

ANALISIS PERENCANAAN LTE-ADVANCED DENGAN METODA CARRIER AGGREGATION INTER-BAND NON-CONTIGUOUS DAN INTRA-BAND NON-CONTIGUOUS DI KOTA BANDAR LAMPUNG

Dharma Winata Saputra¹, Ir. Uke Kurniawan Usman, M.T.², Linda Meylani, S.T., M.T.³

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

¹dharmawinatasaputra@gmail.com, ²uku@ittelkom.ac.id, ³lim@ittelkom.ac.id

Abstrak

Penerapan teknologi *Long Term Evolution* (LTE) di Indonesia khususnya di Kota Bandar Lampung memiliki keterbatasan pada alokasi frekuensi *contiguous* yang dimiliki oleh operator seluler. *Release 10 3GPP* melahirkan *LTE-Advanced* yang mendukung fitur *carrier aggregation* yaitu penggunaan dua atau lebih *component carrier* secara bersamaan baik pada *band* frekuensi yang sama maupun berbeda. Dengan adanya fitur *carrier aggregation* ini, operator seluler dapat menggelar teknologi LTE dengan memanfaatkan frekuensi *non-contiguous* yang dimiliki.

Pada penelitian tugas akhir ini perancangan *LTE-Advanced* menggunakan metode *carrier aggregation inter-band non-contiguous* dan *intra-band non-contiguous* dengan memanfaatkan frekuensi GSM pada salah satu operator seluler yaitu Indosat. Perancangan *LTE-Advanced* ini menggunakan bandwidth 20 MHz dengan membandingkan skenario *carrier aggregation inter-band non-contiguous* pada frekuensi 900 Mhz dan 1800 Mhz serta *intra-band non-contiguous* pada frekuensi 1800. Perancangan *LTE Advanced* ini menggunakan *capacity planning* dan *coverage planning* di Kota Bandar Lampung.

Parameter yang dianalisis pada penelitian ini antara lain: jumlah *site*, *signal level*, *CINR level*, persentase *user connected* dan *throughput* berdasarkan simulasi pada *Software Atoll 3.2.1*. Untuk perancangan dengan teknik *intra-band non-contiguous* diperoleh jumlah *site* sebesar 29, *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 82.15%, *CINR level* ≥ 5 dB 71.98%, rata-rata persentase *user connected* 93.33%, dan rata-rata *throughput* 1364.22 Mbps. Sedangkan pada perancangan dengan teknik *inter-band non-contiguous* diperoleh jumlah *site* sebesar 21, *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 86.13%, *CINR level* ≥ 5 dB 76.358%, rata-rata persentase *user connected* 87.3%, dan rata-rata *throughput* 1273.97 Mbps. Berdasarkan hasil analisis didapatkan hasil bahwa jaringan dengan teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* lebih baik untuk diterapkan di Kota Bandar Lampung.

Kata kunci : *LTE-advanced, intra-band non-contiguous, inter-band non-contiguous, ATOLL*

Abstract

Long Term Evolution (LTE) technology application in Indonesia especially in Bandar Lampung City has limited on contiguous frequency allocation for the cellular operator. Release 10 3GPP generate LTE-Advanced which supports carrier aggregation feature allows two or more usage of component carrier simultaneously. With this carrier aggregation feature, cellular operator can start LTE technology by utilizing the non-contiguous frequency.

In this final task research, the design of LTE-Advanced uses carrier aggregation inter-band non-contiguous and intra-band non-contiguous method by utilizing GSM frequency in one of the cellular operator, Indosat. The design of LTE-Advanced uses 20 MHz bandwidth by comparing carrier aggregation inter-band non-contiguous scenario on 900 MHz and 1800 MHz frequency, and intra-band non-contiguous on 1800 MHz frequency. This LTE-Advanced planning based on capacity planning and coverage planning in Bandar Lampung City.

The parameter analyzed in this research include: the number of sites, signal level, CINR level, percentage of user connected, and throughput based of simulation on Software Atoll 3.2.1. The design with intra-band non-contiguous obtained the number of site by 29, ≥ -80 dBm signal level is 82.15%, ≥ 5 dB CINR level is 71.98%, the average of user connected percentage is 93.33%, and the average of throughput is 1364.22 Mbps. Whereas, in the inter-band non-contiguous technique design obtained the number of sites by 21, ≥ -80 dBm signal level is 86.13%, ≥ 5 dB CINR is 76.358%, the average of user connected is 87.3%, and the average of throughput is 1273.97 Mbps. Based on parameter analyzed in this research, carrier aggregation inter-band non-contiguous network is better to be applied in Bandar Lampung.

