

Optimasi Penggelaran *Co-located Inter-band Carrier Aggregation* pada Perencanaan Jaringan Radio *LTE-Advanced*

Radiyah Hamdah, Hafidudin, Linda Meylani

Fakultas Teknik Elektro

Jl. Telekomunikasi no.1 Terusan Buah Batu – 40257, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

¹radiah.hamdah@gmail.com, ²hafidudin@telkomuniversity.ac.id, ³lindameylani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Dalam praktiknya, operator memiliki masalah penggelaran jaringan *LTE-Advanced* yang disebabkan spektrum optimal teralokasi pada *band* frekuensi yang berbeda. Dengan menggunakan fitur *Inter-band carrier aggregation* memungkinkan bagi operator untuk membangun *LTE-Advanced* menggunakan *bandwidth* yang optimal meskipun *bandwidth* teralokasi dalam *band* frekuensi yang berbeda. Namun, diperlukan pemilihan *Carrier Aggregation Deployment Scenarios* (CADSs) yang tepat untuk mendapatkan hasil performansi terbaik. Dalam makalah ini dilakukan perhitungan perencanaan jaringan radio *LTE-Advanced*. Kemudian hasil perhitungan perencanaan disimulasikan dengan menerapkan CADS2 dan CADS3. Berdasarkan hasil pengujian pada simulasi, distribusi CINR pada CADS3 dengan mobilitas pengguna sebagai pejalan kaki lebih baik dibandingkan dengan CADS2. Akibatnya, persentase *user connected* pada CADS3 lebih tinggi dari CADS2, sehingga distribusi *throughput* pengguna pada CADS3 yang lebih baik dari CADS2. Oleh karena itu dengan menerapkan CADS3 dari CADS2, jaringan *LTE-Advanced* dapat dioptimalkan.

Kata Kunci : *co-located, inter-band carrier aggregation, deployment scenario, LTE-Advanced*

Abstract— Operators practically have problems in deploying an optimal *LTE-Advanced* networks cause of spectrum are allocated in different frequency band. By using *Inter-band carrier aggregation* feature, it's possible for operators to deploy *LTE-Advanced* using optimal *bandwidth* despite the *bandwidth* is allocated on different frequency band. However, it needed to choose the right *Carrier Aggregation Deployment Scenarios* (CADSs) to get the best performance result. In this paper, *LTE-Advanced* radio network planning with *carrier aggregation* feature are calculated. Then, the planning result is simulated by applying CADS3 and CADS2. According to the result of performance testing on simulation, the CADS3 CINR distribution for user as pedestrian are better compared to CADS2. As a result, percentage of connected user in CADS3 higher than CADS2, that's so distribution of user application *throughput* in CADS3 are better than CADS2. Therefore by applying CADS3 than CADS2, *LTE-Advanced* Network would be optimized.

Keywords- *co-located, inter-band carrier aggregation, deployment scenario, LTE-Advanced*

I. PENDAHULUAN

Pada *release 10*, untuk mencapai target *peak data rate* dalam persyaratan teknologi seluler generasi keempat yaitu 4G, *bandwidth* transmisi yang digunakan *LTE* dapat diperlebar dengan fitur *Carrier Aggregation* (CA).

Carrier Aggregation adalah fitur yang memungkinkan banyak *component carriers* (CCs) dapat digunakan bersamaan dalam transmisi dari atau ke sebuah *mobile terminal*. [1] Pada praktiknya, spektrum yang dialokasikan untuk sebuah operator tersebar pada *band* yang berbeda dengan terhalang *bandwidth* beberapa operator lain yang sangat lebar. Maka dari itu spektrum skenario *inter-band carrier aggregation* merupakan solusi untuk permasalahan tersebut.

Ada lima jenis *carrier aggregation deployment scenarios* (CADSs) berbeda yang diajukan oleh 3GPP [2]. Namun studi yang fokus pada evaluasi performansi berbagai CADSs untuk penerapan pada *LTE-Advanced* masih sedikit. Oleh karena itu efek dari CADSs pada *reference signal received power* (RSRP), *carrier to interference noise ratio* (CINR) dengan mobilitas, dan persentase *user connected* perlu dianalisa.

