuhan *site* pada metode *carrier aggregation* pada penelitian ini dilakukan melalui pendekatan *coverage planning* dan *capacity planning*.

Tabel 6 Spesifikasi Perhitungan *Coverage Planning*

Parameter	Variabel	Unit	Nilai
Model Propagasi	-	-	Cost-231
Klasifikasi Wilayah	-	-	Urban
Luas Wilayah	L	km ²	0,796
Tinggi Antena BS	hb	M	27
Tinggi Antena MS	hm	M	1,5
MAPL <i>downlink</i>	PL	dB	131,68
Faktor Koreksi Daya	cm	dB	0

Tabel 7 Hasil Perhitungan *Coverage Planning*

Parameter	Variabel	Unit	Nilai (850 MHz)	Nilai (2300 MHz)
Faktor Koreksi Antena MS	a(hm)	-	0,0136	1,1026
Radius Sel	D	km	1,46	0,6
Luas Sel	Cell Coverage	km ²	10,8	1,8
Jumlah Site	Number of Site	-	0,07 ~ 1	0,4 ~ 1

Tabel 8 Hasil Perhitungan *Capacity Planning*

Parameter	Unit	Nilai	
		Uplink	Downlink
Luas Daerah	Km ²	0,796	
User LTE-A	Jiwa	761	
Single User Throughput	Kbps	9,872	37,271
Network Throughput	Mbps	7,510	28,355
Site Capacity	Mbps	132,373	110,311
Number of Site	-	0,057 ~ 1	0,257 ~ 1

Tabel 6 menunjukkan spesifikasi perhitungan yang digunakan. Berdasarkan hasil perhitungan dengan pendekatan *capacity planning* sesuai pada Tabel 7 dan *capacity planning* sesuai pada Tabel 8, diperoleh hasil yang apabila dibulatkan nilainya masing – masing sebanyak 1 *site*.

B. Konfigurasi *Carrier Aggregation* [6]

Konfigurasi *carrier aggregation* pada proyek akhir ini menggunakan konfigurasi CA_5A-40C sesuai dengan yang ditunjukkan oleh Tabel 9 berikut.

Tabel 9 Konfigurasi *Carrier Aggregation*

Konfigurasi <i>Carrier Aggregation</i>			
Type of CA & Duplex	CA Configuration	Maximum Aggregated Bandwidth (MHz)	Max Number of CC
Inter-Band CA FDD-TDD	CA_5A-40C	40	3

Pada Tabel 9 ditunjukkan bahwa konfigurasi CA_5A-40C yang diterapkan merupakan jenis *Inter-band* CA FDD-TDD, dimana jenis konfigurasi ini memiliki *maximum number of CC* sebanyak 3 CC yang menggunakan frekuensi *band 5* (850 MHz) dan *band 40* (2300 MHz) sebagai SCC.

C. Spesifikasi Penerapan *Carrier Aggregation*

Pada peningkatan kapasitas jaringan menggunakan metode ini, digunakan dua *band* frekuensi yang dimiliki oleh operator, yaitu pada spektrum frekuensi 850 MHz (10 MHz) dan pada frekuensi 2300 MHz (30MHz). Adapun spesifikasi penerapan *carrier aggregation* ini ditunjukkan oleh Tabel 10 berikut.

Tabel 10 Spesifikasi Penerapan *Carrier Aggregation*

Penerapan <i>Carrier Aggregation</i>	
<i>Carrier Aggregation</i>	<i>Inter-Band</i>
Klasifikasi Wilayah	Urban
Frekuensi Kerja	850 MHz & 2300 MHz
Site	5 eNodeB
Etilt	0-8
Mtilt	0
Tinggi Antena	24 – 40,5 m
Daya	43 dBm

4. PEMBAHASAN

Setelah dilakukan identifikasi dan pengumpulan data serta perencanaan untuk penerapan metode *cell splitting* dan metode *inter-band carrier aggregation*, selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan *software Atoll 3.3*. untuk masing-masing metode secara terpisah. Adapun nilai parameter yang dianalisis dari hasil simulasi adalah parameter RSRP, SINR, BLER, dan *throughput*. Hasil simulasi untuk setiap parameter untuk setiap skenario simulasi menggunakan masing-masing metode ditunjukkan oleh tabel berikut, dimana Tabel 11 menunjukkan hasil nilai parameter RSRP, Tabel 12 menunjukkan hasil nilai parameter SINR, Tabel 13 menunjukkan hasil nilai parameter BLER, dan Tabel 14 menunjukkan hasil nilai parameter *throughput*.

