

## PERBANDINGAN CADS 2 DAN CADS 5 DENGAN METODE INTER-BAND CARRIER AGGREGATION PADA FREKUENSI 1,8 GHZ DAN 2,1 GHZ DI STADION SILIWANGI LOMBOK TONGKENG

### COMPARISON CADS 2 AND CADS 5 USING INTER-BAND CARRIER AGGREGATION METHOD AT 1,8GHZ AND 2,1GHZ IN SILIWANGI LOMBOK TONGKENG STADIUM

Wahidin<sup>1</sup>, Hasanah Putri<sup>2</sup>, Yanuar Christiary<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Telkom, Bandung

<sup>3</sup>PLO Engineer, PT. Nexwave Indonesia

Wahidin@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,  
yanuar.christiary@ptnw.co.id<sup>3</sup>

#### Abstrak

Berdasarkan dari data yang diperoleh dari hasil drive test pada wilayah sekitaran Stadion Siliwangi lombok Tongkeng didapatkan nilai parameter *radio frequency* (RF) yang cukup buruk untuk operator X, tidak hanya dari hasil drive test yang didapatkan, akan tetapi pada pengukuran *Speed test* kecepatan pada sisi download yang di terima oleh user cukup buruk. Dan juga pada sekitaran Stadion Siliwangi lombok Tongkeng dilihat dari segi lapangan nya merupakan salah satu daerah yang *potential market* di Kota Bandung dengan berdirinya perumahan masyarakat, taman, resimen induk militer, sarana pendidikan, tempat penginapan, dan juga stadion. Sehingga perlunya di lakukan Optimasi pada sisi *Capacity Planning* pada wilayah tersebut, dilihat dari data yang menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara kapasitas sel dan trafik pengguna yang dapat mempengaruhi kualitas jaringan yang diterima oleh pengguna.

Pada Proyek Akhir ini dilakukan sebuah simulasi perbandingan *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* di sekitaran wilayah "Stadion Siliwangi lombok Tongkeng" dengan membandingkan skenario perencanaan *Carrier Aggregation Deployment Scenario 2* (CADS 2) dan *Carrier Aggregation Deployment Scenario 5* (CADS 5) dengan menggunakan frekuensi 1,8 GHz dan 2,1 GHz. Pada Simulasi perbandingan jaringan *LTE-Advanced* dengan metode *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* dianalisis meliputi: RSRP, *Throughput*, dan SINR.

Hasil dari simulasi perencanaan berdasarkan skenario yang telah ditentukan dalam proyek akhir ini, yaitu dengan adanya kenaikan presentasi nilai rata-rata RSRP sebesar 0,99%, SINR sebesar 15,71%, downlink throughput sebesar 44,56%, dan uplink throughput sebesar 39,22%.

**Kata kunci : Carrier Aggregation, inter-band non-contiguous, Capacity Planning, Throughput.**

#### Abstract

Based on the data obtained from the results of the drive test in the area around the Siliwangi Stadium, Lombok Tongkeng, the radio frequency (RF) parameter value is quite bad for operator X, not only from the results of the drive test obtained, but on the measurement of the Speed test speed on the download side. which is received by the user is quite bad. And also around Siliwangi Stadium, Lombok Tongkeng in terms of its field is one of the potential market areas in Bandung City with the establishment of community housing, parks, military main regiments, educational facilities, lodging, and stadiums. So that it is necessary to do optimization on the Capacity Planning side of the area, seen from the data which shows an imbalance between cell capacity and user traffic which can affect the quality of the network received by users.

In this final project, a comparison simulation of *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* around the "Siliwangi Stadium, Lombok Tongkeng" will be carried out by comparing the planning scenarios of *Carrier Aggregation Deployment Scenario 2* (CADS 2) and *Carrier Aggregation Deployment Scenario 5* (CADS 5) with using the 1.8 GHz and 2.1 GHz frequencies. In the comparison simulation of *LTE-Advanced* networks with the *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* method will be analyzed including: RSRP, *Throughput*, and SINR.

The results of the planning simulation based on the scenarios that have been determined in this final project, namely an increase in the presentation of the average RSRP value of 0.99%, SINR of 15.71%, downlink throughput of 44.56%, and uplink throughput of 39.22%.

**Keyword : Carrier Aggregation, inter-band non-contiguous, Capacity Planning, Throughput.**

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seluler semakin meningkat hingga saat ini, dikarenakan semakin banyak nya pelanggan telekomunikasi. sehingga kebutuhan pengguna yang semakin meningkat khususnya pada teknologi seluler LTE. Semakin banyaknya pengguna maka semakin besar akses data dibutuhkan. Pengguna mengukur suatu layanan jaringan operator seluler dari kecepatan akses data untuk internet atau pengunduhan data. Oleh sebab itu, teknologi seluler dituntut untuk terus meningkatkan kualitas layanan dengan *datarate* yang tinggi, *bandwidth* yang lebar, dan area cakupan yang luas agar pelanggan tidak mendapatkan masalah komunikasi akibat jaringan yang buruk. Namun pada teknologi LTE memiliki keterbatasan penggunaan *bandwidth* yang lebar, hal ini yang menjadi masalah bagi operator seluler dikarenakan hanya bisa menggunakan *bandwidth* 20 MHz untuk LTE release 8 [1].