Dalam makalah ini diterapkan *co-located inter-band* CADS dengan dua buah CCs yang beroperasi pada *band* yang berbeda. Jenis CADS yang dianalisa berdasarkan pada CADS2 dan CADS3 dimana CC1 dan CC2 berada pada frekuensi *band* yang berbeda sehingga memiliki luas cakupan yang berbeda juga namun saling *co-located* yaitu berada pada satu *site* yang sama. Pada CADS2 tiap CC memiliki arah antenna yang sama sehingga semua CC saling *overlaid*. Pada CADS3 tiap CC memiliki arah antenna yang berbeda sehingga tiap CC tidak saling *overlaid* namun hanya berpotongan di tepi sel saja.

Pertama-tama dilakukan perencanaan jaringan *LTE-Advanced* dengan menggunakan *bandwidth* 5 MHz pada spektrum 900 MHz sebagai CC1 dan *bandwidth* 5 MHz pada spektrum 1800 MHz sebagai CC2. Hasil perancangan lalu disimulasikan dengan menerapkan CADS2 dan CADS3 untuk menganalisa performa optimasi CADS3 terhadap CADS2.

II. PERENCANAAN JARINGAN

Inti dari perencanaan jaringan radio adalah untuk memenuhi kebutuhan baik secara kapasitas maupun secara cakupan. Perencanaan berdasarkan kapasitas dilakukan dengan mempertimbangkan trafik pengguna. Lalu juga dilakukan perencanaan berdasarkan cakupan dengan mempertimbangkan luas wilayah perencanaan.

A. Perencanaan berdasarkan kapasitas

Tujuan dari perencanaan kapasitas adalah menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk memenuhi *throughput* jaringan dari trafik pengguna. Kapasitas sel ditentukan

oleh alokasi *bandwidth* dan rata-rata *signal to interference noise ratio* (SINR). Dan *throughput* jaringan ditentukan oleh model trafik yang digunakan pelanggan pada wilayah tinjauan.

Jaringan harus dipethitungkan secara matang untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan masa yang akan datang dengan mempertimbangkan pertumbuhan jumlah pengguna [3]. Dalam memperkirakan jumlah pengguna dalam beberapa tahun ke depan dapat menggunakan persamaan (2.1) [4].

$$P_n = P_o(1 + GF)^n \tag{2.1}$$

P_n adalah populasi pengguna dalam n tahun ke depan, GF adalah faktor pertumbuhan penduduk, dan P_o adalah populasi pengguna saat ini. Dan untuk memperkirakan jumlah pengguna LTE-Advanced pada operator tinjauan dapat menggunakan formula (2.2) [4]:

$$Total\ User = P_n \times A \times B \times C \tag{2.2}$$

A merupakan persentase penduduk usia produktif; B merupakan persentase market share operator tinjauan; C merupakan persentase populaasi dengan perangkat LTE-Advanced.

LTE menawarkan banyak jenis layanan seperti VoIP, *video conference*, *media streaming*, dan lainnya. Setiap layanan tersebut memiliki kebutuhan *throughput* yang berbeda. Kebutuhan *throughput* tiap layanan dapat diestimasi menggunakan persamaan (2.3) [5]:

$$Throughput = ST \times SDR \times Bearer\ Rate \times \left[\frac{1}{(1 - BLER)} \right] \tag{2.3}$$

Dimana, ST (session time) merupakan rata-rata lama waktu layanan (s); SDR (session duty ratio) merupakan rasio data yang ditransmisikan setiap sesi; $BLER$ merupakan maksimum rasio jumlah blok eror dalam satu sesi yang diperbolehkan.

Single user throughput merupakan total *throughput* untuk satu pengguna yang menggunakan semua jenis layanan yang dapat diestimasi dengan persamaan (2.4) [2].

$$SUT = \frac{\sum (Throughput \times BHSA \times PR) \times (1 + PAR)}{3600} \tag{2.4}$$

Dimana : SUT adalah *single user throughput* (kbps), $BHSA$ adalah *busy hour service attempt* atau insiasi penggunaan layanan selama jam sibuk; PR adalah *penetration ratio* penggunaan layanan di suatu wilayah, PAR adalah *peak to average ratio* atau persentase rata-rata layanan pada suatu wilayah. *Single user throughput* adalah *throughput* yang berasal hanya dari satu pengguna. Maka *throughput* total jaringan adalah total *throughput* sejumlah pengguna pada wilayah tinjauan dapat diestimasi dengan persamaan (2.5) [5].