Keywords: *LTE-advanced, intra-band non-contiguous, inter-band non-contiguous, ATOLL*

1. Pendahuluan

Tren saat ini menunjukkan permintaan user terhadap layanan data pada operator seluler sangat tinggi. Hal ini diperkuat dengan pola pengguna operator seluler yang membutuhkan akses data tinggi, dimana saja dan kapan saja. Di bawah standarisasi 3GPP lahir teknologi *Long Term Evolution* (LTE) sebagai generasi keempat seluler

(4G), diharapkan mampu untuk menyediakan multi-megabit data rates, efisiensi dalam penggunaan jaringan radio, pengurangan latency dan peningkatkan mobilitas.

Penerapan teknologi *Long Term Evolution* (LTE) di Indonesia memiliki kendala pada regulasi spektrum yang akan digunakan. Salah satu opsi

yang ditawarkan dengan menggunakan spektrum frekuensi yang digunakan oleh teknologi 2G yaitu spektrum frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz. Terbatasnya jumlah frekuensi *contiguous* pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz yang dimiliki oleh operator menjadi hambatan dalam menggelar LTE di Indonesia. *Release 10 3GPP* melahirkan *LTE-Advanced* yang mendukung fitur *carrier aggregation* yaitu suatu teknik penggunaan dua atau lebih *component carrier* secara bersamaan baik pada *band* frekuensi yang sama maupun berbeda^[16]. Penggunaan fitur *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* menjadi solusi keterbatasan alokasi frekuensi *contiguous* yang dimiliki operator.

Perencanaan *LTE-Advanced* pada Tugas Akhir ini menggunakan bandwidth 20 MHz dengan dua skenario *carrier aggregation* yaitu : *inter-band non-contiguous* pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz serta *intra-band non-contiguous* pada frekuensi 1800 di Kota Bandar Lampung dengan memanfaatkan frekuensi *existing* yang dimiliki operator seluler di Indonesia.

Perencanaan *LTE-Advanced* menggunakan *Carrier Aggregation* dilakukan dengan dua pendekatan yaitu *planning by coverage* dan *planning by capacity* dengan memperhatikan parameter-parameter yang akan diuji yaitu: jumlah *site* yang dibutuhkan, *signal level*, *CINR*, *throughput* dan rata-rata persentase *user connected*. Dengan menggunakan fitur *Carrier Aggregation* diharapkan pada tugas akhir ini perencanaan jaringan *LTE-Advanced* mampu mengoptimalkan alokasi spektrum yang saat ini telah dimiliki operator seluler di Indonesia.

2. Dasar Teori

2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE-Advanced diperkenalkan 3GPP dalam rilis 10 dan 11. 3GPP mengembangkan kemampuan *LTE-Advanced* sesuai dengan spesifikasi rilis 11 sebagai berikut ^[4]:

- Dukungan bandwidth yang lebih besar hingga mencapai 100 MHz melalui *Carrier Aggregation*
- *Enhanced MIMO*
- Dukungan *Heterogeneous Network* termasuk peningkatan *Inter-Cell Interference Coordination (eICIC)*
- *Coordinated Multipoint Transmission (CoMP)* dengan dua pendekatan yang diusulkan yaitu : *coordinated scheduling/beamforming* dan *joint processing/transmission*
- *Relay Nodes*

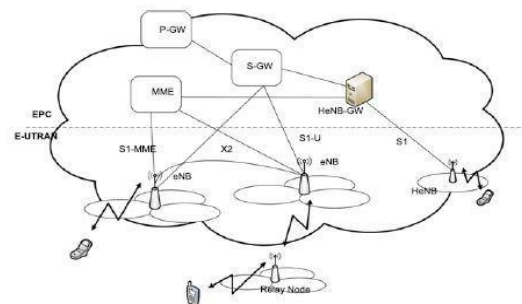
Teknologi *LTE-Advanced* bertujuan untuk memenuhi persyaratan teknologi *wireless next generation* atau yang biasa disebut *IMT-Advanced*^[4].