Pada *release 10 3rd Generation Partnership Project (3GPP)* meluncurkan Teknologi Komunikasi 4G *LTE-Advanced* di tahun 2010 [1] [3]. Dengan menghadirkan solusi atas kebutuhan akan komunikasi data yang semakin meningkat. Fitur yang dihadirkan di dalam *LTE-Advanced* ialah *Carrier Aggregation*. *Carrier Aggregation* adalah suatu teknik menggabungkan dua atau lebih *component carrier* secara bersamaan baik pada band frekuensi yang sama maupun berbeda. dengan maksimum *component carrier* sebesar 100 MHz untuk meningkatkan data rate di sisi pelanggan [2]. Sehingga penggunaan fitur *carrier aggregation inter-band non-contiguous* menjadi solusi keterbatasan alokasi frekuensi *contiguous* yang dimiliki operator [4]. agar memungkinkan bagi menyediakan lebih banyak paket data pada suatu *bandwidth*. Fitur *carrier aggregation* menghadirkan 5 (lima) *deployment scenario* [9].

Daerah Sekitaran Stadion Siliwangi lombok Tongkeng dilihat dari segi lapangan nya merupakan salah satu daerah yang *potential market* di Kota Bandung dengan berdirinya perumahan masyarakat, taman, resimen induk militer, sarana pendidikan, tempat penginapan, dan juga stadion. Berdasarkan hasil dari initial drive test menunjukkan *Low Throughput*, serta didukung dengan data hasil speed test didapatkan 3,56 Mbps pada sisi Downlink dan 20,7 Mbps pada sisi Uplink. Dan juga pada data OSS Operator X, site tersebut memiliki *high resource block utilization (PRB 80%)* hal ini sama dengan tingginya volume trafik pada daerah tersebut, yang mengakibatkan buruknya nilai *Throughput* yang diterima oleh pengguna. Sehingga perlunya di lakukan Optimasi pada sisi *Capacity Planning* pada wilayah tersebut, dilihat dari data yang menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara kapasitas sel dan trafik pengguna yang dapat mempengaruhi kualitas jaringan yang diterima oleh pengguna.

Pada Proyek Akhir ini dilakukan sebuah simulasi perbandingan *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* di sekitar wilayah “Stadion Siliwangi lombok Tongkeng” dengan membandingkan skenario perencanaan *Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 (CADS 2)* dan *Carrier Aggregation Deployment Scenario 5 (CADS 5)* dengan menggunakan frekuensi 1,8 GHz dan 2,1 GHz [5]. Alasan pemilihan kedua metode tersebut dikarenakan kedua skenario sangat cocok dan paling efisien untuk di terapkan sesuai permasalahan, dibandingkan dengan deployment scenario lainnya. Pada Simulasi perbandingan jaringan *LTE-Advanced* dengan metode *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* dianalisis meliputi: *RSRP*, *Throughput*, dan *SINR*. Adapun untuk pemilihan ketiga parameter RF tersebut dikarenakan parameter tersebut yang digunakan oleh operator dan dari semua parameter yang ada yang paling berkaitan dengan proyek akhir ini adalah ketiga parameter tersebut [6] [7].

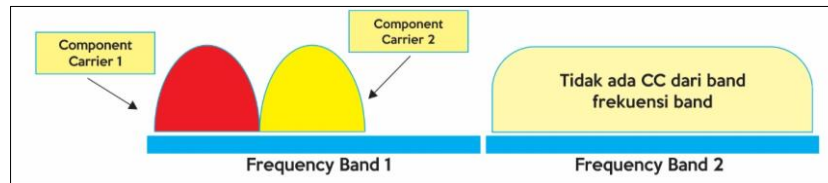
## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Long Term Evolution (LTE) - Advanced

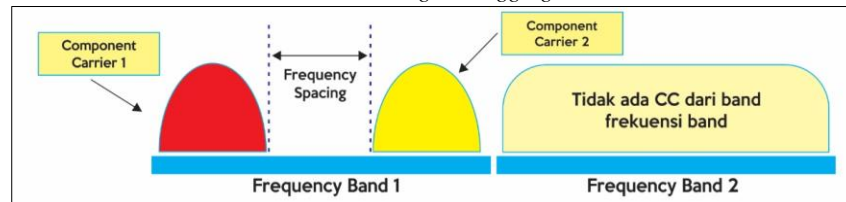
*Long Term Evolution* adalah teknologi yang terstandarisasi oleh *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* dan dianggap dalam kondisi cukup. Sejak tahun 2009 teknologi LTE telah mengalami perkembangan yang pesat dari GSM dan UMTS yang merupakan dasar pengembangan, *International Telecommunication Union (ITU)* menciptakan istilah LTE-A untuk sistem komunikasi yang melampaui kemampuan dari LTE. Pada Band frekuensi diatas juga termasuk dapat bekerja pada 3GPP release 9 dan release 10. *LTE-Advanced* didesain untuk beroperasi pada alokasi spektrum yang memiliki beda ukuran *band* termasuk pada alokasi *bandwith* yang lebih besar dari 20 MHz demi mencapai performa yang baik dan *peak data* yang besar. Demi mencapai target terselenggaranya 4G *LTE-Advanced* ini maka beberapa metode ini dapat dilakukan agar layanan ini dapat dirancang yaitu: peningkatan akses pada sisi *downlink* dan *uplink*, meningkatkan jumlah antena transmisi dan dengan metode *carrier aggregation*.

