

## PERENCANAAN JARINGAN LTE-ADVANCED MENGGUNAKAN METODE INTER-BAND CARRIER AGGREGATION DI KOTA KARAWANG

*LTE-Advanced Network Planning Using Inter-Band Carrier Aggregation Method in Karawang City*

Maria Tiar Geraldine Sihotang<sup>1</sup>, Hafidudin, S.T.,M.T.<sup>2</sup>, Sigit Tri Cahyono, S.T., M.B.A<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

<sup>1</sup>mgeraald@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>sigittri@gmail.com

---

### Abstrak

Penerapan teknologi *Long Term Evolution* (LTE) di Indonesia masih terus dikembangkan. Namun keterbatasan spektrum frekuensi menjadi salah satu faktor terhambatnya peningkatan layanan LTE. Untuk mengatasi hal tersebut, 3GPP mengeluarkan teknologi *LTE-Advanced* yang didukung fitur *Carrier Aggregation* yang memungkinkan untuk mendapatkan nilai *throughput* yang tinggi dengan penggunaan spektrum frekuensi yang efisien.

Pada Proyek Akhir ini akan dilakukan perencanaan jaringan *LTE-Advanced* menggunakan metode *inter-band carrier aggregation* sebesar 10 MHz di band 1800 dan 10 MHz pada band 2100 di kota Karawang untuk meningkatkan kapasitas jaringan serta kualitas yang didapatkan user. Untuk melihat perbandingan performansi jaringan, akan dilakukan pula perancangan jaringan LTE non CA 10 MHz pada band 1800. Simulasi perancangan ini akan dilakukan menggunakan *software* Atoll 3.2.1 dan akan memperhatikan parameter RSRP, SINR dan *throughput*.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada *software* Atoll 3.3 untuk perancangan *LTE-Advanced* dengan metode *inter-band carrier aggregation* didapatkan nilai rata-rata RSRP sebesar -86,11 dBm, SINR sebesar 16,72 dB, dan *throughput* 27.526 kbps.

**Kata Kunci :** *LTE-Advanced, carrier aggregation, inter band, throughput.*

---

### Abstract

*The application of Long Term Evolution (LTE) technology in Indonesia is still being developed. However, the frequency spectrum limitation become one of the factors obstruct the LTE service growth. To solve this problem, 3GPP releases LTE-Advanced technology, supported by Carrier Aggregation feature, which made it possible to obtain high throughput values with the use of efficient frequency spectrum.*

*At this project will be carried out the LTE-Advanced network planning using inter-band carrier aggregation using bandwidth of 10 MHz in 1800 MHz bands and a bandwidth of 10 Mhz in 2100 MHz in Karawang city to increase the network capacity and to get maximum performance. At this project also will do the comparison between LTE non carrier aggregation using bandwidth 10 MHz in 1800 bands. The simulation use Atoll 3.2.1 and see the RSRP, SINR and throughput parameters.*

*The ouput of this project based the simulation on Atol 3.3 for LTE-Advanced with inter-band carrier aggregatiion method acquired RSRP -86,11 dBm, SINR 16,72 dB, and throughput 27.526 kbps.*

**Keyword :** *LTE-Advanced, carrier aggregation, inter band, throughput.*

---

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi berkembang pesat seiring perkembangan zaman. Seiring dengan hal itu, lonjakan pelanggan telekomunikasi terus meningkat hal ini menyebabkan komunikasi data sudah menjadi kebutuhan dasar manusia, sehingga operator atau penyedia layanan dituntut untuk selalu dapat memastikan pengguna mendapatkan layanan dengan datarate yang tinggi, bandwidth yang besar dan coverage yang luas agar pelanggan terhindar dari masalah komunikasi akibat buruknya jaringan.