Tabel 2.1 *IMT-Advanced Requirement dan LTE-Advanced Project Capability* ^[4]

Item	IMT-Advanced Requirement	LTE-A Projected Capability
Peak Data Rate DL		1 Gbps
Peak Data Rate UL		500 Mbps
Spectrum Allocation	Up to 40 MHz	Up to 100 MHz
Latency User Plane	10 msec	10 msec
Latency Control Plane	100 msec	50 msec
Peak Spectral Efficiency DL	15 bps/Hz	30 bps/Hz
Peak Spectral Efficiency UL	6.75 bps/Hz	15 bps/Hz
Cell-Edge Spectral Efficiency DL	0.06 bps/Hz	0.09 bps/Hz
Cell-Edge Spectral Efficiency UL	0.03 bps/Hz	0.07 bps/Hz

2.2 Arsitektur LTE

Gambar 2.1 mendeskripsikan arsitektur jaringan *LTE-Advanced*, dimana terdapat tiga level utama yaitu : *User Equipment (UE)*, *Evolved UTRAN (E-UTRAN)*, dan *Evolved Packet Core (EPC)*.



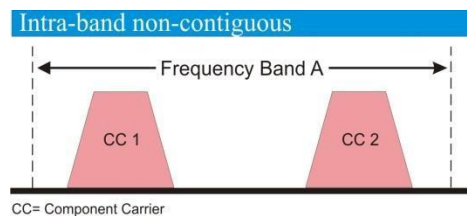
Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan *LTE-Advanced*^[13]

2.3 Carrier Aggregation

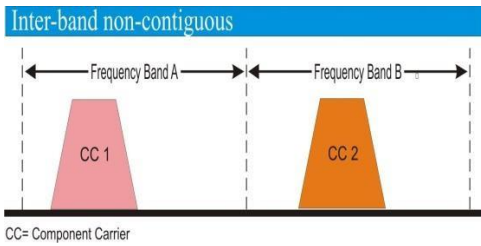
Carrier aggregation adalah suatu teknik penggunaan dua atau lebih frekuensi *carrier* secara bersamaan baik pada *band* frekuensi yang sama maupun berbeda untuk memperbesar penggunaan bandwidth sehingga peningkatan kapasitas jaringan dapat terjadi.

Fitur *carrier aggregation* terdiri dari 3 tipe yaitu :

- *Carrier aggregation intra-band contiguous*
- *Carrier aggregation intra-band non-contiguous*
- *Carrier aggregation inter-band non-contiguous*



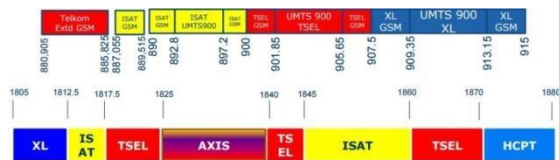
Gambar 2.2 *Intra-band non-contiguous carrier aggregation*



Gambar 2.3 Inter-band non-contiguous carrier aggregation

2.4 Penggunaan Spektrum Frekuensi di Indonesia

Pada tugas akhir ini dilihat kinerja dari LTE-Advanced menggunakan carrier aggregation berdasarkan pita frekuensi yang dimiliki oleh operator Indosat. Indosat sebagai salah satu operator di Indonesia memiliki pita frekuensi sebesar 10 MHz pada frekuensi 900 MHz dan pita frekuensi sebesar 20 MHz pada frekuensi 1800 MHz.



Gambar 2.4 Spektrum frekuensi operator Indosat di Indonesia^[6]

2.5 Planning by Capacity

Pada penelitian ini capacity planning di hitung menggunakan metode single user throughput untuk mengetahui berapa demand yang dibutuhkan tiap user-nya. Setelah itu akan dibandingkan dengan berapa besar throughput yang dapat diberikan oleh perangkat. Sehingga akan didapatkan jumlah site yang dibutuhkan dari sisi capacity^[1].