### 2.2 Carrier Aggregation

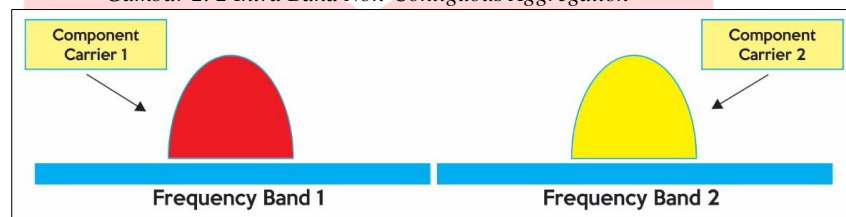
*Carrier aggregation (CA)* merupakan salah satu fitur utama pada Teknologi 4G *LTE-Advanced*. *Carrier aggregation* adalah suatu teknik penggabungan dua atau lebih frekuensi *carrier* baik pada band frekuensi yang sama maupun berbeda guna memperbesar penggunaan *bandwidth* sehingga dapat memenuhi *peak data rates* yang ditetapkan oleh *IMT Advanced*. *Carrier Aggregation* memiliki beberapa jenis antara lain: *CA Intra-band Contiguous*, *CA Intra-band Non-Contiguous*, *CA Inter-band Non-Contiguous*.



Gambar 2.1 Intra Band Contiguous Aggregation



Gambar 2. 2 Intra Band Non-Contiguous Aggregation



Gambar 2.3 Inter Band Non-Contiguous Aggregation

**2.3 Carrier Aggregation Deployment Scenario** [3]

Carrier Aggregation memiliki skenario yang bisa diterapkan, antara lain seperti:

2.3.1 Carrier Aggregation Deployment Scenario 1 (CADS1)

Pada CADS1, Component Carrier 1 (CC1) dan Component Carrier 2 (CC2) saling *co-located* dan *overlay* dengan memiliki *coverage* yang hampir sama. kedua *layer* menyediakan *coverage* yang cukup dan *mobility* dapat didukung oleh kedua *layer*. Hal ini terjadi ketika CC1 dan CC2 terletak pada *band* frekuensi yang sama.

2.3.2 Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 (CADS2)

Pada CADS2, Cell pada Component Carrier 1 (CC1) dan Component Carrier 2 (CC2) saling *co-located* dan *overlay*, tetapi pada CC2 memiliki *coverage* yang lebih kecil dikarenakan memiliki *pathloss* yang lebih besar. Hanya CC1 yang memiliki *coverage* yang cukup, sedangkan CC2 digunakan untuk meningkatkan *throughput* pada daerah yang *ter-overlay* keduanya. *Mobility* dilakukan berdasarkan *coverage* dari CC1. Skenario ini terjadi ketika CC1 dan CC2 berada pada frekuensi *band* yang berbeda.

2.3.3 Carrier Aggregation Deployment Scenario 3 (CADS3)

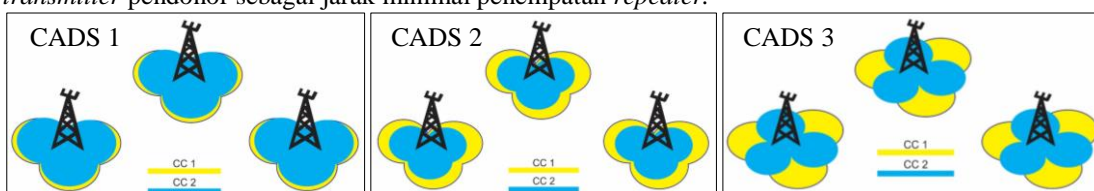
Pada CADS 3, Cell Component Carrier 1 (CC1) dan Component Carrier 2 (CC2) saling *co-located*, antenna CC2 diarahkan ke cell *boundaries* dari CC1, sehingga cell *edge throughput* dapat bertambah. CC1 yang memiliki *coverage* yang cukup, tetapi CC2 berpotensi *blank area* dikarenakan *pathloss* yang tinggi. *Mobility* dilakukan berdasarkan *coverage* dari CC1. Skenario ini terjadi ketika CC1 dan CC2 berada pada frekuensi *band* yang berbeda.

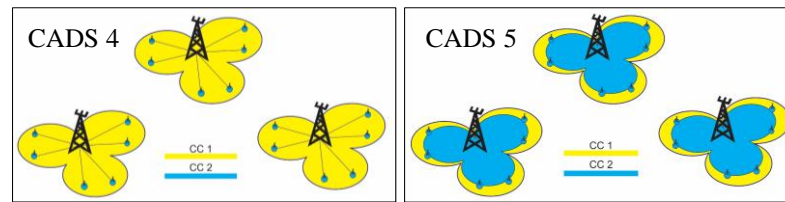
2.3.4 Carrier Aggregation Deployment Scenario 4 (CADS4)

Pada CADS 4, CC1 menghasilkan *coverage* makro dan CC2 RRHs (*Remote Radio Heads*) digunakan untuk menyediakan *extended throughput* pada area *hotspot*. *Mobility* dilakukan berdasarkan *coverage* dari CC1. Skenario ini dapat digunakan pada frekuensi *band* yang berbeda, tapi tidak diprioritaskan pada Rel-10.

2.3.5 Carrier Aggregation Deployment Scenario 5 (CADS5)

Adanya penambahan *repeater* untuk memperluas cakupan, menguatkan sinyal serta meningkatkan *throughput* pada area yang ditentukan. Metode penempatan *repeater* yaitu menggunakan *main beam* dari *transmitter* pendonor sebagai jarak minimal penempatan *repeater*.





