

Analisis Dampak *Inter-Band Carrier Aggregation* pada Perencanaan Jaringan *LTE-Advanced*

ARIF MUBAROK, HASANAH PUTRI

Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi Telkom University
Email: hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id

Received 14 Februari 2019 | *Revised* 1 Maret 2019 | *Accepted* 9 April 2019

ABSTRAK

Penerapan teknologi Long Term Evolution (LTE) di Indonesia belum optimal dalam pengalokasian spektrum dikarenakan keterbatasan spektrum, untuk mengatasi masalah tersebut 3GPP mengeluarkan teknologi terbaru yaitu LTE-Advanced yang mendukung fitur carrier aggregation (CA) yang memberikan throughput yang lebih tinggi dengan penggunaan spektrum yang lebih efisien. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan jaringan LTE-Advanced menggunakan metode inter-band CA dengan menggabungkan dua band frequency yang berbeda yaitu bandwidth 5 MHz di band 5 (850 MHz) dan bandwidth 10 MHz di band 3 (1800 MHz). Untuk mendapatkan performansi yang maksimal perencanaan jaringan LTE dan LTE-A dikombinasikan dengan penggunaan skema Physical Cell Identity (PCI) dan Soft Frequency Reuse (SFR). Penggunaan PCI meningkatkan SINR sebesar 1 dB dan throughput meningkat sebesar 200 Kbps, sedangkan penggunaan skema SFR meningkatkan SINR sebesar 9 dB dan throughput meningkat sebesar 13 Mbps.

Kata kunci: *LTE-Advanced, PCI, SFR, Carrier Aggregation.*

ABSTRACT

The implementation of Long Term Evolution (LTE) technology in Indonesia has not been optimal due to spectrum limitations. To overcome the problem, 3GPP issued the latest technology, i.e. LTE-Advanced, to support the carrier aggregation (CA) feature that provides higher throughput with more efficient spectrum usage. In this study, LTE-Advanced network planning was performed using the inter-band CA method by combining two different band frequencies, namely 5 MHz bandwidth on Band 5 (850 MHz) and 10 MHz bandwidth on Band 3 (1800 MHz). In addition, to generate maximum performance, the LTE and LTE-A networks planning was combined with the use of Physical Cell Identity (PCI) and Soft Frequency Reuse (SFR) schemes. The use of the PCI managed to increase SINR by 1 dB and throughput by 200 Kbps, while the use of SFR scheme managed to increase SINR by 9 dB and throughput by 13 Mbps.

Keywords: *LTE-Advanced, PCI, SFR, Carrier Aggregation.*

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data akhir tahun 2014, terdapat sekitar 7.2 miliar pengguna mobile di seluruh dunia. Pada kuartal pertama 2015 saja, ada penambahan pengguna *mobile* baru sebesar 4 % atau 108 juta pengguna (**4G Americas, 2014**). Maka dari itu teknologi seluler dituntut untuk meningkatkan kapasitas untuk melayani *user*, kualitas layanan dengan *datarate* yang tinggi, *bandwidth* yang besar dan *coverage* yang luas.

Penggunaan *spectrum frequency* menjadi faktor utama dalam penerapan 4G, pemerintah mendorong operator seluler untuk menyediakan frekuensi 850 MHz dan 1800 MHz untuk slot bagi 4G. Tapi, lebar pita yang dimiliki masing-masing operator di frekuensi tersebut cukup terbatas karena sebagian sudah digunakan untuk jaringan 2G (**4G Americas, 2014**). Untuk mengatasi masalah tersebut 3GPP mengeluarkan teknologi LTE-Advanced yang mendukung fitur *carrier aggregation* yaitu suatu teknik menggabungkan dua atau lebih *component carrier* secara bersamaan baik pada band frekuensi yang sama maupun berbeda (**Han, 2010**).

Dengan adanya fitur yang mendukung *Carrier Aggregation* teknologi LTE-Advanced akan semakin *optimal* dalam penggunaan spektrum frekuensi. Untuk menghasilkan *throughput* yang maksimum dan meminimalisir terjadinya interferensi sehingga kualitas layanan meningkat dilakukan dengan cara mengkombinasikan penggunaan *carrier aggregation* dengan skema PCI dan SFR (**F. Akyildiz, 2010**).

Perencanaan jaringan LTE-Advanced dengan menggunakan fitur *carrier aggregation* dilakukan berdasarkan perhitungan *coverage* dan *capacity*. Parameter-parameter yang dihitung dan diamati diantaranya yaitu RSRP, SINR, *Throughput* dan *User connected*.

1.1 Metode Site Selection and Criteria

Dalam perencanaan jaringan LTE pada penelitian ini, untuk mendapatkan jumlah *site* yang dibutuhkan sesuai target kebutuhan layanan LTE disuatu area yaitu menggunakan 4 metode pendekatan.