Tabel 11 Hasil Simulasi Parameter RSRP

Nilai Simulasi Parameter RSRP			
Nilai (dBm)	Warna	Skenario Simulasi	
		Microcell dengan Metode Cell Splitting	Metode Inter-band Carrier Aggregation
-95 to -40		28,33 %	16,27 %
-105 to -95		67,84 %	83,64 %
-110 to -105		3,88 %	0,088 %
-120 to -110		0 %	0 %
-140 to -120		0 %	0 %
Mean		-98,93 dBm	-94,52 dBm

Tabel 12 Hasil Simulasi Parameter SINR

Nilai Simulasi Parameter SINR			
Nilai (dB)	Warna	Skenario Simulasi	
		Microcell dengan Metode Cell Splitting	Metode Inter-band Carrier Aggregation
12 to 30		36,13 %	15,75 %
6 to 12		42,07 %	33,56 %
3 to 6		18,97 %	32,63 %
-3 to 3		2,84 %	18,05 %
-20 to -3		0 %	0 %
Mean		8,97 dB	8,89 dB

Tabel 13 Hasil Simulasi Parameter BLER

Nilai Simulasi Parameter BLER			
Nilai	Warna	Skenario Simulasi	
		Microcell dengan Metode Cell Splitting	Metode Inter-band Carrier Aggregation
0 to 0,05		86,99 %	86,89 %
0,05 to 0,1		7,93 %	7,2 %
0,1 to 0,15		2,71 %	2,2 %
0,15 to 0,2		1,44 %	1,98 %
>0,2		0,93 %	1,72 %
Mean		0,02	0,02

Tabel 14 Hasil Simulasi Parameter Throughput

Nilai Simulasi Parameter Throughput			
Nilai (Mbps)	Warna	Skenario Simulasi	
		Microcell dengan Metode Cell Splitting	Metode Inter-band Carrier Aggregation
20 to 100		48,597 %	14,29 %
10 to 20		48,57 %	29,63 %
5 to 10		2,84 %	55,32 %
3 to 5		0 %	0,77 %
< 3		0 %	0 %
Mean		22,5 Mbps	14,7 Mbps

Berdasarkan Tabel 11 hasil simulasi parameter RSRP, diperoleh bahwa nilai rata-rata RSRP yang dihasilkan menggunakan metode *inter-band carrier aggregation* lebih besar daripada menggunakan metode *cell splitting*, yaitu sebesar -94,52 dBm, dimana nilai ini termasuk kategori *excellent*. Adapun pada Tabel 12 hasil simulasi parameter SINR, diperoleh nilai rata-rata SINR menggunakan metode *cell splitting* lebih besar daripada metode *inter-band carrier aggregation*, yaitu sebesar 8,97 dB, dimana nilai ini termasuk kategori *good*. Kemudian pada Tabel 13 hasil simulasi parameter BLER menggunakan kedua metode didapatkan nilai rata-rata dengan hasil yang sama yaitu sebesar 0,02, dimana nilai BLER kurang dari 0,1 termasuk kategori baik. Adapun pada Tabel 14 hasil simulasi parameter *Throughput*, diperoleh nilai rata-rata *throughput* menggunakan metode *cell splitting* lebih besar daripada metode *inter-band carrier aggregation*, yaitu sebesar 22,5 Mbps, dimana nilai ini termasuk kategori *excellent*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dengan menerapkan metode *cell splitting* dan metode *inter-band carrier aggregation* secara terpisah, diperoleh bahwa nilai rata-rata parameter SINR dan *throughput* menggunakan metode *cell splitting* lebih unggul daripada metode *inter-band carrier aggregation*. Sedangkan nilai rata-rata parameter RSRP pada penerapan metode *inter-band carrier aggregation* memiliki nilai yang lebih unggul daripada metode *cell splitting*. Adapun nilai rata-rata parameter BLER pada kedua metode adalah sama, yaitu sebesar 0,02.

Dari hasil perbandingan nilai parameter yang dihasilkan oleh kedua metode, terlihat bahwa penerapan metode *cell splitting* lebih unggul daripada metode *inter-band carrier aggregation*, sehingga diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi dan pertimbangan dalam pemilihan metode yang akan digunakan dalam penerapan perencanaan peningkatan kapasitas jaringan seluler LTE ke depannya dengan menyesuaikan kondisi wilayah dan ketersediaan spektrum frekuensi operator di lapangan.

REFERENSI

- [1] C. Cox, *An Introduction to LTE*, John Wiley & Sons, Ltd, 2014.
- [2] Sunomo, *Pengantar Sistem Komunikasi Nirkabel*, Jakarta: Grasindo, 2004.
- [3] S. Katiyar, P. K. Jain and P. N. K. Agrawal, "An Intelligent Approach for Dense Urban Area in existing 2G/2.5 G," *International Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 2, no. 12, pp. 1-6, 2011.
- [4] R. N. Clarke, "Expanding Mobile Wireless Capacity : The Challenges Presented by Technology and Economics," *Telecommunications Policy*, vol. 38, no. 8-9, pp. 693-708, 2013.
- [5] T. S. Rappaport, *Wireless Communications Principles and Practice*, New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- [6] 4. Americas, "LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide," 2014.