Gambar 2. 4 Carrier Aggregation Deployment Scenario

## 2.4 Parameter Radio Frequency (RF) LTE

*Reference Signal Received Power (RSRP)* adalah parameter tingkat kekuatan sinyal terima. RSRP menyatakan besar daya sinyal yang diterima oleh pengguna (dBm). Semakin jauh jarak antara *site* dan UE maka semakin kecil RSRP yang diterima oleh UE, begitu pula sebaliknya. Standar nilai RSRP untuk operator X dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Parameter RSRP

Nilai (dBm)	Kategori	Warna
-80 s.d -40	Sangat Baik	Blue
-90 s.d -80	Baik	Green
-100 s.d -90	Cukup Baik	Yellow
-110 s.d -100	Cukup Buruk	Pink
-140 s.d -110	Buruk	Red

*Signal to Interference Noise Ratio (SINR)* adalah parameter perbandingan antara kekuatan sinyal terima dengan sinyal derau/interferensi. SINR menyatakan kualitas sinyal yang diterima oleh pengguna (dB). Semakin banyak hambatan (obstacle) antara *site* dan UE maka semakin kecil nilai SINR yang diterima oleh UE, begitu pula sebaliknya. Standar nilai SINR untuk operator X dapat ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Parameter SINR

Nilai (dB)	Kategori	Warna
12 s.d 30	Sangat Baik	Blue
8 s.d 12	Baik	Cyan
6 s.d 8	Cukup Baik	Green
0 s.d 6	Cukup Buruk	Yellow
-20 s.d 0	Buruk	Red

*Throughput* adalah jumlah rata-rata bit yang diterima oleh UE dalam sebuah jaringan. Throughput menyatakan kecepatan transfer data dimana diukur dalam per satuan waktu (bps). Standar nilai *throughput* untuk operator X dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Parameter Throughput

Nilai (kbps)	Kategori	Warna
30000 s.d 100000	Sangat Baik	Blue
20000 s.d 30000	Baik	Grey
10000 s.d 20000	Cukup Baik	Green
5000 s.d 10000	Cukup Buruk	Yellow
1000 s.d 5000	Buruk	Pink
0 s.d 1000	Sangat Buruk	Red

## 3. PEMBAHASAN

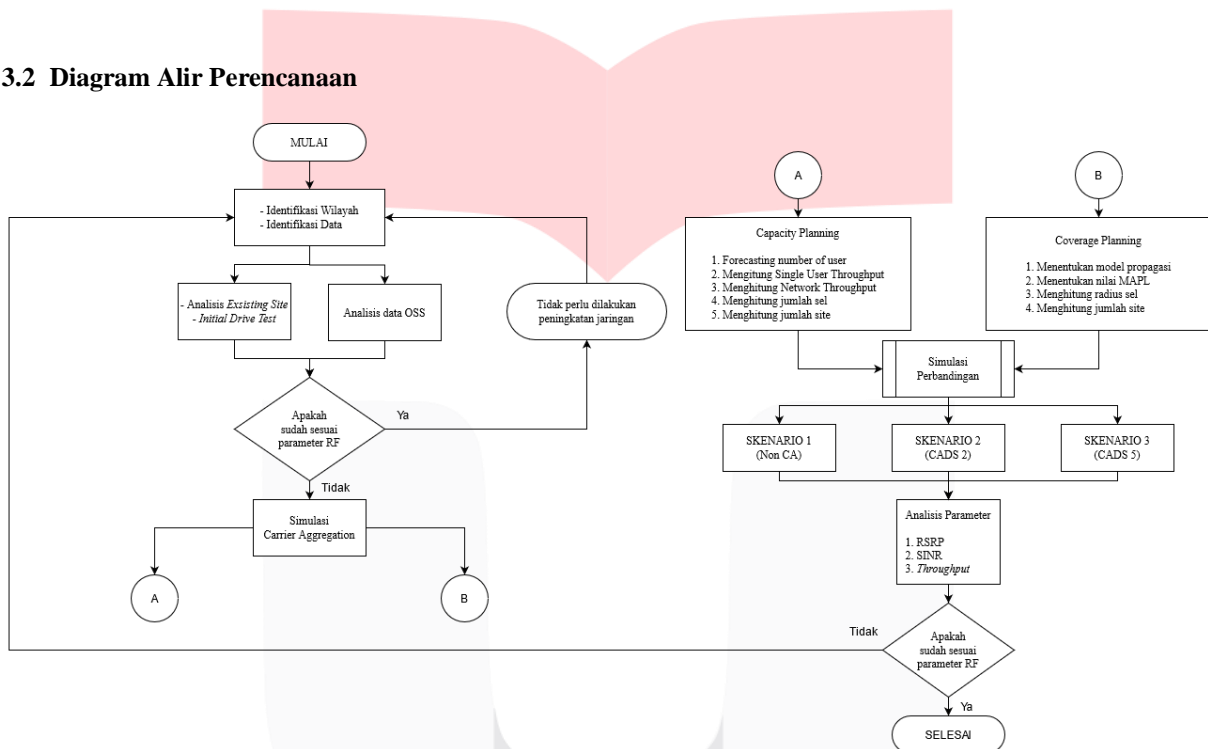
### 3.1 Skenario Konfigurasi Carrier Aggregation

Tabel 3.1 Konfigurasi Carrier Aggregation

Kondisi	Metode	Component Carrier 1	Component carrier 2	Deployment Scenario
Skenario 1	Non - CA	1,8 GHz	-	-
Skenario 2	CA	1,8 GHz	2,1 GHz	CADS 2
Skenario 3	CA	1,8 GHz	2,1 GHz	CADS 5

Pada tabel 3.1, Merupakan konfigurasi yang dilakukan terhadap tiga skenario simulasi perbandingan jaringan LTE-Advanced dengan metode *Inter-Band Non-Contiguous Carrier Aggregation* di sekitaran wilayah “Stadion Siliwangi lombok Tongkeng” kel.Merdeka, kota Bandung.