$$Network\ Throughput = Total\ User \times SUT \tag{2.5}$$

The theoretical capacity of a cell can be approximated by using (2.6) and (2.7) [5].

$$DL.cap + CRC = (168 - 36 - 12) \times (C_b) \times (C_r) \times N_{rb} \times C \times 1000 \tag{2.6}$$

$$UL.cap + CRC = (168 - 24 - 12) \times (C_b) \times (C_r) \times N_{rb} \times C \times 1000 \tag{2.7}$$

Dimana; CRC (*Cyclic redundancy check*) = 24 bit, C_b (*Code bits*) adalah jumlah bit yang dimodulasikan, C_d (*Code rate*) adalah *channel coding rate*, N_{rb} adalah jumlah resource block tergantung pada *bandwidth* alokasi, dan C adalah faktor penggunaan mode MIMO . Pada penelitian ini *bandwidth* yang digunakan berada pada band berbeda karena menerapkan fitur *inter-band carrier aggregation*. Secara spesifik frekuensi dan *bandwidth* yang dialokasikan pada perencanaan berada pada tabel 1.

TABEL I. ALOKASI FREKUENSI DAN BANDWIDTH

	CC 1	CC 2
Downlink Frequency (MHz)	945 – 950	1860 – 1865
Uplink Frequency (MHz)	900 – 905	1765 – 1770
BW Downlink (MHz)	5	5
BW Uplink (MHz)	5	5

Jumlah *code bits* dan *code rate* bergantung pada faktor SINR. Maka dengan mempertimbangkan probabilitas nilai SINR yang berbeda, *average cell throughput* dapat diperkirakan menggunakan persamaan (2.8) [6].

$$Cell\ Average\ Throughput = \sum P_n \times R_n \tag{2.8}$$

Jumlah sel yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan trafik berdasarkan perencanaan kapasitas dapat dihitung menggunakan persamaan (2.8) [2]:

$$Number\ of\ Cell = \frac{Network\ Throughput}{Cell\ Capacity} \tag{2.9}$$

B. Perencanaan berdasarkan luas cakupan

Tujuan dari perencanaan adalah mengetahui jumlah *site* yang dibutuhkan untuk mencakup seluruh wilayah tinjauan. Dua buah faktor yang mempengaruhi jumlah *site* tersebut adalah perhitungan *link budget* dan model propagasi. Dengan melakukan perhitungan *link budget*, maka nilai *maximum allowable pathloss* (MAPL) antara *transmitter* dan *receiver* dapat ditentukan baik dalam arah *uplink* (UL) maupun *downlink* (DL).[3] Kemudian radius sel dapat diperkirakan dengan menggunakan model propagasi. Nilai MAPL bergantung pada spesifikasi *transmitter* dan *receiver*. Spesifikasi *transmitter* dan *receiver* yang digunakan dalam makalah ini terdapat pada tabel 1.

TABEL II. PARAMETER ASUMSI LINK BUDGET

Uplink		Downlink	
Parameter Transmitter (UE)		Parameter Transmitter (eNodeB)	
Daya maksimal	23 dBm	Daya maksimal	46 dBm
Tinggi antena	1.5 m	Penguatan	17 dBi
Penguatan	0 dBi	Tinggi antena	25 m
Parameter Receiver (eNodeB)		Parameter Receiver (UE)	
Penguatan	17 dBi	Cable Loss	0.5 dB
Noise Figure	2.3 dB	Thermal Noise	-174 dB
Thermal Noise	-174 dB	Noise Figure	7 dB
Cable Loss	0.5 dB	Tinggi antena	1.5 m
Tinggi antena	30 m	Body loss	1 dB

Dengan menggunakan nilai parameter asumsi pada tabel 1, MAPL dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.10 hingga persamaan 2.16.