Gambar 1. Site selection and criteria (Aryanta, 2018)

a. *PS data throughput (Payload) > 30 GB*

Untuk pemilihan *site* mana yang sesuai bisa ditinjau dari penggunaan data teknologi sebelumnya, karena teknologi LTE fokus untuk akses data. Meninjau dari *payload* 3G per sektor dan harus mencapai 30 GB.

b. 4G UE *handset* > 150

Untuk meyakinkan operator dalam penerapan site disuatu area bisa juga ditinjau dengan melihat berapa jumlah *handset* yang tersedia dan sudah *support* jaringan LTE di suatu area.

c. POI (*point of interest*) dan VIP (*Very Important Person*)

Point of interest adalah suatu tempat yang terdapat banyak orang berkumpul misalnya mall dan Rumah Sakit, dan *Very Important Person* adalah suatu tempat dimana tempat tersebut memang harus mendapatkan layanan terbaik misalnya di area kepresidenan dan pemerintahan.

d. SDR Module and IP Transmission ready

Ditinjau dari sisi *transport readiness* yaitu tempat yang harus memiliki transfer data dengan kecepatan yang lebih tinggi.

1.2 Capacity Planning

Capacity planning bertujuan untuk mengetahui jumlah *site* yang dibutuhkan sesuai dengan trafik yang diperlukan. Persamaan (1) sampai dengan Persamaan (5) merupakan persamaan yang digunakan dalam perencanaan kapasitas.

$$\text{Single user throughput} = \frac{[\sum \left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration Ratio} \times (1 + \text{Peak to average ratio})]}{3600} \quad (1)$$

Nilai *Peak to Average Ratio* merupakan *margin* jika terjadi lonjakan trafik. Pemilihan nilai ini bergantung pada *morphology* daerah.

$$\text{UL Network Throughput (IP)} = \text{Total user number} \times \text{UL single user} \quad (2)$$

Throughput single site capacity adalah *throughput* pada layer MAC dan *throughput* yang akan diperoleh *user* adalah *throughput* pada layer MAC/Phy.

$$\text{DL Network Throughput (MAC Layer)} = \text{Network Throughput} \times (\text{MAC Layer}) \times A \times B \times C \quad (3)$$

Selanjutnya adalah mencari kapasitas dari satu *site*. Perhitungan kapasitas *cell* pada sisi *Downlink* (*DL Cell Throughput*) dan *Uplink* (*UL Cell Throughput*) menggunakan Persamaan (4) dan (5).

$$\text{DL cell capacity} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12)(\text{code bits})(\text{code rate})(N_{rb})(C)(1000) \quad (4)$$

$$\text{UL cell capacity} + \text{CRC} = (168 - 24)(\text{code bits})(\text{code rate})(N_{rb})(C)(1000) \quad (5)$$

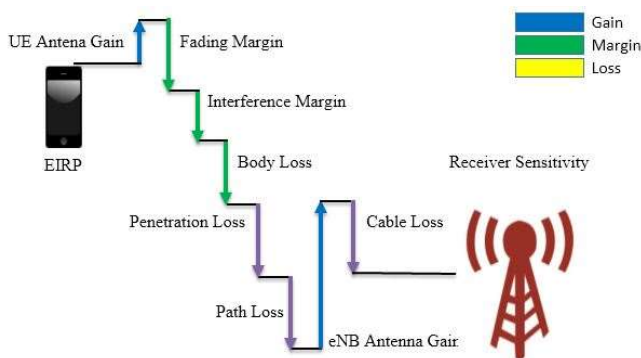
Keterangan:

CRC	= <i>Cyclic Redundancy Check</i> (24)
168	= Jumlah <i>Resource Element</i> (1 ms)
36	= Jumlah <i>control channel Resource Element</i> (1 ms)
12	= Jumlah <i>reference signal Resource Element</i> (1 ms)
<i>Code bits</i>	= Bit Modulasi
<i>Code rate</i>	= <i>Channel coding rate</i>

- N_{rb} = Jumlah *Resource Block*
- C = MIMO TRX
- 24 = Jumlah *reference signal uplink* (1 ms)

1.3 Coverage Planning

Coverage Planning merupakan metode perencanaan yang memperhitungkan wilayah dan jumlah sel dimana sel tersebut dapat mencakup semua wilayah yang sudah direncanakan. Pada *coverage planning*, untuk mengetahui estimasi nilai maksimum dari pelemahan sinyal yang diperbolehkan antara UE (*User Equipment*) dengan eNodeB, nilai pelemahan sering disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) (E. Dahlman, 2011). Pelemahan sinyal terbagi dua arah yaitu *uplink* dari UE ke eNodeB dan *downlink* dari eNodeB ke UE.

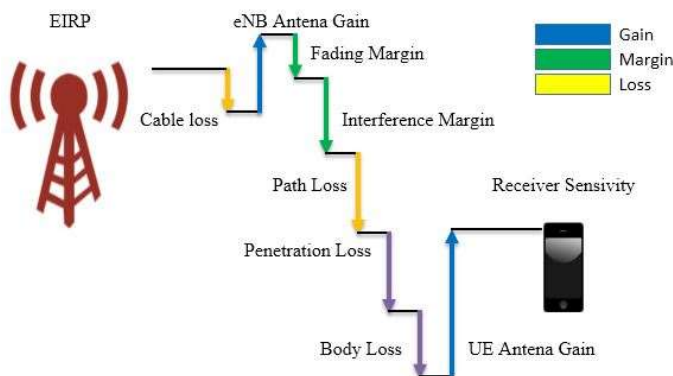


Gambar 2. Estimasi *Link Budget Uplink*

Persamaan (6) merupakan persamaan untuk menghitung MAPL *uplink*.

$$MAPL = UET_xpower + UEAG + OG - FM - IM - BL - PL_1 - PL_2 + EAG - CL - RSNB \quad (6)$$

Estimasi MAPL pada sisi *downlink* dilakukan dengan menentukan nilai *link budget* untuk arah *downlink*. Estimasi *link budget* pada sisi *downlink* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Estimasi *Link Budget Downlink*

Persamaan (7) merupakan persamaan untuk menghitung MAPL *downlink*.