Penggunaan spektrum frekuensi menjadi faktor utama permasalahan dalam penerapan 4G. Pemerintah telah menyediakan frekuensi 850 MHz dan 1800 MHz untuk slot jaringan 4G. Tetapi, lebar pita yang dimiliki oleh masing-masing operator di dalam frekuensi tersebut cukup terbatas karena sebagian sudah digunakan oleh layanan 2G[1]. Untuk menanggapi masalah ini, 3GPP mengeluarkan teknologi *LTE-Advanced* yang mulai diluncurkan pada

Release 10. LTE-Advanced mendukung fitur carrier aggregation, yang merupakan suatu teknik menggabungkan dua atau lebih component carrier secara bersamaan baik pada band frekuensi yang sama maupun berbeda [2].

Pada proyek akhir ini akan dilakukan perancangan jaringan LTE-Advanced di Kota Karawang. Kota Karawang merupakan salah satu kota industri di Indonesia. Hal ini menyebabkan kota Karawang terdapat perusahaan-perusahaan dan menjadi tujuan masyarakat untuk mencari pekerjaan. Kota Karawang membutuhkan ketersediaan jaringan yang sanggup menampung kapasitas yang banyak dan juga trafik yang tinggi. Berdasarkan hasil analisis data OSS, didapatkan penggunaan resource block di beberapa site di kota Karawang sudah melebihi batas 90%, dan dengan demikian site tersebut membutuhkan penambahan bandwidth.

Operator seluler terus mencari solusi yang efisien dan hemat biaya untuk mendukung tingginya permintaan data dan layanan di generasi berikutnya. Pada saat ini, spektrum terus menjadi faktor pembatas. Kebanyakan operator memiliki blok spektrum kurang dari 20 MHz yang bersifat contiguous maupun non-contiguous atau memiliki multiple bands. Sebagai solusinya, operator di seluruh dunia mengadopsi teknologi Carrier Aggregation yang merupakan salah satu fitur utama pada LTE-Advanced di release 10.[1]

Dalam proyek akhir ini akan dilakukan perancangan LTE-Advanced pada frekuensi 1800 dan 2100 MHz dengan penambahan kanal 10 MHz di frekuensi 1800 MHz dan 10 MHz di frekuensi 2100 MHz. Perancangan jaringan LTE-Advanced dilakukan dengan dua metode, yaitu planning by capacity dan planning by coverage. Parameter yang akan dianalisis meliputi: RSRP, SINR, dan throughput.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Long Term Evolution (LTE)<sup>[2]</sup>

LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA yang diperkenalkan pertama kali oleh 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP) project pada release 8. Teknologi LTE merupakan teknologi yang berbasis all-IP yang menjadikan teknologi LTE ini mampu mendukung semua layanan yang diperlukan, seperti layanan voice, data, video. LTE terus dikembangkan lagi hingga 3GPP mengeluarkan standar baru yaitu LTE-Advanced yang dikeluarkan pada release 10. LTE-Advanced merupakan peningkatan standar LTE yang dikembangkan oleh 3GPP dan telah diratifikasi oleh International Telecommunication Union (ITU) sebagai IMT-Advanced. 3GPP mengembangkan teknologi LTE-Advanced sesuai spesifikasi release 11 sebagai berikut.

- a. Carrier Aggregation
- b. Enhanced MIMO
- c. Inter-Cell Interference Coordination (eICIC)
- d. Coordinated Multipoint Transmission (CoMP)
- e. Relay Nodes

### 2.2 Carrier Aggregation<sup>[1]</sup>

Carrier Aggregation adalah salah satu fitur utama pada LTE-Advanced release 10 untuk memenuhi standar IMT-Advanced: 3 Gbps untuk downlink dan 1.5 Gbps uplink. Carrier aggregation memungkinkan operator membangun bandwidth "virtual" yang lebih besar dengan cara menggabungkan spektrum frekuensi yang ada

Hasil yang didapatkan dari penggunaan carrier aggregation adalah operator dapat mendapatkan throughput yang tinggi tanpa harus menyediakan frekuensi yang berdekatan (contiguous) yang lebar. Carrier aggregation menggunakan carrier yang diagregasikan, yang disebut dengan istilah Component Carriers (CCs). Konfigurasi CA yang lebih lanjut diterapkan pada LTE release 12, dimana carrier aggregation sudah dapat mendukung di dua tipe duplexing, yaitu Frequency Division Duplex (FDD) dan Time Division Duplex (TDD). Carrier aggregation dapat menggunakan bandwidth 1.4, 3, 5, 10, 15 dan 20 MHz dan memungkinkan user untuk mendapatkan total bandwidth hingga 100 MHz.