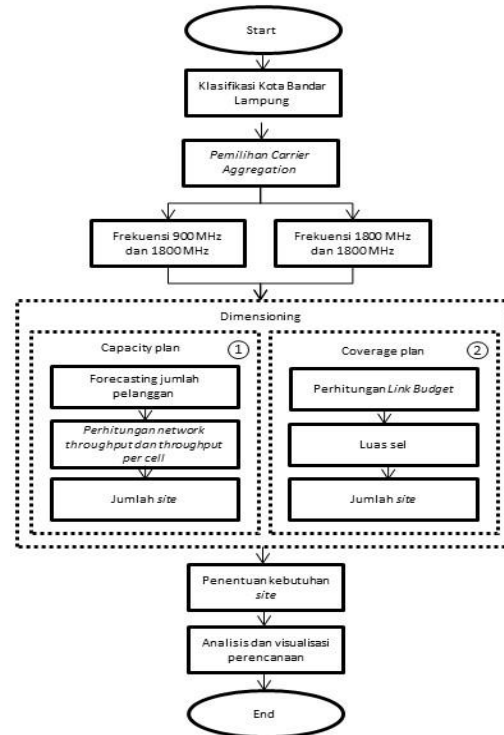
2.6 Planning by Coverage

Perhitungan Radio Link Budget digunakan untuk menentimasi maksimum pelemahan sinyal yang dibolehkan antara Mobile Antena dan Base Station Antena. Nilai maksimum pelemahan sinyal ini biasa disebut dengan Maximum Allowed Path Loss (MAPL). Setelah itu nilai MAPL dimasukkan ke dalam rumus model propagasi untuk mendapatkan radius sel. Sehingga nantinya didapatkan jumlah site dari sisi coverage.^[2]

3. Pembahasan

3.1 Diagram Alir

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, maka perlu dilakukan beberapa tahap pengerjaan sebagai alur kerja. Gambar 3.1 merupakan alur kerja dalam pengerjaan tugas akhir ini



Gambar 3.1 Diagram alir

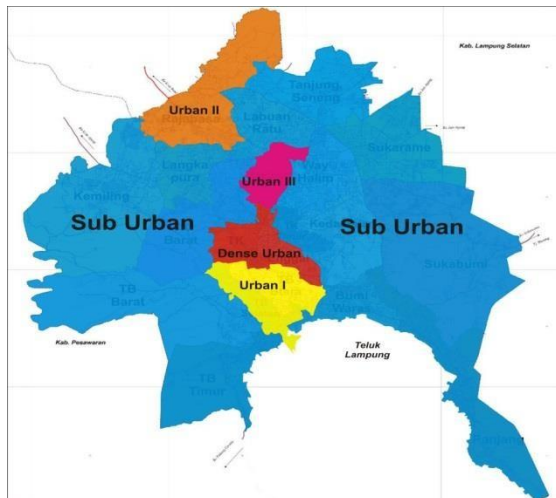
3.2 Klasifikasi Kota Bandar Lampung

Pada tahap ini tiap kecamatan di Kota Bandar Lampung diklasifikasi berdasarkan tipe daerah, yaitu dense urban, urban, dan sub urban berdasarkan daerah yang bertetangga. Berikut ini merupakan klasifikasi kecamatan yang ada di Kota Bandar Lampung:

Tabel 3.1 Klasifikasi Kota Bandar Lampung

No	Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk produktif 2014	Keterangan
1	TK Pusat	57,835	Dense Urban
2	Enggal		
3	TB Utara	67,048	Urban I
4	TB Selatan		
5	Rajabasa	37,391	Urban II
6	Kedaton	37,758	Urban III
7	Kemiling	535,777	sub urban
8	Langkapura		
9	TB Barat		
10	TB Timur		
11	Panjang		
12	Bumi Waras		
13	TK Barat		
14	Tanjung Senang		
15	Labuhan Ratu		
16	Way Halim		
17	Sukarame		
18	TK Timur		
19	Kedamaian		
20	Sukabumi		

Setelah pembagian tipe daerah per kecamatan dilakukan, maka didapatkan daerah layanan Kota Bandar Lampung seperti gambar berikut:



Gambar 3.3 Daerah layanan tiap tipe daerah

3.3 Pemilihan Carrier Aggregation

Pada tugas akhir ini dilihat kinerja dari LTE-Advanced menggunakan Carrier Aggregation berdasarkan Component Carrier yang dimiliki oleh operator Indosat. Skenario Carrier Aggregation yang digunakan adalah *intra-band non-contiguous* yang terdiri atas 20 Mhz pada frekuensi 1800 MHz dan *inter-band non-contiguous* yang terdiri dari 5 MHz pada frekuensi 900 MHz dan 15 MHz pada frekuensi 1800 MHz.

3.4 Planning by Capacity

Setelah mendapatkan nilai kebutuhan user dan kapasitas jaringan pada masing-masing skenario carrier aggregation, maka dapat diketahui berapa jumlah site berdasarkan capacity. Site ini memiliki 3 sektor untuk mencakup wilayah Kota Bandar Lampung. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah site carrier aggregation *intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* berjumlah sama yaitu 20 eNodeB Lebih lengkapnya dapat dilihat dari tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Jumlah site carrier aggregation *intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*

Klasifikasi Daerah	Network Throughput (Mbps)		Jumlah sel		Jumlah site	
	UL	DL	UL	DL	UL	DL
Dense Urban	52.097	215.937	2	8	1	3
Urban I	53.164	203.392	2	7	1	3
Urban II	29.648	113.428	1	4	1	2
Urban III	29.934	114.519	1	4	1	2
Sub urban	247.58	879.021	7	30	3	10
Jumlah			13	53	7	20