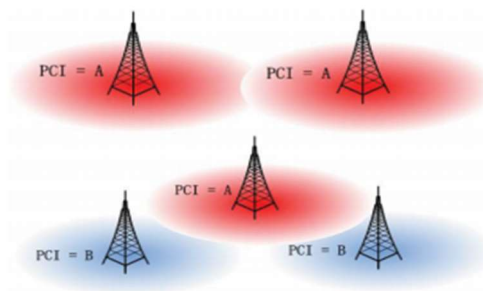
$$MAPL = UET_xpower + UEAG + OG - FM - IM - BL - PL_1 - PL_2 + EAG - CL - RSUE \quad (7)$$

Keterangan :

MAPL	= <i>Maximum Path Loss</i> yang diperbolehkan selama propagasi sinyal arah <i>uplink</i> atau <i>downlink</i> (dB)
UET _x Power	= <i>UE Transmit Power</i> (dBm)
UEAG	= <i>UE Antenna Gain</i> (dB)
OG	= <i>Other Gain</i>
FM	= <i>Fading Margin</i> (dB)
IM	= <i>Interference Margin</i> (dB)
BL	= <i>Body Loss</i> (dB)
PL ₁	= <i>Penetration Loss</i> (dB)
PL ₂	= <i>Path Loss</i> (dB)
EAG	= <i>eNodeB Antenna Gain</i> (dB)
CL	= <i>Cable Loss</i> (dB)
RSNB	= <i>Receiver Sensitivity eNodeB</i> (dBm)
RSUE	= <i>Receiver Sensitivity User Equipment</i> (dBm)

1.4 *PCI Planning*

Cara untuk mengidentifikasi fisik sel dalam jaringan LTE disebut dengan PCI (*Physical Cell ID*). Setiap sel melakukan *broadcast* penandaan identifikasi berupa PCI yang digunakan oleh perangkat untuk mengidentifikasi sel (frekuensi dan waktu) dalam prosedur *handover* (S. Sesia, 2011).



Gambar 4. *PCI Planning*

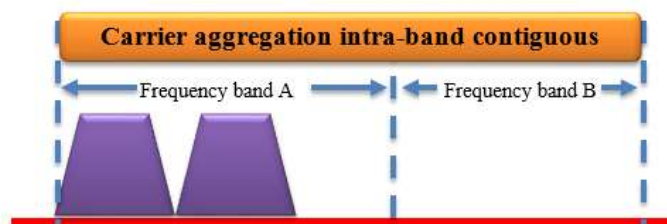
Alokasi PCI dalam jaringan LTE harus memenuhi dua ketentuan agar proses *handover* berjalan dengan sukses (Rohde and Schwarz, 2015), yaitu :

- Kode PCI harus unik dalam suatu area cakupan sel. Hal ini terjadi ketika ada dua sel tetangga yang memiliki kode PCI yang tidak sama (*Collision-free*).
- Sel tetangga yang berdekatan tidak diperbolehkan memiliki kode PCI sama. Kondisi ini terjadi ketika tidak ada satupun sel-sel yang memiliki kode PCI yang berdekatan (*Confusion-free*).

1.5 *Carrier Aggregation*

LTE-Advanced terdiri satu set fitur, salah satu fitur yang paling penting adalah *Carrier Aggregation* (CA). *LTE-Advanced* memungkinkan agregasi maksimal lima operator dengan *bandwidth* hingga 20 MHz untuk mencapai total *bandwidth* transmisi hingga 100 MHz. Fitur CA terdiri dari 3 tipe yaitu (4G Americas, 2014):

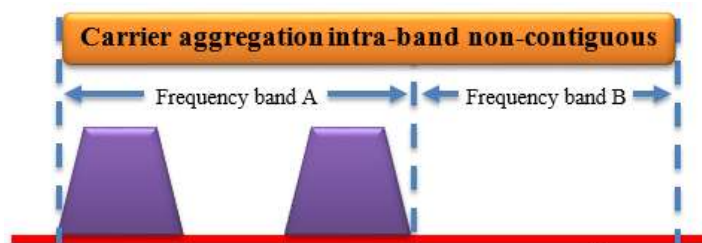
a. *Carrier aggregation intra-band contiguous*



Gambar 5. CA Intra-band contiguous

Carrier aggregation intra-band contiguous adalah teknik penggunaan dua atau lebih frekuensi *carrier* secara bersamaan pada frekuensi *band* yang sama. Pada *carrier aggregation intra-band non-contiguous* antara kedua *component carrier* dipisahkan oleh beberapa blok frekuensi *carrier* operator lainnya yang berada dalam band frekuensi yang sama sehingga keberadaan kedua frekuensi *carrier* tersebut tidak bersebelahan.