### 2.3 Carrier Aggregation Classes<sup>[3]</sup>

Secara umum CA terbagi menjadi tiga tipe yaitu, pertama

- Contiguous Intra-band CA merupakan penggabungan dua atau lebih CCs dengan frekuensi yang saling berdekatan dan pada satu band frekuensi yang sama.
- Non-Contiguous Intra-band CA merupakan penggabungan dua atau lebih CCs yang frekuensinya tidak saling berdekatan dan dipisahkan oleh sebuah frequency spacing atau yang bisa juga diisi oleh beberapa blok frekuensi carrier milik operator lainnya namun masih di dalam satu band frekuensi yang sama.
- Non-Contiguous Inter Band CA merupakan teknik penggunaan 2 atau lebih CCs yang masing-masing CC terletak di dua band frekuensi yang berbeda. Pada umumnya non-contiguous inter band CA digunakan di dua band frekuensi dengan teknik duplex yang berbeda, sehingga dapat saling memfokuskan baik di sisi coverage maupun capacity.

### 2.4 Carrier Aggregation Deployment Scenarios<sup>[3]</sup>

Pada carrier aggregation, terdapat beberapa skenario yang dapat diterapkan. Carrier Aggregation dapat memilih band baru untuk meningkatkan coverage dan mobility dari carrier yang sudah diterapkan. Deployment Scenario adalah bagaimana mengatur koneksi dari Component Carrier 1 (CC1) dan kemudian melakukan

konfigurasi terhadap *Component Carrier 2* (CC2). Dalam *Carrier Aggregation* Terdapat 5 jenis *Deployment Scenario*, yaitu sebagai berikut.

1. *Carrier Aggregation Deployment Scenarios 1* : Sel dengan *carrier frequency* CC1 dan CC2 letaknya *collocated* dan saling tumpang tindih dengan luas cakupan yang sama. Biasanya CC1 dan CC2 terdapat pada band frekuensi yang sama.
2. *Carrier Aggregation Deployment Scenarios 2* : Sel dengan *carrier frequency* CC1 dan CC2 letaknya *collocated* dan saling tumpang tindih. Namun salah satu Ccnya memiliki lebar cakupan yang lebih kecil dibanding CC lainnya. Biasanya skenario ini terjadi ketika CC1 dan CC2 pada band frekuensi yang berbeda.
3. *Carrier Aggregation Deployment Scenarios 3* : Sel dengan *carrier frequency* CC1 dan CC2 letaknya *collocated* namun sel pada CC2 diarahkan pada tepian dari CC1 hal ini ditujukan agar user di *cell edge* tetap memiliki nilai *throughput* yang baik.
4. *Carrier Aggregation Deployment Scenarios 4* : Sel dengan *carrier frequency* CC1 dan CC2 letaknya tidak *collocated*. Salah satu *carrier frequency* ditempatkan pada titik-titik tertentu yang memiliki kepadatan trafik tinggi. Skenario ini juga mendukung ditur *LTE-Advanced* lainnya, yaitu *Heterogeneous Network*.
5. *Carrier Aggregation Deployment Scenarios 4* : Sel dengan *carrier frequency* CC1 dan CC2 letaknya saling *collocated* dengan cakupan CC1 lebih kecil dibandingkan dengan cakupan pada CC2, namun pada skenario ini ditambahkan relay di ujung *cell* CC1.

## 2.5 Coverage Planning

*Coverage Planning* merupakan metode perencanaan dalam membangun jaringan di suatu daerah berdasarkan luas wilayah cakupan (*coverage*). Perencanaan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan jumlah *site* sesuai dengan luas wilayah cakupan yang ada. Dalam perencanaan ini terdapat empat pembagian wilayah, yaitu *rural*, *sub urban*, *urban* dan *dense urban*.