$$EIRP_{UL} = P_{eNodeB} - G_{ue} - L_c \tag{2.10}$$

$$R_{X_{Sen}} = SINR + R_{X_{NF}} - N_{TH} + 10 \log(15000) \tag{2.11}$$

$$SR_{MINUL} = R_{X_{Sen}} - G_{eNodeB} - L_b + IM \tag{2.12}$$

$$MAPL_{UL} = EIRP_{UL} - SR_{MINUL} - L_{indoor} - SF \tag{2.13}$$

$$EIRP_{DL} = P_{UE} - G_{eNodeB} - L_b \tag{2.14}$$

$$SR_{MINDL} = R_{X_{Sen}} - G_{ue} - L_c + IM \tag{2.15}$$

$$MAPL_{DL} = EIRP_{DL} - SR_{MINDL} - L_{indoor} - SF \tag{2.16}$$

Dimana, P_{eNodeB} merepresentasikan daya transmitter dari eNodeB per resource block (dBm), P_{UE} merepresentasikan daya transmitter dari user equipment (UE) per resource block (dBm), G_{ue} adalah penguatan antena UE (dBi), G_{eNodeB} adalah penguatan antena eNodeB(dBi), L_c merupakan cable loss (dB), L_b merupakan body loss (dB), $EIRP_{UL}$ merupakan effective isorated radiated power uplink (dB), $EIRP_{DL}$ merupakan effective isorated radiated power downlink (dB), $SINR$ merupakan signal to interference ratio disyaratkan (dB), $R_{X_{NF}}$ merupakan noise figure pada receiver(dB), N_{TH} merupakan thermal noise dengan asumsi nilai -174 dB, $R_{X_{Sen}}$ merupakan sensitivitas receiver (dBm), SR_{MINUL} is adalah minimum signal reception uplink (dBm), SR_{MINDL} adalah minimum signal reception downlink (dBm), IM merupakan interference margin (dB), L_{indoor} is merupakan indoor penetration loss (dB), SF merupakan shadow fading margin (dB), $MAPL_{UL}$ adalah maximum allowable pathloss uplink (dBm), dan $MAPL_{DL}$ adalah maximum allowable pathloss downlink (dBm).

Model Okumura-Hatta umum digunakan untuk memprediksi kanal propagasi pada teknologi komunikasi bergerak dengan rentan frekuensi 150 MHz hingga 1500 MHz untuk mencakup daerah dengan radius 1 hingga 20 km. [7] Model tersebut mempunyai beberapa persamaan matematika untuk masing-masing jenis daerah berbeda.

$$PL = A + B \log(d) + C \tag{2.17}$$

Dimana PL merupakan nilai free pathloss yang ditentukan dari nilai MAPL, d merupakan radius sel (km). Kemudian A, B, dan C merupakan nilai yang dipengaruhi frekuensi, tinggi antena dan jenis morfologi wilayah tinjauan.

$$A = 69.55 + 26.16 \log(f_c) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) \tag{2.18}$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log(h_b) \tag{2.19}$$

Dengan f_c adalah frekuensi carrier (MHz), h_b adalah tinggi antena eNodeB (m), h_m adalah tinggi antena UE (m). Nilai parameter $a(h_m)$ dan C berbeda berdasarkan jenis morfologi area.

Metropolitan area (dense urban) :

$$a(h_m) = 3.2(\log(11.75h_m))^2 - 4.97 \text{ for } f \geq 400 \text{ MHz} \tag{2.20}$$

$$C = 0 \tag{2.21}$$

Daerah perkotaan kecil hingga menengah (urban):

$$a(h_m) = [1.1 \log(f_c) - 0.7](h_m) - [1.56 \log(f_c) - 0.8] \tag{2.22}$$

$$C = 0 \tag{2.23}$$

Untuk area dengan lingkungan suburban :

$$PL = Lu + C \tag{2.24}$$

Dimana Lu is Pathloss pada area urban.

$$C = -2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4 \tag{2.25}$$

III. HASIL PERENCANAAN DAN SIMULASI

Pada bagian ini dideskripsikan simulasi CADS2 dan CADS3 dengan jumlah site yang berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dari bagian sebelumnya. Area yang digunakan dalam perencanaan dan simulasi dalam penelitian ini adalah area Jakarta yang memiliki tiga jenis morfologi berbeda yaitu suburban (SU), urban (U), dan dense urban (DU).