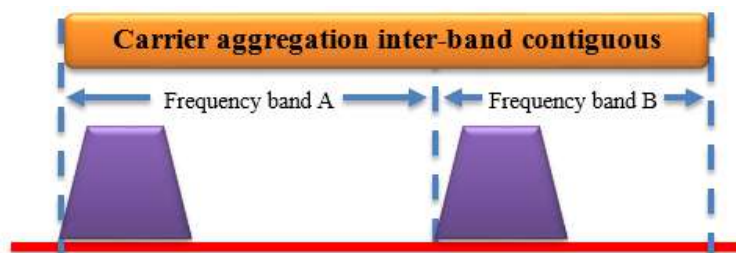
b. *Carrier aggregation inter-band non-contiguous*



Gambar 6. CA Intra-band non-contiguous

Carrier aggregation intra-band non-contiguous adalah teknik penggunaan dua atau lebih frekuensi *carrier* secara bersamaan dimana masing-masing *component carrier* terletak pada band frekuensi yang berbeda. Pada *Carrier Aggregation inter-band non-contiguous* penggunaan frekuensi *low band* sebagai salah satu *component carrier* memberikan keuntungan pada sisi *coverage* dan *capacity*.

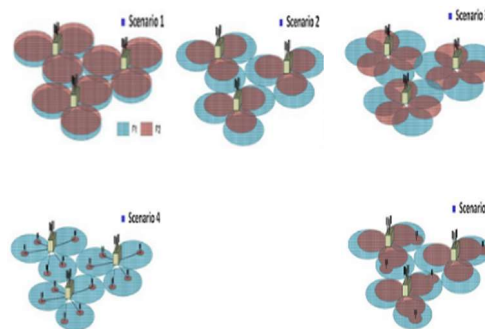
c. *Carrier aggregation intra-band*



Gambar 7. CA Inter-band

Frekuensi yang dimiliki tiap operator berdekatan satu sama lain. Jarak antara frekuensi saling bersebelahan dikumpulkan merupakan kelipatan dari 300 kHz agar kompatibel dengan frekuensi 100 kHz dan menjaga ortogonalitas dari *subcarriers* dengan spasi 15 kHz. Tidak ada persyaratan spesifik untuk *guard band* yang diharuskan pada *carrier aggregation intra-band non-contiguous*. Lima skenario deployment yaitu, CADS1, CADS2, CADS3, CADS4, dan CADS5 yang diusulkan dalam LTE-Advanced sistem sebagai referensi untuk mengevaluasi kinerja CA melalui mobilitas pengguna. CADS1, CADS2, dan CADS3 CADS4 dan CADS5 dianggap untuk mempelajari kinerja *Handover* dan melihat performa penggunaan skenario CA. Secara umum, tujuan dari CA adalah untuk meningkatkan *data rate* untuk pengguna yang berada dalam cakupan area banyak sel yang saling berhimpitan,

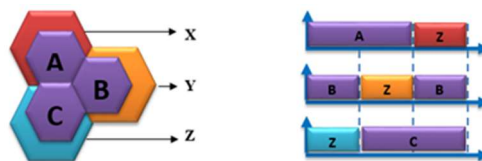
Dengan CA, terdapat macam-macam cara penggelaran yang memungkinkan. Gambar 8 berikut adalah skenario yang mungkin digunakan dalam CA.



Gambar 8. Carrier Aggregation Deployment Scenario

1.6 *Soft Frequency Reuse*

Terdapat dua jenis area cakupan yaitu *cell center* dan *cell edge*, kedua area ini menerapkan metode *Soft Frequency Reuse* (SFR) (Noer, 2015). Daya pancar pada skema *cell edge* lebih besar daripada *cell central* (W. Ade, Muntaqo Alfin Amanaf, 2019).