## 2.6 Capacity Planning

*Capacity planning* adalah suatu bentuk perencanaan dalam membangun jaringan di suatu daerah berdasarkan jumlah pengguna (*capacity*). Perencanaan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan jumlah *site* yang sesuai dengan jumlah pengguna di wilayah cakupan yang ada.

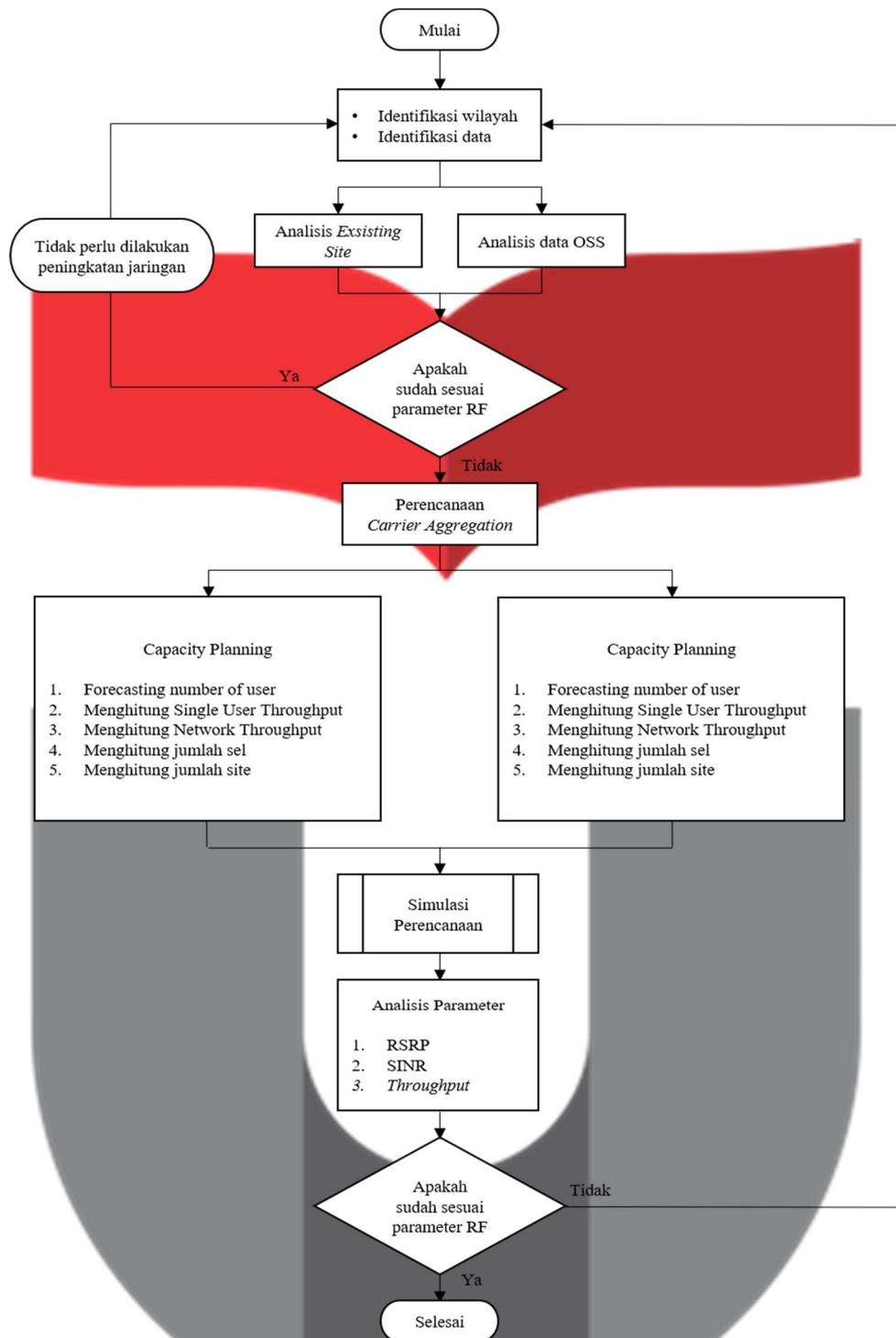
## 3. Pembahasan

### 3.1 Deskripsi Proyek Akhir

Pada Proyek Akhir ini, dilakukan perancangan jaringan *LTE-Advanced* di Kota Karawang dengan metode *Inter-Band Carrier Aggregation* pada bandwidth 10 MHz di frekuensi 1800 MHz dan 10 MHz di frekuensi 2100 untuk studi kasus operator 3 di wilayah Kota Karawang. Metode *inter-band carrier aggregation* merupakan suatu teknik menggabungkan dua atau lebih *component carrier* secara bersamaan agar diperoleh spektrum frekuensi yang maksimal sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan dan kapasitas *user* di sebuah wilayah.

Proyek akhir ini dikerjakan secara sistematis sesuai dengan diagram alir pengerjaan pada Gambar 3.1. Perancangan jaringan *LTE-Advanced* ini dilakukan dengan pendekatan *coverage planning* dan *capacity planning* yang kemudian akan disimulasikan menggunakan *software Atoll 3.3*. Keluaran dari proyek akhir ini adalah menganalisis dan membandingkan hasil simulasi sebelum dan sesudah perencanaan *carrier aggregation* di *software Atoll 3.3* dengan memperhatikan parameter RF, yaitu *RSRP*, *SINR* dan *throughput*