3.3 Perancangan Jaringan LTE Coverage

Pada perancangan berdasarkan Coverage, parameter yang paling berpengaruh adalah *radio link budget* dan model propagasi Okumura-Hata. Sehingga didapatkan jumlah site dari sisi coverage. Berikut luas site dan jumlah site carrier aggregation *intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*:

Tabel 3.3 Jumlah Site carrier aggregation *intra-band non-contiguous*

Klasifikasi Daerah	Luas Daerah (Km ²)	Luas Sel (Km ²)	Jumlah site
Dense Urban	7.54	1.706	5
Urban I	8.12	2.569	4
Urban II	13.53	2.569	6
Urban III	4.79	2.569	2
Sub urban	163.24	13.889	12
Jumlah			29

Tabel 3.4 Jumlah Site carrier aggregation *inter-band non-contiguous*

Klasifikasi Daerah	Luas Daerah (Km ²)	Luas Sel (Km ²)	Jumlah site
Dense Urban	7.54	2.894	3
Urban I	8.12	4.357	2
Urban II	13.53	4.357	4
Urban III	4.79	4.357	2
Sub urban	163.24	17.48	10
Jumlah			21

4. Analisis perancangan dan simulasi

4.1 Analisis perencanaan Capacity planning

Pada penelitian tugas akhir ini, Capacity planning yang dilakukan menggunakan parameter-parameter diantaranya jenis layanan, *bearer rate* per layanan, *busy hour service attempt*, serta penetrasi kebutuhan layanan suatu daerah merujuk pada asumsi salah satu vendor yaitu Huawei^[1].

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, jumlah site yang didapatkan untuk carrier aggregation *intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* berjumlah sama yaitu 20 eNodeB untuk memenuhi seluruh throughput di Kota Bandar Lampung. Hal ini disebabkan karena perbedaan *throughput per cell* antara kedua teknik carrier aggregation tidak terlalu signifikan yaitu 29.520 Mbps pada *intra-band non-contiguous* dan 29.751 Mbps pada *inter-band non-contiguous*.

4.2 Analisis perencanaan Coverage Planning

Dari hasil perhitungan jumlah site berdasarkan coverage yang tertera pada tabel 3.3 dan 3.4, terdapat perbedaan antara perencanaan dengan menggunakan teknik carrier aggregation *intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*. Perbandingan jumlah site tersebut dapat dilihat pada dan tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Perbandingan jumlah *site carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* berdasarkan *coverage area*

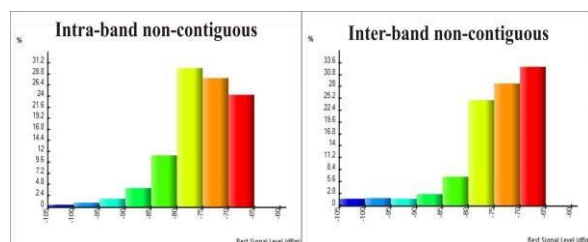
Klasifikasi Daerah	Jumlah <i>site intra-band non-contiguous</i>	Jumlah <i>site inter-band non-contiguous</i>
Dense Urban	5	3
Urban I	4	2
Urban II	6	4
Urban III	2	2
Sub urban	12	10
Total <i>site</i>	29	21

Pada tabel 4.1 terlihat perbedaan jumlah *site* antara *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* dikarenakan frekuensi *primary* yang digunakan oleh keduanya berbeda. Frekuensi *primary* pada *carrier aggregation inter-band non-contiguous* adalah 900 MHz lebih rendah dibanding *intra-band non-contiguous* 1800 MHz, sehingga menghasilkan radius sel yang lebih besar yang berdampak kepada jumlah *site* yang lebih sedikit.

4.3 Analisis Simulasi Coverage by Signal Level

Berdasarkan hasil simulasi *coverage by signal level* yang telah dilakukan, terdapat perbedaan nilai *signal level* antara perencanaan dengan teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*.

Gambar 4.1 di bawah ini menunjukkan perbandingan histogram *signal level* antara teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* dalam mencakup Kota Bandar Lampung.