A. Hasil perencanaan

Pada perencanaan berdasarkan luas cakupan nilai perhitungan link budget berdasar pada parameter asumsi pada tabel 1. Hasil dai perhitungan link budget berupa nilai MAPL untuk arah uplink dan downlink. Lalu radius sel dapat diperkirakan melalui persamaan model propagasi berdasarkan nilai MAPL. Jumlah site yang dibutuhkan didapat dengan membagi luas wilayah tinjauan dengan luas sel berdasarkan radius sel menurut perhitungan perencanaan,

TABEL III. HASIL PERENCANAAN BERDASARKAN CAKUPAN

	MAPL _{UL} (dB)	MAPL _{DL} (dB)	Radius Sel (km)	Jumlah Site
DU	140.31	157.96	0.475	46
U	145.7	163.35	0.757	159
SU	149.32	168.56	1.1655	28

Pada perencanaan berdasarkan kapasitas, besarnya throughput jaringan ditentukan oleh model trafik pelanggan dan banyaknya jumlah pelanggan pada area tersebut. Lalu jumlah site yang dibutuh untuk memenuhi kebutuhan kapasitas didapat dengan membagi throughput jaringan dan kapasitas sel.

TABEL IV. HASIL PERENCANAAN BERDASARKAN KAPASITAS

	Network Throughput DL (Mbps)	Network Throughput UL (Mbps)	Kapasita sel (Mbps)	Jumlah Site
DU	255.5	1059.4	37.6	30
U	371.3	6180		174
SU	769	941		22

Agar hasil perencanaan dapat memenuhi kebutuhan kapasitas dan luas seluruh area cakupan, jumlah site terbanyak dipilih. Maka seluruh jumlah site yang dibutuhkan adalah 260.

B. Deskripsi simulasi

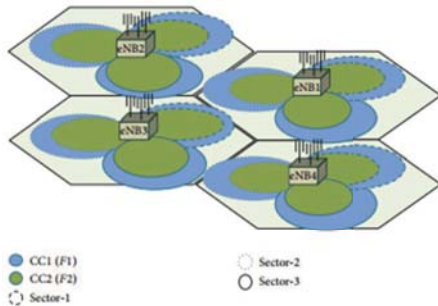
Untuk simulasi semua sel baik *primary cell* (Pcell) maupun *secondary cell* (Scell) disektor sebesar 120°. Frekuensi yang digunakan untuk Pcell adalah CC1 yang berada pada *band* yang lebih rendah. Kemudian *band* yang lebih tinggi digunakan untuk CC2 pada Scell. Optimasi dilakukan dengan menerapkan CADS3 untuk meningkatkan performansi CADS2. Arah Scell pada CADS3 diterapkan dengan cara menggeser antena *transceiver* untuk mencakup tepi sel pada Pcell. Konfigurasi sel dari CADS2 dan CADS3 terdapat pada tabel 5 dan diilustrasikan pada gambar 1 dan gambar 2. CADS2 and CADS3 configuration

TABEL V. KONFIGURASI SEL PADA SIMULASI

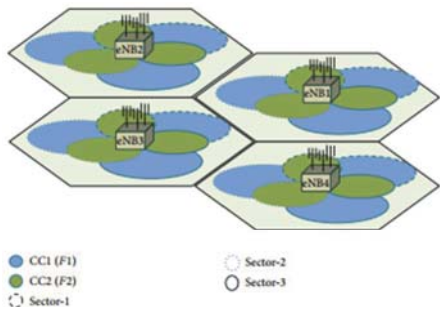
Arah Sektor-	CADS2		CADS3	
	CC1 900MHz	CC2 1800MHz	CC1 900MHz	CC2 1800MHz
1	0°	0°	0°	60°
2	120°	120°	120°	180°
3	240°	240°	240°	300°

Uji performansi pada penelitian ini meliputi distribusi parameter RSRP, CINR dan persentase *connected user*. Pada distribusi persentase RSRP dan CINR didapat melalui persentase luas daerah yang dicakup dengan level tertentu terhadap luas keseluruhan wilayah. Persentase *connected user* didapat dari persentase sejumlah pelanggan yang berhasil terhubung terhadap seluruh pelanggan.

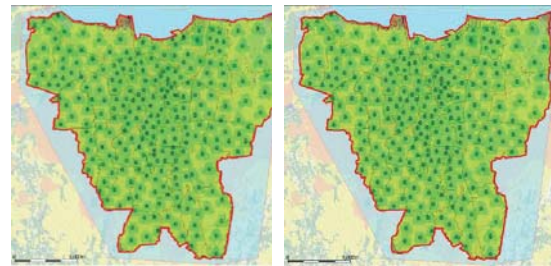
Saat dilakukan uji performansi CINR, mobilitas dari pengguna diubah dalam dua skenario. Skenario pertama pengguna bergerak dengan kecepatan 50 km/jam. Pada skenario kedua pengguna dianggap sebagai pejalan kaki dengan asumsi kecepatan 3 km/jam.