Pada penelitian kali ini dilakukan perencanaan jaringan *LTE-A* menggunakan *dual band* CADS 2 dengan tipe *interband* CA menggunakan band 3 sebesar 15 MHz dan band 40 sebesar 20 MHz. Proses perencanaan dimulai dengan melalui pendekatan melalui *capacity planning*. Tahap ini meliputi perencanaan *LTE-A* untuk menghasilkan nilai *network throughput*, *cell average throughput*, dan jumlah *site*. Setelah itu dilakukan perhitungan *coverage planning* untuk mengetahui jarak yang dapat dicakup dari frekuensi band 3 dan frekuensi band 40. Untuk penggunaan frekuensi 2300MHz dengan bandwidth 20MHz akan dijadikan PCell. Untuk penggunaan frekuensi 1800MHz dengan bandwidth 15MHz akan dijadikan SCell. Dibandingkan dengan penggunaan frekuensi 1800 MHz dengan bandwidth 15 MHz dijadikan Pcell dan frekuensi 2300 MHz dengan bandwidth 20 MHz dijadikan SCell pada simulasi di Atoll.



Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Proyek Akhir

### 3.2 Identifikasi Existing Site

Existing site adalah pemancar (site) yang melayani pengguna dan terletak di sekitar wilayah perencanaan. Data existing site diperoleh dari data engineering parameter yang diberikan oleh operator. Engineering parameter ini mencakup seluruh informasi mengenai identitas site, seperti longitude, latitude, antenna height, azimuth, tilting, antenna type, feeder type, dan lain-lain.

Tabel 3.1 Letak *Existing Site*

SITE ID	SITE NAME	LONGITUDE	LATITUDE
600592	Bayukarta	107.29243	-6.30427
104321	KARANG INDAH KARAWANG	107.29269	-6.29584
601007	Karang Pawitan	107.29953	-6.29516
601774	Paracis	107.2887	-6.29302
600604	Sukaharja, Teluk Jambe	107.28638	-6.29791
100034	Kp_Paracis_Tj_Pura	107.291524	-6.289723
104662	Tanjung Pura Rangga Gede	107.28491	-6.28731
601149	GEMPUL ANJUN	107.28305	-6.29254
103940	KAMP.BABOJO	107.27892	-6.29038
601279	Dusun Gempol Tengah	107.28779	-6.30574