Gambar 4.1 Perbandingan histogram *signal level* *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*

Untuk lebih jelasnya perbandingan *signal level* antara kedua teknik *carrier aggregation* dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2 Perbandingan *signal level* teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*

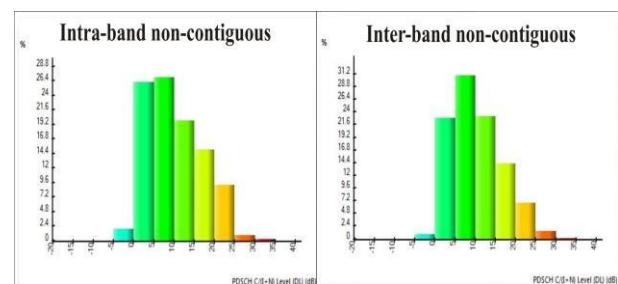
Parameter	<i>intra-band non-contiguous</i>	<i>inter-band non-contiguous</i>
Persentase <i>signal level</i> (≥ -80 dBm)	82.15 %	86.13 %
Rata-rata <i>signal level</i>	-65.29 dBm	-62.37 dBm

Berdasarkan tabel 4.2 diatas dapat dilihat bahwa *signal level* pada jaringan LTE-Advanced dengan teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* memiliki kualitas yang lebih baik dibanding dengan *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dengan selisih persentase *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 3.98% dan rata-rata *signal level* sebesar 2.92 dBm. Hal ini dikarenakan pada teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* frekuensi *primary* yang digunakan adalah 900 MHz, lebih rendah dibanding teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* yaitu 1800 MHz. Frekuensi yang lebih tinggi, lebih rentan terhadap pelemahan sinyal yang disebabkan oleh *obstacle*. Oleh karena itu pada jaringan *inter-band non-contiguous* luas *coverage* sel yang dilingkupi oleh *signal level* ≥ -80 dBm lebih luas dibandingkan pada jaringan *intra-band non-contiguous*

4.4 Analisis Simulasi Coverage by CINR Level

Hasil simulasi *CINR level* yang telah dilakukan pada jaringan dengan teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* menunjukkan perbedaan nilai antara kedua teknik tersebut.

Perbandingan nilai *CINR level* pada kedua teknik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Perbandingan histogram *CINR level* *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*

Untuk lebih jelasnya perbandingan *CINR level* antara kedua teknik *carrier aggregation* dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini

Tabel 4.3 Perbandingan *CINR level* *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*

Parameter	<i>intra-band non-contiguous</i>	<i>Inter-band non-contiguous</i>
Persentase <i>CINR level</i> (≥ 5 dB)	71.98 %	76.358 %
Rata-rata <i>CINR level</i>	10.1 dB	10.17 dB

Dari perbandingan hasil simulasi pada tabel 4.2, dapat dilihat bahwa *CINR level* pada jaringan LTE-Advanced dengan teknik *carrier*

aggregation inter-band non-contiguous memiliki kualitas yang lebih baik dibanding dengan *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dengan selisih persentase CINR level ≥ 5 dB sebesar 4.378% dan rata-rata CINR level sebesar 0.07 dB. Hal ini dikarenakan pada teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* jumlah site yang dibutuhkan untuk melingkupi Kota Bandar Lampung hanya 21 eNodeB, lebih sedikit dibanding teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* sebanyak 29 eNodeB sehingga interferensi yang terjadi lebih kecil.

4.5 Analisis simulasi user connected dan throughput

Simulasi *Monte Carlo* dilakukan sebanyak 10 kali untuk mendapatkan rata-rata persentase *user connected* dan *throughput* jaringan. Selain melakukan simulasi pada jaringan dengan teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*, simulasi *Monte Carlo* dilakukan juga pada jaringan non *carrier aggregation* 900 MHz dengan bandwidth 5 MHz dan pada frekuensi 1800 MHz dengan bandwidth 15 MHz yang dijadikan perbandingan dan pertimbangan kelayakan jaringan *LTE-Advanced carrier aggregation*. Berikut ini merupakan tabel perbedaan rata-rata persentase *user connected* dan nilai *throughput* pada simulasi *Monte Carlo*

Tabel 4.4 Perbedaan rata-rata persentase *user connected* dan *throughput* pada jaringan dengan teknik *carrier aggregation* dan non CA.

Parameter	Carrier Aggregation		Non Carrier Aggregation	
	Intra-band non-contiguous	Inter-band non-contiguous	Non CA 900 (5 MHz)	Non CA 1800 (15 MHz)
Persentase <i>user connected</i>	93.33 %	86.9 %	25.22 %	69.72 %
<i>Throughput</i> (Mbps)	1364.22	1288.071	351.893	998.33

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa jaringan dengan teknik *carrier aggregation* persentase *user connected* dan *throughput* yang lebih besar dibandingkan non *carrier aggregation* dikarenakan *resource* terbatas pada jaringan non *carrier aggregation*. Sehingga jaringan dengan *carrier aggregation* layak untuk diimplementasikan.