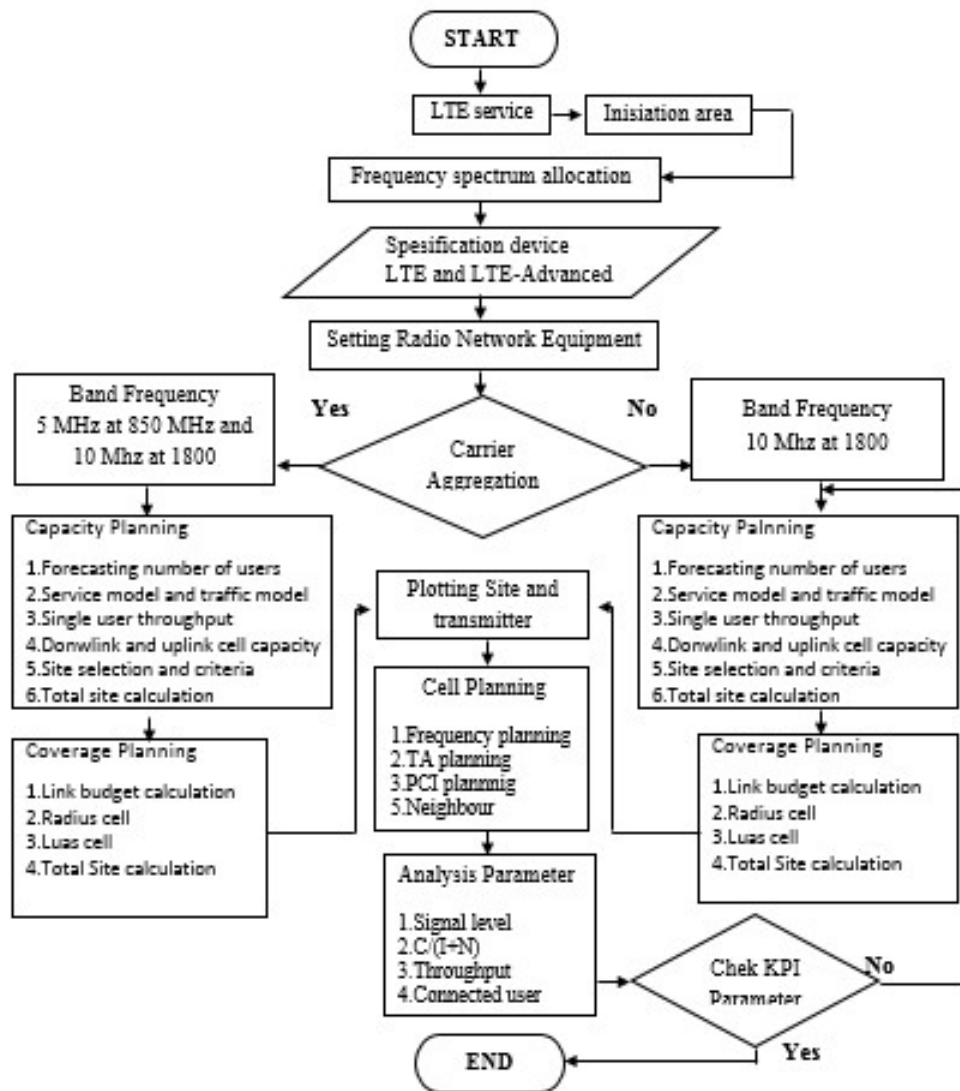
Gambar 9. Skema *Soft Frequency Reuse*

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Pada perencanaan berdasarkan perhitungan *coverage* dilakukan berdasarkan luas area yang direncanakan LTE dimana tujuan utamanya adalah agar seluruh area dapat tercakup sinyal LTE (tidak ada *blankspot*). Sedangkan perencanaan atau perhitungan berdasarkan *capacity* adalah merupakan perencanaan yang tinjauannya untuk menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan agar mampu melayani banyaknya *user* disuatu area sesuai dengan *throughput* yang ditawarkan oleh jaringan (Nistanto, 2014). Dalam perencanaan jaringan LTE dan LTE-A untuk menentukan jumlah *site* yaitu menggunakan 4 metode *site selection and criteria*.

2.1 Perencanaan Jaringan LTE

Gambar 10 berikut mencakup tahapan kerja yang dilakukan dalam penelitian ini. Akan tetapi dalam jurnal ini hanya disampaikan data-data yang telah diolah agar mudah dipahami. Dalam menerapkan CA pertama dilakukan pengaturan perangkat jaringan radio. Selanjutnya dilakukan *capacity planning* dan *coverage planning* untuk tiap band frekuensi (Reska K., n.d.). Setelah itu tahap analisis parameter diantaranya *signal level*, *C/I*, *throughput*, dan *connected user*. Selanjutnya memastikan apakah nilai tiap parameter telah sesuai dengan *Key Performance Indicator* (KPI).



Gambar 10. Work Flow Perencanaan Jaringan LTE

2.2 Spesifikasi Perangkat LTE dan LTE-A

Penentuan parameter untuk perencanaan jaringan LTE berbeda dengan penentuan parameter perencanaan jaringan *LTE-Advanced*. Berbeda baik dari sisi frekuensi, model propagasi, *bandwidth*, MAPL, jumlah *resource block*, dan *RS power*.

Tabel 1 berikut ini merupakan parameter jaringan LTE dan *LTE-Advanced* yang digunakan dalam penelitian ini (Zemed, 2014).

Tabel 1. Parameter LTE dan LTE-A

	LTE	LTE-Advanced	
User enviroment	Outdoor (Urban)	Outdoor (Urban)	
Carrier Aggregation	NO	YES	
Duplex mode	FDD	FDD	
Frequency (MHz)	1800	850	1800
Model Propagasi	Cost 231 Hatta	Okumura-hatta	Cost 231 Hatta
MAPL	119.08	126.27	
Bandwidth frequency (MHz)	10	5	10
Number resource block	50 RB	75 RB	
RS Power	18.2 dBm	21.2	18.2
ICIC	Soft Frequency Resuse	Soft Frequency Resuse	
Number Of Antena (DL)	2x2	2x2	
Transmission Mode	TM2/3	TM2/3	

Untuk perencanaan jaringan LTE menggunakan *bandwidth* 10 MHz di band 3 (1800 MHz) sedangkan LTE-Advanced menggunakan 2 buah band *frequency* yaitu *bandwidth* 5 MHz di band 5 (850 MHz) dan *bandwidth* 10 MHz di band 3 (1800 MHz) karena mendukung metode CA sehingga *bandwidth* besar dan penggunaan *Resource Block* (RB) semakin banyak **(Co.Ltd, 2010a)**.