### 3.3 Identifikasi *Operating Support System (OSS)*

*Coverage planning* dilakukan untuk memperhitungkan luas wilayah dan jumlah sel dan melihat apakah jumlah tersebut sudah dapat mencakup semua wilayah yang sudah direncanakan. Perhitungan ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, diantaranya mengklasifikasi wilayah perencanaan, menentukan frekuensi kerja, menentukan penggunaan model propagasi, mempersiapkan standar MAPL, pada proyek akhir ini disediakan 2 tabel MAPL untuk kedua frekuensi, hal ini dilakukan untuk membandingkan besar cakupan *site* dari tiap frekuensi didapatkan jumlah *site* yang diperlukan untuk menangani wilayah sesuai dengan luas cakupannya.

Tabel 3.2 Data OSS Persentase Penggunaan RB

eNodeB Name	Maximum eNodeB RB utilization DL LTE(%)	RB utilization DL > 90%
100034_Kp_Paracis_Tj_Pura_4G	98.164	YES
101296_Karangpawitan_4G	98.623	YES
103940_KAMPBABOJO_4G	89.552	NO
104321_KarngINDAHKARAWANG_4G	94.589	YES
104662_TjPURARANGGAGEDE_4G	94.920	YES
600592_Bayukarta_4G	89.604	NO
601149_GEMPULANJUN_4G	95.494	YES
601278_SUKAHARJA_4G	93.883	YES
601279_DusunGempolTengah_4G	78.704	NO
601774_Paracis_4G	83.495	NO

### 3.4 Perhitungan *Coverage Planning*

Dalam perhitungan melalui pendekatan *coverage planning* bertujuan untuk mengetahui cakupan atau luas dari satu site dari masing-masing penggunaan frekuensi. Dengan menggunakan pendekatan ini, dapat diketahui peluang dalam memaksimalkan cakupan dalam suatu wilayah. Hasil perhitungan berdasarkan pendekatan ini dapat ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Hasil Perhitungan *Coverage Planning*

PARAMETER	VARIABEL	UNIT	1800 MHz		2100 MHz	
			Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Faktor Koreksi Daya MS	a(hm)	-	0.049		0.049	
Radius Sel	d	km	0.349	0.642	0.311	0.572
Luas Sel	-	km <sup>2</sup>	0.619	2.088	0.491	1.658
Jumlah Site	-	-	7	2	3	8

### 3.6 Perhitungan Capacity Planning

*Capacity planning* dilakukan untuk memperhitungkan kualitas dan kapasitas trafik jaringan yang nantinya akan didapatkan jumlah sel yang dibutuhkan berdasarkan jumlah user. Perhitungan ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, diantaranya estimasi jumlah penduduk beberapa tahun kedepan, hingga dihasilkan radius dari cakupan sel, kapasitas tiap sel, dan total jumlah site yang diperlukan untuk menangani wilayah tersebut.

Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Capacity Planning

PARAMETER	UNIT	LTE		LTE-Advanced	
		Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Luas Daerah	Km <sup>2</sup>	3.89		3.89	
User	Jiwa	9503.475		3801.390	
Single User Throughput	Kbps	9.51	36.34	9.51	36.34
Network Throughput	Mbps	92.21	352.75	36.88	141.09
Site Capacity	Mbps	95.29	79.41	261.65	218.04
Number of Site	-	1	5	1	1
User per Site	Jiwa	9503.475	1900.695	3801.390	3801.390
Cell Coverage	Km <sup>2</sup>	3.89	0.78	3.89	3.89
Cell Radius	Km	0.8759	0.3917	0.8759	0.8759

### 4. Analisis Simulasi Perencanaan

Simulasi ini dilakukan untuk membuktikan teori mengenai *carrier aggregation* yang dapat meningkatkan performa jaringan khususnya peningkatan kapasitas dan *throughput*. Simulasi perencanaan jaringan LTE-Advanced menggunakan metode *inter-band carrier aggregation* untuk meningkatkan kapasitas layanan di kota Karawang dilakukan untuk menguji hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Dimana pendekatan *coverage planning* menjadi acuan radius sel dan pendekatan *capacity planning* menjadi acuan kapasitas sel. Simulasi perencanaan dilakukan dengan menggunakan *software* Atoll 3.3.