Berdasarkan tabel 4.4 terlihat bahwa jaringan dengan teknik *intra-band non-contiguous* memiliki rata-rata persentase *user connected* dan *throughput* yang lebih besar dibanding *inter-band non-contiguous* dengan selisih rata-rata persentase *user connected* sebesar 6.43% dan *throughput* sebesar 76.147 Mbps. Hal ini dikarenakan pada teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* jumlah site yang dibutuhkan untuk melingkupi Kota Bandar Lampung sebanyak 29 eNodeB, lebih banyak dibanding teknik *carrier aggregation inter-*

band non-contiguous yang hanya 21 eNodeB sehingga dihasilkan *throughput* jaringan yang lebih besar dan berdampak kepada persentase *user connected* yang lebih besar juga.

4.6 Hasil akhir analisis simulasi

Setelah dilakukan simulasi dan analisis perancangan jaringan *LTE-Advanced* dengan teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous*, berikut ini merupakan rangkuman hasil simulasi pada setiap parameter uji:

Tabel 4.5 Rangkuman Hasil Simulasi parameter uji

Parameter uji	Intra-band non-contiguous	Inter-band non-contiguous	Selisih
<i>Capacity planning</i> (Jumlah site)	20	20	-
<i>Coverage planning</i> (Jumlah site)	29	21	8
Persentase <i>signal level</i> (≥ -80 dBm)	82.15 %	86.13 %	3.98 %
Rata-rata <i>signal level</i> (dBm)	-65.29	-62.37	2.92
Persentase CINR level (≥ -5 dB)	71.98 %	76.358 %	4.378 %
Rata-rata CINR level (dB)	10.1	10.17	0.07
Rata-rata persentase <i>user connected</i>	93.33 %	86.9 %	6.43 %
Rata-rata <i>throughput</i> (Mbps)	1364.218	1288.071	76.147

Setelah menganalisis hasil simulasi parameter uji perancangan antara *carrier aggregation intra-band non-contiguous* dan *inter-band non-contiguous* pada *software Atoll 3.2.1* terlihat bahwa teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* memiliki keunggulan pada 4 parameter uji meliputi: persentase *signal level* sebesar 3.98%, rata-rata *signal level* sebesar 2.92 dBm, persentase CINR level sebesar 4.378%, dan rata-rata CINR level sebesar 0.07 dB sedangkan teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* hanya memiliki keunggulan pada 2 parameter uji meliputi: rata-rata persentase *user connected* sebesar 6.43% dan rata-rata *throughput* jaringan sebesar 76.147 Mbps. Selain itu penerapan teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* dapat menghemat biaya karena membutuhkan jumlah site yang lebih sedikit dibandingkan *carrier aggregation intra-band non-contiguous* sehingga *carrier aggregation inter-band non-contiguous* lebih baik untuk diterapkan

5. Kesimpulan

1. Kebutuhan jumlah site untuk melingkupi Kota Bandar Lampung pada perencanaan dengan teknik *carrier aggregation intra-band non-contiguous* sebesar 29 site, berbeda 8 site dengan *carrier aggregation inter-band non-contiguous* yang hanya 21 site. Hal ini terjadi karena pada penelitian tugas akhir ini, frekuensi *primary* untuk *carrier aggregation*

inter-band non-contiguous adalah 900 MHz, lebih rendah dibanding *carrier aggregation intra-band non-contiguous* yaitu 1800 MHz.

2. Berdasarkan simulasi *predictions coverage by signal level* (DL) di dalam *software Atoll 3.2.1*, didapatkan nilai *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 82.15% dengan rata-rata kuat sinyal sebesar -65.29 dBm untuk *carrier aggregation intra-band non-contiguous*. Sedangkan untuk *carrier aggregation inter-band non-contiguous* didapatkan nilai *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 86.13% dengan rata-rata kuat sinyal sebesar -62.37 dBm. Perencanaan dengan teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* lebih unggul dengan selisih persentase *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 3.98% dan rata-rata *signal level* 2.92 dBm.
3. Berdasarkan simulasi *predictions coverage by C/(I+N) level* (DL) di dalam *software Atoll 3.2.1*, didapatkan nilai *CINR level* ≥ 5 dBm sebesar 71.98% dengan rata-rata *CINR level* sebesar 10.1 dB untuk *carrier aggregation intra-band non-contiguous*. Sedangkan untuk *carrier aggregation inter-band non-contiguous* didapatkan nilai *CINR level* ≥ 5 dBm sebesar 76.358% dengan rata-rata *CINR level* sebesar 10.17 dB. Perencanaan dengan teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* lebih unggul dengan selisih persentase *CINR level* ≥ 5 dB sebesar 4.378% dan rata-rata *CINR level* sebesar 0.07 dB.
4. Berdasarkan simulasi Monte Carlo di dalam *software Atoll 3.2.1*, didapatkan rata-rata persentase *user connected* jaringan *carrier aggregation intra-band non-contiguous* sebesar 93.33 % dengan *throughput* 1364.22 Mbps, pada jaringan *carrier aggregation inter-band non-contiguous* didapatkan rata-rata persentase *user connected* sebesar 87.3 %