Pada perencanaan jaringan *LTE-advanced* khususnya menggunakan metode CA dengan metode penggunaan *power* berbeda, untuk 1800 MHz akan dijadikan *Pcell* dengan *power* yang lebih rendah daripada *Scell* yaitu di *frequency* 850 MHz sehingga memungkinkan interferensi *cell edge* juga akan semakin kecil, begitu juga penggunaan ICIC dengan metode SRF untuk meminimalisir terjadinya interferensi.

2.3 Alokasi Spektrum Frekuensi 850 MHz dan 1800 MHz

2.3.1 Frekuensi 1800 MHz

Perencanaan jaringan LTE menggunakan frekuensi DCS 1800 dengan menggunakan *bandwidth* 10 MHz operator Telkomsel **(Co.Ltd, 2010c)**. Berikut adalah penataan ulang frekuensi DCS 1800 yang sebelumnya digunakan untuk teknologi 2G. Pada frekuensi 1800 operator telkomsel memiliki *bandwidth* 22,5 MHz dengan penggunaan *Absolute Radio-Frequency Channel Number* (ARFCN) 775 sampai 885 untuk uplink mulai dari frequency 1762.5 – 1785 downlink mulai dari 1857.5 – 1880 MHz dan dibagi untuk masing-masing bagiannya seperti untuk BBCH IBS/Micro/Macro 12 ARFCN (775-786), BBCH Macro 18 ARFCN (787-804), TCH Macro/IBS/Micro 69 ARFCN (805-873) dan TCH Macro 12 ARFCN (874-885). *Bandwidth* 10 MHz digunakan untuk teknologi LTE dengan 50 ARFCN (824-873) *range* untuk *uplink* 1772.6 – 1782.4 MHz dan *downlink* 1867.6 – 1877.4 MHz.

2.3.2 Frekuensi 850 MHz

Untuk perencanan *LTE-advanced* digunakan *bandwidth* 5 MHz *range* frekuensi *uplink* dari 824.5 MHz – 829.5 MHz dan *downlink* 869.5 MHz – 874.5 MHz **(Co.Ltd, 2010b)**.

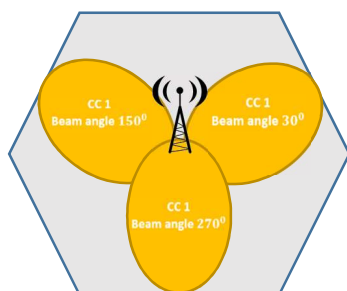
2.4 Penataan Bandwidth Frekuensi

Pada penelitian ini, frekuensi yang digunakan yaitu band frekuensi operator telkomsel (1800 MHz) dan telkom flexi (850 MHz) (Co.Ltd, 2013). Pada perencanaan pertama menggunakan bandwidth 10 MHz di band 3 (1800 MHz) tanpa penggunaan metode CA. Perencanaan kedua menggunakan metode *inter-band* CA dengan penggunaan *bandwidth* 10 MHz di band 3 (1800 MHz), *bandwidth* 5 MHz di band 5 (850 MHz).

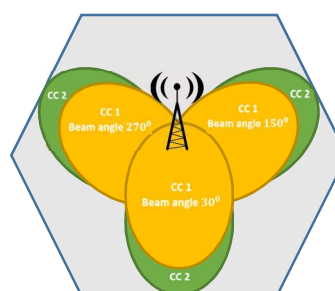
Tabel 2. Penataan Bandwidth Frekuensi

	METODE		
	Tanpa CA	Dengan CADS1	
Frequency (MHz)	1800	1800	850
ARFCN	824 – 873	824 – 873	129 – 154
Downlink (MHz)	1867.6 – 1877.4	1867.6 – 1877.4	869.5 – 874.5
Uplink (MHz)	1772.6 – 1782.4	1772.6 – 1782.4	824.5 – 829.5
BW Downlink (MHz)	10	10	5
BW Uplink (MHz)	10	10	5

Setelah penataan ulang *band frequency* untuk penggelaran LTE dan LTE-Advanced, langkah selanjutnya simulasi untuk skenario tanpa CA dan CADS3 (*Carrier Aggregation Deployment Scenario 3*).



Gambar 11. Skenario Tanpa CA



Gambar 12. Skenario CADS3

Perencanaan jaringan LTE 1800 pada Sektor 1,2 dan 3 dibedakan 120° setiap sektornya dan perencanaan jaringan LTE-A dibedakan 120° fungsinya untuk memaksimalkan penggunaan CA.