3.2 Diagram Alir Perencanaan

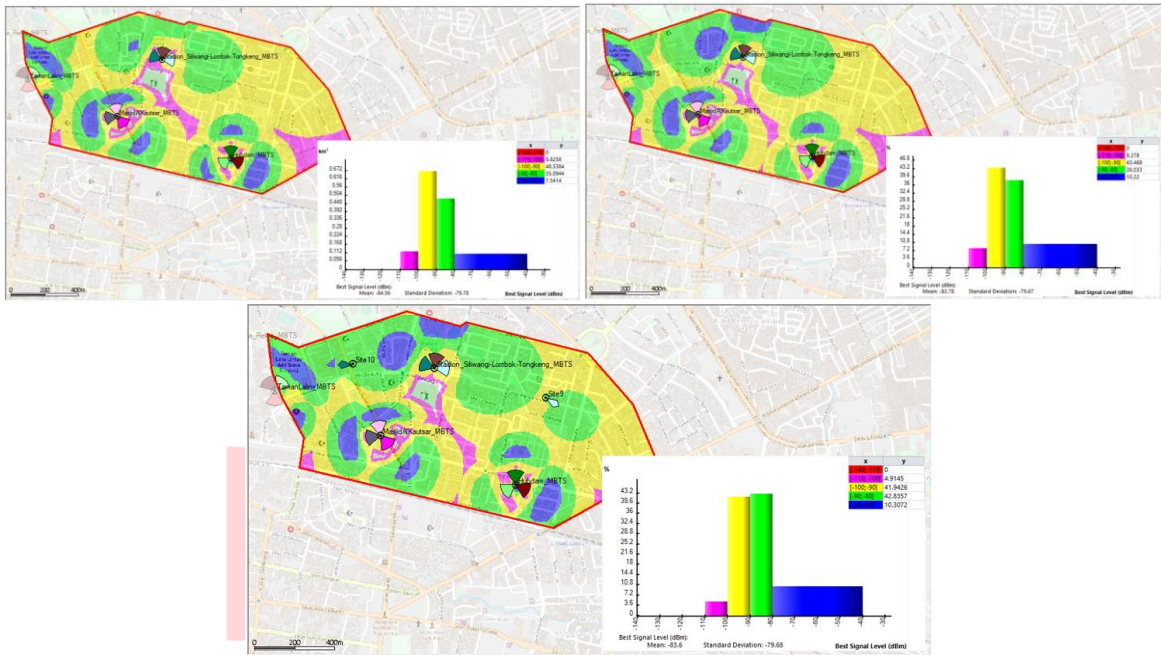


Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan

4. HASIL DAN ANALISA PERENCANAAN

Analisis hasil dari simulasi ini dilakukan untuk membuktikan peningkatan performa yang terjadi setelah dilakukan simulasi perbandingan jaringan LTE di wilayah Sekitaran Stadion Siliwangi Lombok Tongkeng dengan metode *Inter-band Carrier Aggregation*. Simulasi perbandingan *Inter-band Carrier Aggregation* dilakukan menggunakan *software Atoll 3.3.0*, hal ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran dari hasil perbandingan jaringan LTE dengan di lengkapi parameter RF seperti RSRP, SINR, *Throughput DL* dan *Throughput UL*.

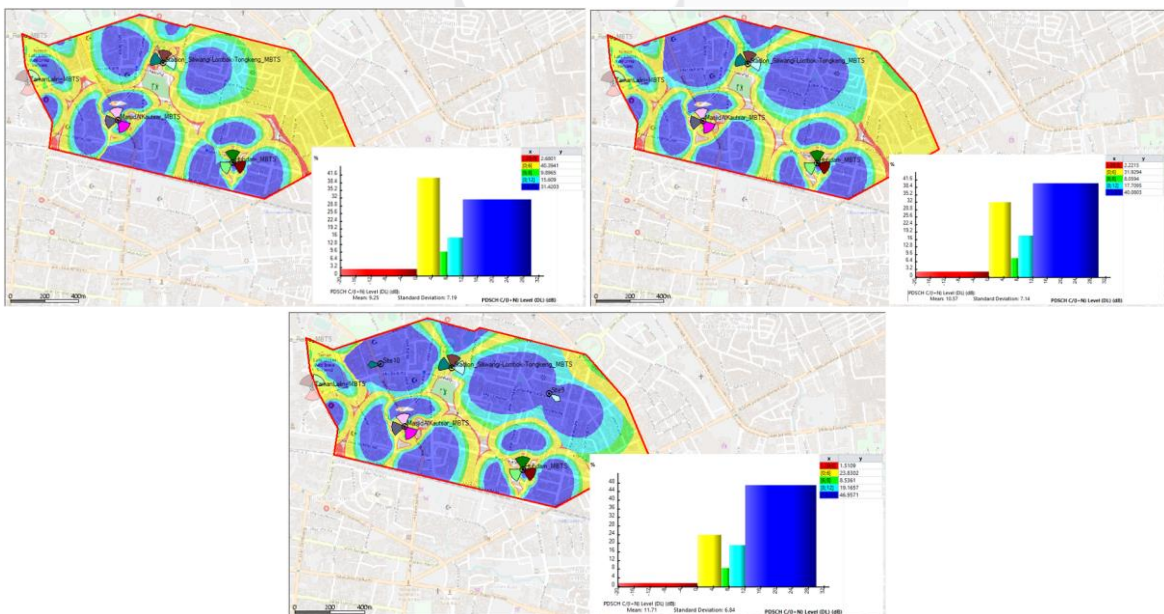




Gambar 4.1 Perbandingan Hasil Simulasi RSRP

Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Simulasi RSRP Berdasarkan Skenario