Gambar 1. CADS2 dengan arah CC yang sama [8]



Gambar 2. CADS3 dengan arah CC yang berbeda [8]



Gambar 3. (a) Hasil simulasi CADS2 (b) Hasil simulasi CADS3 pada area perencanaan (Jakarta)

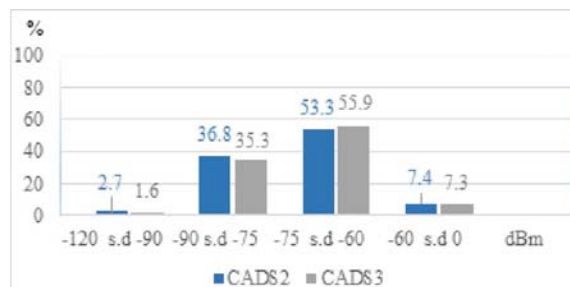
Untuk menguji ketahanan performansi jaringan dalam memberikan layanan trafik, dilakukan dengan menguji sejumlah pengguna berdasarkan algoritma monte carlo. Simulasi trafik mempertimbangkan dua buah parameter yaitu kategori UE dan jenis mobilitas pengguna. Diasumsikan seluruh pengguna menggunakan UE kategori 6. Lalu untuk mobilitas pengguna dianggap 50% berkecepatan 50 km/jam dan 50% sisanya sebagai pejalan kaki dengan kecepatan 3 km/jam. yang digunakan pengguna diasumsikan It is considered that 100% user using UE category 6. Simulasi diinisiasi sebanyak sepuluh kali. Hasil keluaran dari simulasi ini berupa persentase *user connected* baik secara keseluruhan sel yang digunakan maupun secara terpisah yaitu Pcell dan Scell.

IV. EVALUASI PERFORMANSI

Tujuan dari evaluasi performansi adalah untuk melihat optimasi pada CADS3 terhadap CADS2 pada hasil perencanaan jaringan LTE-Advanced. Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya evaluasi performansi meliputi RSRP, CINR dan persentase *connected user*.

A. Distribusi RSRP

Pada teknologi LTE daya sinyal terima disebut dengan RSRP yang didefinisikan sebagai rata-rata daya linier pada *resource element* rata-rata linier daya pada *resource elements* yang membawa informasi *reference signal* pada sel tertentu yang digunakan sebagai pertimbangan dalam pengukuran *bandwidth* frekuensi [3]. *Reference signal* dibawa oleh satu simbol pada satu



Gambar 4. Distribusi persentase RSRP CADS2 dan CADS3

subcarrier dalam resource block, maka pengukuran hanya dilakukan pada beberapa resource element yang membawa cell-specific reference signal. Maka dari itu setiap UE tidak mengukur setiap reference signal pada semua sub-carriers.

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa CADS2 dan CADS3 memiliki rata-rata RSRP yang bernilai sama. Walaupun rata-ratanya bernilai sama, namun distribusi RSRP pada setiap level berbeda. Pada penerapan CADS3, distribusi lebih baik karena pada level -75 hingga -60 dBm terdapat peningkatan sebesar 2,6% dibandingkan skenario CADS2. Pada level sinyal terendah, dengan penerapan CADS3 terdapat penurunan sebesar 1,1%.

TABEL VI. CADS2 DAN CADS3 TARGET KPI RSRP [9]

	Target	CADS2	CADS3
RSRP ≥ -98 dBm	95 %	97.5 %	98.5 %

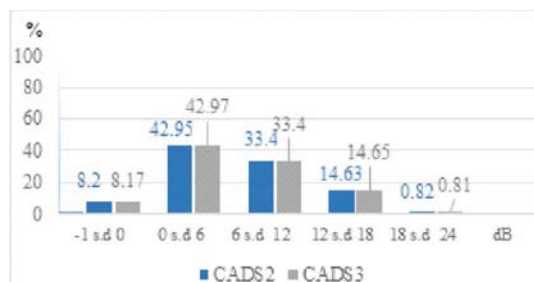
Hasil distribusi RSRP dalam simulasi tugas akhir ini menunjukkan bahwa ketiga skenario dalam keadaan baik. Hal ini ditunjukkan melalui pemenuhan target Key Performance Indicator (KPI) yaitu 95% daerah terdakup RSRP ≥ -98 dBm [9].