2.5 Frequency Planning

Pada perencanaan jaringan LTE dan LTE-Advanced menggunakan SRF dengan tujuan meningkatkan kapasitas dalam *cell center*, meminimalkan ICI (InterCarrier Interference) & meningkatkan SINR di tepi sel dan menggunakan semua *bandwidth* per sektor (ITU/BDT, 2010). Pembagian *bandwidth* digunakan untuk *cell center* dan *cell edge* dimana *cell center* mendapatkan pengalokasian *bandwidth* 7 MHz sedangkan *cell edge* 3 MHz. Penggunaan *bandwidth* akan mempengaruhi *RS power*, semakin tinggi *bandwidth* yang digunakan maka semakin banyak penggunaan *resource block* dan semakin kecil *RS power*nya sebaliknya semakin kecil penggunaan *bandwidth* maka semakin sedikit penggunaan *resource block* dan *RS power* akan semakin besar.

2.6 Skenario Alokasi PCI

Ada dua alternatif untuk pengalokasian PCI seperti terlihat pada Tabel 3 untuk alternatif 1 dan Tabel 4 untuk alternatif 2. Dalam pengalokasian PCI dibagi menjadi 2 grup yaitu sebagai berikut (**Amirijoo, 2015**):

1. *Site* = 168 kode grup
2. Sel sektor = 3 grup yang berbeda

Dengan strategi ini dapat meminimalkan terjadinya pergeseran kode frekuensi yang digunakan oleh sebuah *site* (**Co.Ltd, 2013**).

Tabel 3. Alternatif Alokasi PCI-1

		SSS ID									
		0	1	2	...	162	163	164	165	166	167
PSS ID	0	0	3	6	...	486	489	492	495	498	501
	1	4	7	10	...	490	493	496	499	502	1
	2	8	11	14	...	494	497	500	503	2	5

Keterangan:

PSS ID = *Primary Synchronization Signal Identification*

SSS ID = *Secondary Synchronization Signal Identification*

Tabel 4. Alternatif Alokasi PCI-2

		SSS ID									
		0	1	2	...	162	163	164	165	166	167
PSS ID	0	0	3	6	...	486	489	492	495	498	501
	1	8	11	14	...	494	497	500	503	2	5
	2	16	19	22	...	502	1	4	7	10	13

Keterangan:

PSS ID = *Primary Synchronization Signal Identification*

SSS ID = *Secondary Synchronization Signal Identification*

Penggunaan *Resource Element* tergantung penggunaan antena yang digunakan, semakin besar antena yang digunakan maka penggunaan *resource element* akan semakin banyak dan akan menambah kapasitas *user* (**Abuibaid, 2015**).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 MAPL *Downlink* dan *Uplink*

Dengan menggunakan Persamaan (6) dan Persamaan (7) didapatkan nilai MAPL *downlink* dan *uplink* seperti Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai MAPL Donwlink dan Uplink

Path Loss & Cell Radius	Urban		Formula
	Uplink	Downlink	
Penetration Loss (dB)	20.00	20.00	S
Std.of Shadow Fading (dB)	9.40	9.40	
Area Coverage Probability	90.00%	90.00%	
Shadow Fading Margin (dB)	4.24	4.24	T
Path Loss (dB)	124.13	126.27	U = J-R-S-T

Selanjutnya adalah menghitung radius sel, didapatkan sejumlah 21 *site* untuk LTE sedangkan LTE-A hanya mendapatkan 2 *site*.

Tabel 6. Total Perhitungan Site

Area	Teknologi					
	LTE		LTE-Advanced		LTE	LTE-Advanced
	Coverage	Capacity	Coverage	Capacity	Site Selection & Criteria	
URBAN	21	40	2	2	230	40

Berdasarkan *metode Site Selection and Criteria* dan perhitungan menggunakan Persamaan (1) - (5) didapatkan 241 *site* untuk LTE non CA dan 43 *site* untuk LTE-A dengan CA.

Rata-rata RSRP *cell Average* -94,87 dBm, *Cell Edge* -100,31 dBm untuk penggunaan *bandwidth* 10 MHz di band 3 (1800 Mhz) dan rata-rata RSRP *cell Average* -76,18 dBm, *Cell Edge* -85,55 dBm dengan menggunakan metode CA *Inter-band* dengan menggunakan *bandwidth* 10 MHz di band 3 (1800 MHz) dan *bandwidth* 5 MHz di band 5 (850 MHz). Bisa disimpulkan bahwa penggunaan metode CA meningkatkan nilai RSRP.

Selain itu, berdasarkan simulasi LTE mendapatkan *throughput* 7,6 Mbps sedangkan untuk LTE-A dengan CA mendapatkan *throughput* 13 Mbps. Bisa dibuktikan bahwa penggunaan *bandwidth* mempengaruhi *throughput*.

3.2 Pengaruh Penerapan CA

Tabel 7 berikut merupakan hasil dari prediksi untuk LTE non CA dan LTE-A dengan menggunakan metode CA. Prediksi dilakukan dengan simulasi menggunakan *software* U-Net V300.