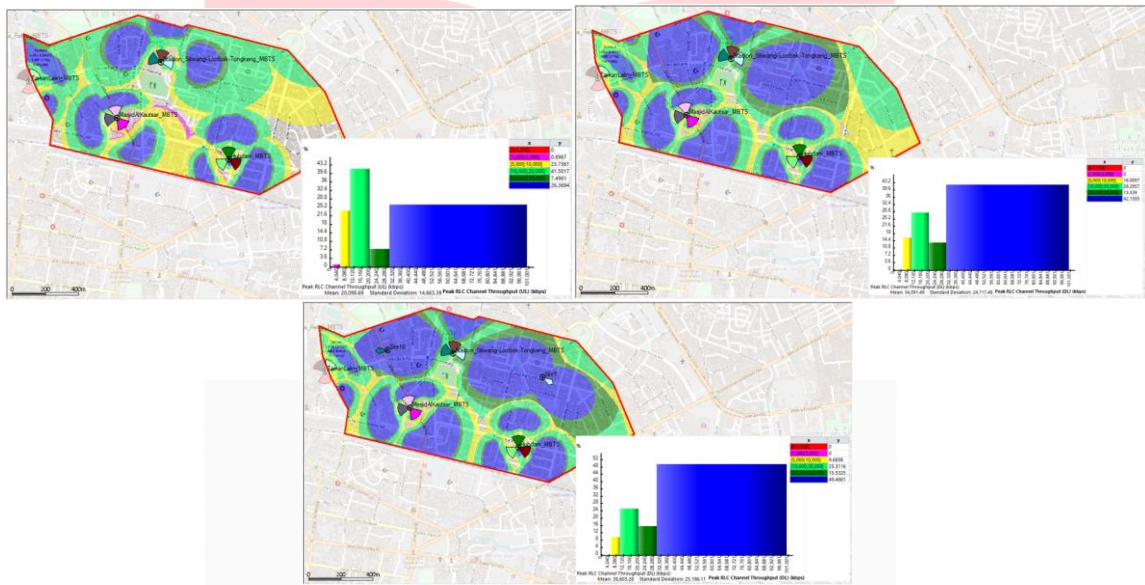
PERBANDINGAN HASIL SIMULASI RSRP					
NILAI (dBm)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO		
			SKENARIO 1	SKENARIO 2	SKENARIO 3
>80 s.d -40	Sangat Baik	Blue	7,54%	10,22%	10,30%
>90 s.d -80	Baik	Green	35,09%	38,03%	42,83%
>100 s.d -90	Cukup Baik	Yellow	48,53%	43,46%	41,94%
>110 s.d -100	Cukup Buruk	Pink	8,82%	8,27%	4,91%
-140 s.d -110	Buruk	Red	0,00%	0,00%	0,00%
<b>RATA-RATA (dBm)</b>			-84,56	-83,78	-83,6



Gambar 4.2 Perbandingan Hasil Simulasi SINR

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Simulasi SINR Berdasarkan Skenario

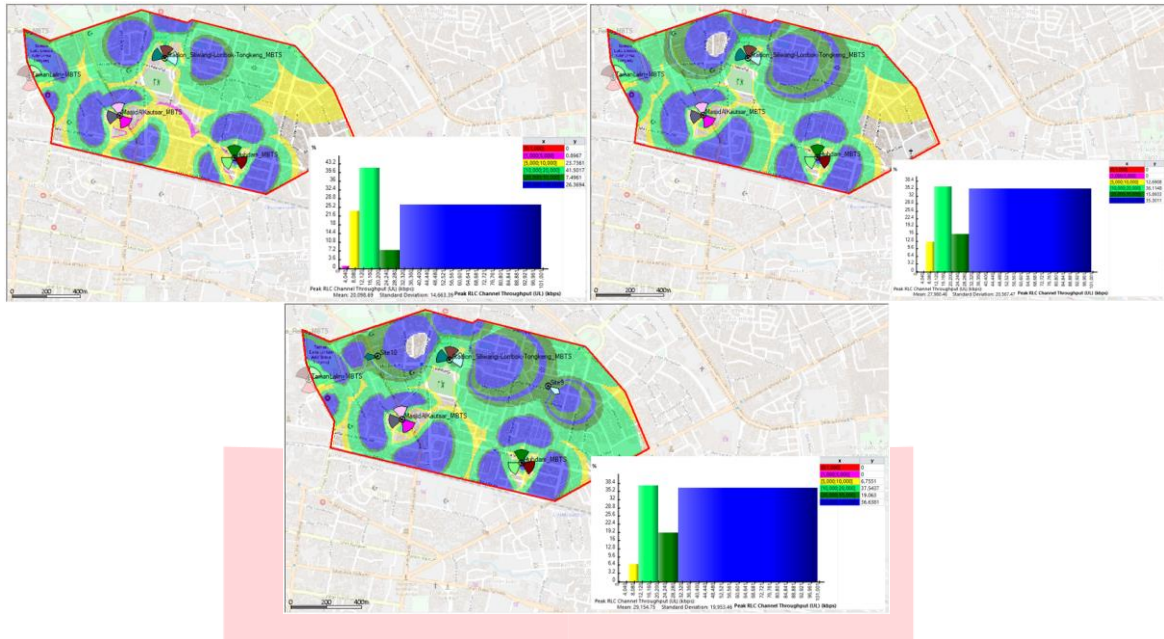
PERBANDINGAN HASIL SIMULASI SINR					
NILAI (dB)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO		
			SKENARIO 1	SKENARIO 2	SKENARIO 3
>12	Sangat Baik		31,42%	40,08%	46,05%
>8 s.d 12	Baik		15,60%	17,70%	19,16%
>6 s.d 8	Cukup Baik		9,89%	8,05%	8,53%
>0 s.d 6	Cukup Buruk		40,39%	31,92%	23,83%
<0	Buruk		2,68%	2,22%	1,51%
<b>RATA-RATA (dB)</b>			9,25	10,57	11,71