Simulasi *inter-band carrier aggregation* ini dilakukan dengan penambahan *bandwidth* sebesar 10 MHz di frekuensi 2100 MHz pada tiap transmitter di wilayah perencanaan. Hasil dari simulasi ini akan dibandingkan dengan hasil simulasi jaringan LTE berdasarkan site *existing* dan kemudian dianalisis dengan memperhatikan parameter RSRP, SINR dan *throughput* berdasarkan standar operator 3.

#### 4.1 Hasil Simulasi Perencanaan

Berdasarkan hasil prediksi simulasi parameter RSRP, SINR, dan *throughput* yang telah dilakukan, diperoleh hasil yang berbeda antara jaringan LTE dan jaringan LTE-Advanced. Perbandingan hasil prediksi dari kedua layanan ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 4.1 Hasil Simulasi RSRP

PERBANDINGAN SIMULASI RSRP				
NILAI (dBm)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO	
			LTE	LTE-ADVANCED
>-80 s.d -40	Sangat Baik		6.81%	20.11%
>-90 s.d -80	Baik		47.16%	42.98%
>-100 s.d -90	Cukup Baik		36.44%	33.36%
>-110 s.d -100	Cukup Buruk		9.57%	3.39%
-140 s.d -110	Buruk		0%	0.15%
RATA-RATA			-88.81 dBm	-86.11 dBm
TARGET 70% >-90 dB			53.97%	63.09%

Tabel 4.2 Hasil Simulasi SINR

PERBANDINGAN SIMULASI SINR				
NILAI (dB)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO	
			LTE	LTE-ADVANCED
>12	Sangat Baik		37.21%	68.42%
>8 s.d 12	Baik		14.68%	19.01%
>5 s.d 8	Cukup Baik		17.36%	10.11%
>0 s.d 5	Cukup Buruk		27.61%	2.40%
<0	Buruk		3.11%	0.03%
RATA-RATA			10.71 dB	16.72 dB
TARGET 70% >5 dB			51.89%	87.43%

Tabel 4.3 Hasil Simulasi *Throughput*

PERBANDINGAN SIMULASI THROUGHPUT				
NILAI (kbps)	KATEGORI	WARNA	SKENARIO	
			LTE	LTE-ADVANCED
>30.000	Sangat Baik		18.05%	49.49%
>20.000 s.d 30.000	Baik		8.02%	12.95%
>10.000 s.d 20.000	Cukup Baik		27.88%	33.84%
>5.000 s.d 10.000	Cukup Buruk		35.53%	3.66%
>1.000 s.d 5.000	Buruk		10.49%	0.03%
<1.000	Sangat Buruk		0%	0%
RATA-RATA			15.710 kbps	27.526 kbps
TARGET 70% > 10.000 kbps			53.95%	96.28%

Dari tabel perbandingan simulasi prediksi, dapat diketahui bahwa perencanaan jaringan LTE-Advanced menggunakan metode *inter-band carrier aggregation* dapat meningkatkan performansi jaringan untuk permasalahan yang ada di kota Karawang dengan parameter RSRP pada skenario LTE-Advanced mengalami kenaikan sebesar 9,12% dari persentase skenario jaringan LTE sehingga didapat nilai rata-rata sebesar -86,11 dBm. Untuk parameter SINR, skenario jaringan LTE-Advanced berhasil meningkatkan persentase sebesar 35,54% sehingga mencapai target 70% > 5 dB dengan nilai rata-rata sebesar 16,72 dB. Dan untuk parameter *throughput*, pada jaringan LTE-Advanced berhasil meningkatkan persentase sebesar 42,33% sehingga mencapai target 70% > 10.000 kbps dengan nilai rata-rata *throughput* mencapai 27.526 kbps.