Tabel 7. Pengaruh Penerapan Metode CA Pada LTE-A

			LTE	LTE-Advanced
Signal Level	DL RSRP (dBm)	Average	-94,87	-76,18
		edge	100,31	-85,55
	DL Bandwidth RSRP (dBm)		>-65 = 30,45%	>-65 = 88.17%
	RSSI (dBm)		>-50 = 2,89%	>-50 = 25,73%
	DL PDSCH Signal Level (dBm)		>-80 = 7,88%	>-80 = 67,67%
C/(I+N)	DL RS SINR (dB)	Average	3,77	5,0
		edge	-3.93	-2,92
	DL PDSCH SINR (dB)		>5 = 21,66%	>5 = 23,44%
	RS Interference Margin (dBm)		>-80 = 0,51%	>-80 = 22,04%
Throughput	DL MAC Peak Throughput (Kbps)	Average	7.633	13.015
		edge	1.809	3.370
User	LTE (PCI / SFR)	Average	99.75 %	100 %
Connected	LTE (PCI / SFR)	edge	99.72 %	99.76 %

Penggunaan *bandwidth* mempengaruhi banyak parameter yaitu nilai RSRP, SINR dan *Throughput*. Dalam penelitian ini menggunakan skenario kombinasi penggunaan CA dengan skema PCI dan SFR. Dengan skenario tersebut diperoleh Nilai RSRP LTE -94.87 dBm dan LTE-A mengalami peningkatan menjadi -76.18 dBm. Ketika nilai RSRP meningkat maka nilai SINR dan *Throughput* juga meningkat. Sehingga penggunaan metode *Carrier Aggregation* sangat baik dalam menangani keterbatasan alokasi *spectrum frequency*. Hal ini juga disebabkan karena adanya fitur yang mendukung CA pada teknologi *LTE-Advanced* yang berdampak pada semakin optimalnya penggunaan spektrum frekuensi. Selain itu juga, dengan meningkatnya *throughput* dan menurunnya interferensi maka kualitas layanan akan meningkat.

4. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode *site selection and criteria* didapatkan jumlah *site* LTE = 241 *site* dan LTE-A = 43 *site*. Hasil prediksi untuk perencanaan jaringan LTE non CA didapat nilai RSRP ≥ -94.87 dBm, SINR ≥ 3.77 dB, *Throughput* ≥ 7.6 Mbps dan *User connected* = 99,75%, sedangkan perencanaan jaringan LTE-A dengan CA didapatkan nilai RSRP ≥ -76.24 dBm, SINR ≥ 5.6 dB, *Throughput* ≥ 13 Mbps dan *User connected* = 100,00%. Berdasarkan standar *Key Performance Indicators* (KPI) 3GPP, Dari hasil simulasi menggunakan *software* U-Net v300 perencanaan jaringan LTE non CA dan LTE-A dengan CA mencapai standar KPI yaitu ≥ 12 Mbps. Penerapan *Carrier Aggregation* dapat meningkatkan RSRP, SINR, *Throughput* dan dapat mengatasi permasalahan keterbatasan *spectrum* sehingga *throughput* meningkat dengan penggunaan spektrum yang efisien.

DAFTAR RUJUKAN

- 4GAmericas. (2014). *LTE-Advanced carrier aggregation*.
- 4GAmericas. (2014). *LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide*. 4GAmericas.
- Abuibaid, M. (2015). *3GPP technology evolution*. 4GAmericas.
- Amirijoo, M. (2015). *Neighbor cell relation list and physical cell identity self- organization in LTE*. ericsson research, sweeden.
- Aryanta, D. (2018). Analisis Penggunaan Frequency Band 400 MHz dan 700 MHz untuk Layanan Broadband PPDR di Indonesia. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(1), 35–48.
- Co.Ltd, H. technologies. (2010a). *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*.
- Co.Ltd, H. technologies. (2010b). *Lte Radio Network coverage Dimensioning*.
- Co.Ltd, H. technologies. (2010c). *Lte Radio Network Planning*.
- Co.Ltd, H. technologies. (2013). *LTE Cell Planning*.
- E. Dahlman, S. P. and J. S. (2011). *4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*, Oxford.
- F. Akyildiz, D. M. G.-E. and E. C. R. (2010). The Evolution of 4G Cellular Systems: LTE-Advanced. In *Physical Communication* (pp. 217–244).
- Han, C. (2010). Progress of 3G Evolution Technologies. *ZTE*.
- ITU/BDT. (2010). *ITU/BDT arab regional workshop on "4G wireless systems" LTE technology performance evaluatoin - Tunisia*.
- Nistanto, R. K. (2014). *Alokasi spektrum frequency*.
- Noer. (2015). *Kesiapan 4G LTE Di Indonesia*. Techlife.
- Reska K. (n.d.). *LTE frequency band spectrum allocations for 3G & 4G LTE*. Radio electronic.
- Rohde and Schwarz. (2015). *LTE-Advanced Carrier Aggregation*. Retrieved from www.electronicweeky.com
- S. Sesia, I. T. and M. B. (2011). *UMTS Long Term Evolution Second Edition From Theory to Practice*. Chichester: John Wiley & Sons.
- W. Ade, Muntaqo Alfin Amanaf, dan I. K. R. (2019). Perancangan dan Analisis LTE Advanced 850 Mhz untuk Meningkatkan Penetrasi Mobile Broadband di Indonesia. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(1), 57–71.
- Zemedede, M. (2014). *LTE Carrier Aggregation technology development and deployment worldwide*.