B. Distribusi CINR

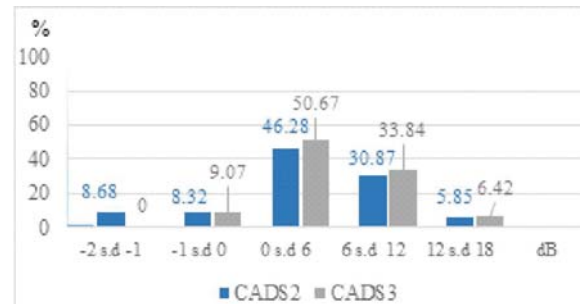
Carrier to Interference Noise Ratio (CINR) merupakan perbandingan antara daya sinyal carrier terhadap penginterferensi dan noise. Namun, karena noise tidak berpengaruh banyak dibandingkan interferensi maka nilai noise dapat diabaikan. Interferensi yang berpengaruh pada simulasi tugas akhir ini adalah interferensi co-channel yang disebabkan oleh sel lain yang memiliki physical cell identity (PCI) sama. Buruknya nilai CINR akan memengaruhi kualitas layanan yang diberikan, bahkan buruknya nilai CINR akan menyebabkan pengguna tidak mendapatkan layanan yang diinginkan [10].

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa saat mobilitas pengguna 50 km/jam distribusi pada CADS2 dan CADS3 hampir menyerupai sama dan hanya terdapat sangat sedikit perbedaan. Rata-rata pada kedua skenario pun sama yaitu sebesar 6.37 dB.

Pada saat mobilitas user sebagai pedestrian yaitu dengan kecepatan 3 km/jam terdapat penurunan CINR pada kedua skenario. Rata-rata CINR pada skenario CADS2 menjadi 4.66 dB dan CINR pada CADS3 menjadi 5.24 dB. Penurunan ini disebabkan perpindahan user



Gambar 5. Distribusi persentase CINR CADS2 dan CADS3 dengan mobilitas pengguna 50 km/jam



Gambar 6. Distribusi persentase CINR CADS2 dan CADS3 dengan mobilitas pengguna 3 km/jam

dengan kecepatan sangat rendah sebagai pedestrian dapat menyebabkan cell dragging.[7] Grafik menunjukkan bahwa CINR dengan CADS3 memiliki nilai paling baik dibandingkan CADS2.

TABEL VII. CADS2 DAN CADS3 TARGET KPI CINR [11]

User Mobility 50 km/h		
	CADS2	CADS3
CINR ≥ 1 dB	83.95 %	83.96 %
CINR ≥ 6 dB	48.85 %	48.86 %
User Mobility as Pedestrian		
	CADS2	CADS3
CINR ≥ 1 dB	74.84 %	82.03 %
CINR ≥ 6 dB	36.72 %	40.26 %

Nilai CINR ≥ 1 dB adalah batas nilai CINR pada suatu jaringan dapat dikatakan baik karena jika nilai CINR kurang dari nilai tersebut kualitas sinyal tidak baik sehingga throughput tidak maksimal. [9]. Nilai parameter CINR merupakan parameter threshold yang menentukan modulasi yang digunakan UE. Selain menentukan modulasi, CINR juga menjadi threshold untuk bearer yang menjadi syarat layanan untuk UE. Namun, beberapa vendor seperti ericsson juga menetapkan bahwa threshold CINR yang baik adalah CINR ≥ 6 dB. [11]

C. Persentase Connected User

Untuk memastikan bahwa kapasitas jaringan yang dirancang sesuai dengan kebutuhan, maka perlu dilakukan simulasi trafik. Simulasi trafik dilakukan dengan menyebar sejumlah pengguna sesuai spesifikasi simulasi trafik yang telah direncanakan. Hasil dari simulasi ini berupa persentase user connected yaitu persentase antara pengguna yang mendapatkan layanan yang diinginkannya dari seluruh pengguna yang ada pada daerah tinjauan. Penyebaran dan perhitungan user dilakukan dengan menggunakan metode Monte Carlo.