Gambar 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi Throughput DL

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi Throughput DL Berdasarkan Skenario

PERBANDINGAN HASIL SIMULASI THROUGHPUT DOWNLINK					
NILAI (kbps)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO		
			SKENARIO 1	SKENARIO 2	SKENARIO 3
30.000 s.d 100.000	Sangat Baik		29,92%	42,15%	49,48%
20.000 s.d 30.000	Baik		8,17%	13,53%	15,53%
10.000 s.d 20.000	Cukup Baik		37,94%	28,29%	25,31%
5.000 s.d 10.000	Cukup Buruk		23,74%	16,00%	9,66%
1.000 s.d 5.000	Buruk		0,21%	0,00%	0,00%
0 s.d 1.000	Sangat Buruk		0,00%	0,00%	0,00%
<b>RATA-RATA (kbps)</b>			23.582	34.091	38.603



Gambar 4.4 Perbandingan Hasil Simulasi Throughput UL

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Simulasi Throughput UL Berdasarkan Skenario

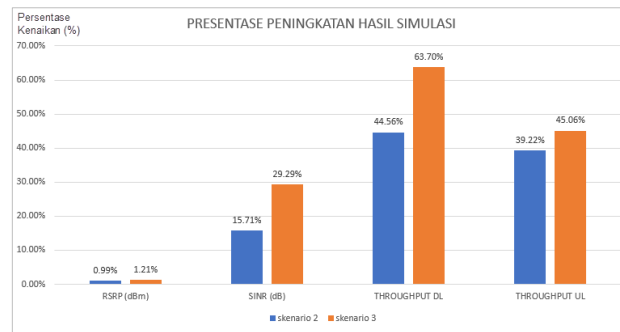
PERBANDINGAN HASIL SIMULASI THROUGHPUT UPLINK					
NILAI (kbps)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO		
			SKENARIO 1	SKENARIO 2	SKENARIO 3
30.000 s.d 100.000	Sangat Baik	Blue	26,36%	35,30%	36,63%
20.000 s.d 30.000	Baik	Green	7,49%	15,89%	19,06%
10.000 s.d 20.000	Cukup Baik	Yellow-Green	41,50%	36,11%	37,54%
5.000 s.d 10.000	Cukup Buruk	Yellow	23,73%	12,69%	6,75%
1.000 s.d 5.000	Buruk	Pink	0,89%	0,00%	0,00%
0 s.d 1.000	Sangat Buruk	Red	0,00%	0,00%	0,00%
<b>RATA-RATA (kbps)</b>			20.098	27.980	29.154

4.1 Rangkuman Analisis Hasil Simulasi

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Simulasi

PRESENTASE PENINGKATAN HASIL SIMULASI				
KONDISI	RSRP (dBm)	SINR (dB)	THROUGHPUT DL	THROUGHPUT UL
Skenario 1	-84,56	9,25	23.582	20.098
Skenario 2	-83,78	10,57	34.091	27.980
Skenario 3	-83,60	11,71	38.603	29.154
Presentase kenaikan pada skenario 2	0,99%	15,71%	44,56%	39,22%
Presentase kenaikan pada skenario 3	1,21%	29,29%	63,70%	45,06%





Gambar 3.2 Presentase kenaikan skenario 2 dan skenario 3

#### 4. KESIMPULAN

- Simulasi perbandingan jaringan LTE-Advanced dengan metode *Carrier Aggregation* merupakan salah satu metode optimasi dengan tujuan meningkatkan performa layanan, khususnya pada sisi kapasitas, dan dapat mengatasi permasalahan jaringan di daerah dengan trafik yang tinggi. Penerapan *inter-band carrier aggregation* berdasarkan band frekuensi yang digunakan oleh operator x, yaitu pada band 3 (1,8 GHz) dengan bandwidth 15 MHz dan band 1 (2,1 GHz) dengan bandwidth 20 MHz mampu meningkatkan nilai RSRP, SINR dan *throughput downlink* dan *throughput uplink* di masing-masing skenario.
- Carrier Aggregation* dapat mengatasi masalah kapasitas jaringan, terutama dalam meningkatkan lalu lintas data karena banyaknya pengguna yang menempati satu sel secara bersamaan, dengan menggabungkan beberapa *carrier* untuk menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada tanpa *Carrier Aggregation*.
- Simulasi perbandingan LTE-Advanced dengan metode *Carrier Aggregation* yang dilakukan pada *Software atoll 3.3.0* membandingkan 2 jenis *Deployment Scenario* yaitu CADS 2 dengan prinsip *primary cell* dan *secondary cell*, sedangkan CADS 5 terdapat penambahan repeater pada wilayah perencanaan yang terindikasi *low coverage* dan *low throughput*.
- Berdasarkan hasil skenario 2 yang telah dilakukan dapat meningkatkan nilai rata-rata parameter RSRP sebesar -83,78 dBm, SINR sebesar 10,57 dB, *Throughput DL* sebesar 34.091 kbps dan *Throughput UL* sebesar 27.980 kbps untuk tiap penggunaannya. Hasil simulasi keempat parameter ini sudah memenuhi standar operator x dan standar KPI-nya.
- Berdasarkan hasil skenario 3 yang telah dilakukan dapat meningkatkan nilai rata-rata parameter RSRP sebesar -83,60 dBm, SINR sebesar 11,71 dB, *Throughput DL* sebesar 38.603 kbps dan *Throughput UL* sebesar 29.154 kbps untuk tiap penggunaannya. Hasil simulasi keempat parameter ini sudah memenuhi standar operator x dan standar KPI-nya.
- Simulasi perbandingan jaringan LTE-Advanced dengan metode *Carrier Aggregation* pada wilayah sekitaran Stadion Siliwangi Lombok Tongkeng jenis *Deployment Scenario* yang di gunakan yaitu *Carrier Aggregation Deployment Scenario 2*. Dengan pertimbangan kenaikan presentasi parameter RF untuk *Carrier Aggregation Deployment Scenario 5* tidak mengalami kenaikan yang signifikan, sedangkan untuk penambahan repeater sendiri membutuhkan *maintenance* yang rumit serta biaya yang besar.