Di antara ketiga RF parameter yang dijadikan acuan dalam proyek akhir ini, hanya parameter RSRP yang memiliki persentase kenaikan yang rendah, namun dari hasil simulasi, nilai rata-rata RSRP masih tergolong baik, yaitu -86,11 dBm. Sedangkan untuk parameter SINR, kenaikan yang dihasilkan dari simulasi LTE-Advanced cukup signifikan, dan parameter yang paling meningkat adalah parameter *throughput* dengan kenaikan 42,33%. Maka dapat disimpulkan bahwa penerapan LTE-Advanced dengan metode *inter-band carrier aggregation* dapat meningkatkan performansi jaringan, meskipun dilakukan pengurangan site, tetap didapatkan nilai parameter RF yang baik, khususnya pada parameter *throughput*.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan pada buku proyek akhir ini, bahwa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerapan *carrier aggregation* adalah salah satu langkah untuk 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 3, yaitu pada band 3 (1800 MHz) dengan *bandwidth* 10 MHz dan band 1 (2100 MHz) dengan *bandwidth* 10 MHz mampu meningkatkan nilai RSRP, SINR dan *throughput*.
2. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah *site* dengan pendekatan *capacity planning* didapatkan dua *site* yang mendukung *carrier aggregation*. Namun tidak dapat digunakan karena cakupannya tidak dapat memenuhi seluruh wilayah perencanaan.
3. Pada pendekatan melalui *coverage planning*, didapatkan hasil jumlah *site* yang dibutuhkan pada frekuensi 1800 MHz adalah 7 *site* dengan luas cakupan *cell* sebesar 0,628 km<sup>2</sup>. Sedangkan pada frekuensi 2100 MHz didapatkan jumlah *site* sebanyak 9 *site* dengan luas cakupan *cell* 0,716 km<sup>2</sup>.
4. Hasil perhitungan dengan *capacity planning* dibandingkan lagi dengan data OSS dengan memperhatikan data penggunaan *Resource Block*. Berdasarkan hasil OSS, terdapat 6 *site* yang membutuhkan peningkatan *bandwidth* dikarenakan pemakaian *resource block* pada 6 *site* tersebut sudah melebihi batas >90%.
5. Berdasarkan hasil simulasi penerapan *inter-band carrier aggregation* yang telah dilakukan dengan *bandwidth* 10 MHz di band 3 (1800 MHz) sebagai *primary cell* dan *bandwidth* 10 MHz di band 1 (2100 MHz) sebagai *secondary cell* sangat baik digunakan karena terbukti meningkatkan nilai RSRP, SINR, dan *throughput*. Untuk parameter RSRP diperoleh nilai rata-rata sebesar -86,11 dBm. Pada parameter SINR memiliki nilai rata-rata sebesar 16,72 dB. Dan yang terakhir adalah nilai *throughput* yang meningkat sehingga dicapai nilai *throughput* sebesar 27,526 kbps.
6. Dari penelitian ini dapat diketahui penggunaan fitur *carrier aggregation* dapat dijadikan solusi untuk mengatasi masalah keterbatasan *bandwidth* di Indonesia. Karena berdasarkan hasil simulasi, terbukti dengan menggabungkan 2 CC dapat meningkatkan kapasitas jaringan, juga performansi jaringan yang lebih optimal dibandingkan dengan jaringan LTE tanpa *carrier aggregation*.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian proyek akhir ini, sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh skema *carrier aggregation* agar dapat dibandingkan ketika menggunakan CADS 1,2,3,4 dan 5 dengan *software* lain yang mendukung skema CADS.
2. Penelitian selanjutnya untuk menganalisis penggunaan *carrier aggregation* TDD dan FDD.

## Daftar Pustaka

- [1] 4G Americas (2014). LTE Carrier Aggregation.
- [2] CK Toh, P. (2011). 4G LTE Technologies: System Concepts
- [3] Gujral, Ekta. Jitendra Singh Jadon (2016). LTE Evolution towards Carrier Aggregation (LTE-advanced). India: Amity University.