dengan *throughput* 1273.97 Mbps, pada jaringan non *carrier aggregation* 900 MHz didapatkan rata-rata persentase *user connected* sebesar 25.22 % dengan *throughput* 351.893 Mbps, sedangkan pada jaringan non *carrier aggregation* 1800 MHz didapatkan rata-rata persentase *user connected* sebesar 69.72 % dengan *throughput* 998.33 Mbps. Dari hasil tersebut dapat dilihat performa *carrier aggregation* lebih baik dibanding non *carrier aggregation*. Pada perancangan jaringan dengan teknik *carrier aggregation*, *carrier aggregation intra-band non-contiguous* lebih unggul dengan selisih rata-rata persentase *user connected* sebesar 6.43% dan *throughput* sebesar 76.147 Mbps.

5. Berdasarkan simulasi-simulasi yang dilakukan dalam *software Atoll 3.2.1*, telah didapatkan bahwa teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* memiliki keunggulan pada 4 parameter uji sedangkan *carrier aggregation*

intra-band non-contiguous hanya memiliki keunggulan pada 2 parameter uji. Selain itu penerapan teknik *carrier aggregation inter-band non-contiguous* dapat menghemat biaya karena membutuhkan jumlah site yang lebih sedikit dibandingkan *carrier aggregation intra-band non-contiguous* sehingga *carrier aggregation inter-band non-contiguous* lebih baik untuk diterapkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Huawei. (2010). *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. Huawei Technologies Co.
2. Huawei. (2010). *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*. Huawei Technologies Co.
3. Holma, H. (2009). *LTE FOR UMTS OFDMA AND SC-FDMA BASED RADIO ACCESS*. London: Wiley.
4. Ryaavi Research. (2013, Agustus). *Mobile Broadband Explosion*. Ryaavy Research.
5. Persson, P. (2008). *LTE radio access Radio interface dimensioning & planning*. Ericsson.
6. Setiawan, D. D. (2013). *Ekosistem dan Regulasi*. Jakarta: Ditjen SDPPI – Kementerian Kominfo.
7. 3GPP. (2014, September 24). *Workplan 3GPP*. 3GPP.
8. Song, L. (2011). *Evolved Cellular Network Planning and Optimization for UMTS and LTE*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
9. BPS Kota Bandar Lampung. (2014). *Bandar Lampung Dalam Angka*. Bandar Lampung: Bada Pusat Statistik Kota Bandar Lampung.
10. Indonesia, Indosat. (2013). *Annual Report 2013*. Jakarta.
11. Siwi, H. P. (2014). *Perancangan jaringan LTE-Advanced dengan teknik carrier aggregation pada manajemen frekuensi di Indonesia*. Bandung: Universitas Telkom.
12. HUAWEI. (2012). *LTE KPI DT GUIDE & MEASURE METHOD*. Huawei LTE RNP.
13. Akyidilz, I. (2010). *The evolution to 4G cellular systems: LTE-Advanced*. Atlanta: School of Electrical and Computer Engineering Georgia Institute of Technology.
14. Usman, U. K. (2012). *Slide matkul Siskomnir*. Bandung.
15. Wannstrom, J(2013). *LTE-Advanced*. 3GPP.
16. 4GAmericas. (2014). *LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide*. 4GAmericas.
17. Edinburgh. (2010, Mei 28). *Value of C/(I+N) threshold for LTE*. Retrieved from Finetopix: [http://www.finetopix.com/showthread.php?9960-value-of-C-\(I-N\)-threshold-for-LTE](http://www.finetopix.com/showthread.php?9960-value-of-C-(I-N)-threshold-for-LTE)
18. Huawei. (2011). *LTE Radio Access Network Planning Guide*. Huawei Technologies Co.