#### REFERENSI

- [1] M. Abdullah and A. Yonis, "Performance of LTE Release 8 and Release 10 in Wireless Communications," in *Internasional conference on Cyber Warfare and Digital Forensic (Cyber Sec)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2012.
- [2] M. A. P. Hasanah Putri, "Optimalisasi Penggunaan Frekuensi dan Peningkatan Throughput pada Jaringan LTE-A menggunakan Metode CADS2," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 1, pp. 125 - 136, 2020.
- [3] Z. Shen, A. Papasakellariou, J. Montojo, D. Gerstenberger and F. Xu, "Overview of 3GPP LTE-advanced carrier aggregation for 4G wireless communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 2, pp. 122 - 130, 2012.
- [4] H. P. Gemilang and L. O. Sari, "Perancangan Jaringan Lte-Advanced Menggunakan Metode Carrier Aggregation Inter Band Non-Contiguous," *Jom Fakultas Teknik dan Sains*, vol. 5, no. 2, 2018.

- [5] E. S. Kurniawan, A. Wahyudin and A. R. Danisya, "Analisis Perbandingan Lte-Advanced Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 Dan 5 Di Semarang Tengah," *TECHNO*, vol. 20, no. 2, pp. 77-86, 2019.
- [6] D. W. Saputra, U. K. Usman and L. Meylani, "Analisis Perencanaan LTE-advanced dengan Metoda Carrier Aggregation Inter-band Non-contiguous Dan Intra-band Non-contiguous Di Kota Bandar Lampung," *Jurnal Fakultas Teknik Departemen Elektro dan Komunikasi Universitas Telkom*, vol. 2, no. 2, pp. 3145-3151, 2015.
- [7] J. N. Sinulingga, A. Wahyudin and M. A. Amanaf, "Analisis Perancangan LTE- A dengan Teknik Carrier Aggregation Inter-band Pada Frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz di Kota Semarang Tengah," *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan, Purwokerto*, 2018.
- [8] K. S. Firdaus, Hafidudin and M. Hidayatulloh, "Perbandingan Simulasi Performa Jaringan LTE-Advanced Menggunakan Fitur Inter-Band Carrier Aggregation Di Area Lembang," *Applied Science*, vol. 6, no. 1, pp. 637-645, 2020.
- [9] A. Mubarok and H. Putri, "Analisis Dampak Inter-Band Carrier Aggregation pada Perencanaan Jaringan LTE-Advanced," *ELKOMIKA*, vol. 7, no. 2, pp. 363-376, 2019.
- [10] P. R. Widhi, I. D. K. Putra and A. G. F. Ifur, *4G LTE ADVANCED FOR BEGINNER & CONSULTANT*, Depok: Prandia Self Publishing, 2017.
- [11] U. K. Usman, G. Pribatmoko, D. K. Hendraningrat and S. D. Purwanto, *Fundamental Teknologi Seluler LTE*, Bandung: Rekayasa Edition, 2014.
- [12] Huawei, Artist, *Radio Network capacity Dimensioning*. [Art]. Huawei, 2010.
- [13] Huawei, Artist, *Radio Network coverage Dimensioning*. [Art]. Huawei, 2010.
- [14] T.-K. Kim, "Effective Beamforming Technique for Carrier Aggregation of Millimeter Wave," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 5, no. 1, pp. 21-30, 2019.
- [15] H. Shajaijah, A. Abdel-Hadi and C. Clancy, "Utility Proportional Fairness Resource Allocation with Carrier Aggregation in 4G-LTE," in *MILCOM 2013 - 2013 IEEE Military Communications Conference*, San Diego, CA, USA, 2013 .
- [16] S. Q. Mohammed and D. S. Abdalla, "Throughput Performance Evaluation of LTE-Advanced with Inter-band Carrier Aggregation," *Journal of Zankoy Sulaimani*, vol. 22, no. 1, pp. 223-230, 2020.
- [17] F. Kusuma and H. Putri, "Increasing the LTE-Advanced Network Capacity Using Inter-band Carrier Aggregation (Downlink Side) Method," *JURNAL INFOTEL: Informatics - Telecommunication - Electronics*, vol. 12, no. 2, pp. 52-59, 2020.
- [18] S. Chung, R. Ma, S. Shinjo and K. H. Teo, "Inter-band carrier aggregation digital transmitter architecture with concurrent multi-band delta-sigma modulation using out-of-band noise cancellation," in *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Phoenix, AZ, USA , 2015.
- [19] R. Almesaeed, A. S. Ameen, A. Doufexi and A. R. Nix, "Performance Evaluation of LTE-Advanced Downlink in Inter and Intra Band Carrier Aggregation under Mobility and Interference," in *IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall)*, Vancouver, BC, Canada , 2014.
- [20] O. Fratu, A. Vulpe, S. V. Halunga and R. Crăciunescu, "Interference analysis for inter-band Carrier Aggregation in LTE-advanced," in *11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS)*, Nis, Serbia , 2013.