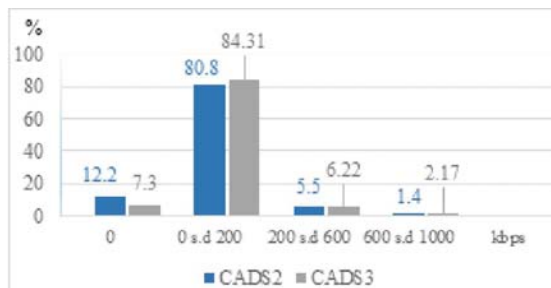
Persentase user connected tertinggi ada pada skenario dengan CADS3. Peningkatan rata-rata persentase user connected sebesar 5.18% dibandingkan CADS2. Dengan kondisi posisi tepi sel primary cell berada pada pusat secondary cell memungkinkan buruknya kondisi tepi sel dibantu oleh secondary cell. Hal ini terbukti dengan adanya peningkatan pada persentase jumlah pengguna yang menggunakan primary dan secondary cell

bersamaan. Peningkatan penggunaan *secondary cell* pada CADS3 sebesar 3.14% jika dibandingkan pada CADS2.

TABEL VIII. PERSENTASE *CONNECTED USER*

Iterasi	CADS2 (%)	CADS3 (%)
1	87.3	92.2
2	87.1	92.6
3	87.2	92.5
4	87.7	92.6
5	87.5	92.6
6	87.8	92.7
7	87.6	92.7
8	87.8	92.3
9	86.8	92.6
10	86.8	92.6
Rata-rata	87.36	92.54

Dengan adanya peningkatan persentase penggunaan *secondary cell* maka berpengaruh pada throughput yang didapatkan oleh user. Terlihat pada gambar 6 grafik menunjukkan adanya peningkatan user throughput pada CADS3. Rata-rata *user application throughput downlink* CADS3 yaitu 119.86 kbps sedangkan CADS2 hanya 105.48 kbps. *User application throughput* merupakan throughput murni tanpa menghiraukan *coding* (redundansi, overhead, *addressing* dll). Nilai ini dihitung dari throughput *Radio Link Connection* (RLC) efektif, throughput skala faktor layanan dan throughput offset



Gambar 7. Distribusi persentase *user application throughput* CADS2 dan CADS3

V. KESIMPULAN

Pengujian performansi dengan simulasi, menunjukkan bahwa CADS3 lebih baik dari CADS2. Distribusi CINR dengan mobilitas pengguna sebagai pejalan kaki pada CADS3 lebih baik dibandingkan CADS2. Dan hasil persentase *connected user* dalam CADS3 lebih tinggi dari CADS2. Hal tersebut mengakibatkan hasil distribusi rata-rata *throughput* pengguna aplikasi di CADS3 lebih baik daripada CADS2. Oleh karena itu penggunaan CADS3 dapat mengoptimalkan penggelaran LTE-Advanced dibandingkan CADS2.

REFERENSI

- [1] S. Parkvall, A. Furuskar and E. Dahlman, Evolution of LTE towards IMT-Advanced, Stockholm: Ericsson, 2011.
- [2] 3GPP Team, "Carrier Aggregation Deployment Scenarios," 3GPP, Beijing, 2010.
- [3] A. Elnashar, M. A. El-saidny and M. R. Sherif, Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Networks, Chichester: John Wiley & Sons, 2014.
- [4] Ericsson, "Coverage and Capacity Dimensioning," Ericsson, Stockholm, 2013.
- [5] Huawei, "LTE Radio Network Planning Capacity Dimensioning," Huawei, Shenzhen, 2010.
- [6] RAYmaps, "Average Cell Throughput Calculations for LTE," 31 Juli 2011. [Online]. Available: <http://raymaps.com>.
- [7] T. S. Rappaport, "Wireless Communication Principle and Practice," John Wiley & Sons, Chichester, 2001.
- [8] I. Shayea, M. Ismail, R. Nordin and H. Mohamad, "Handover Performance over a Coordinated Contiguous Carrier Aggregation Deployment Scenario in LTE-Advanced System," *Handawi*, no. International Journal of Vehicular Technology, pp. 1-15, 2014.
- [9] J. Vodje, LTE RF Network Design Guidelines, Toronto: AT&T, 2010.
- [10] S. Sesia, I. Toufik and M. Barker, UMTS Long Term Evolution Second Edition From Theory to Practice, Chichester: John Wiley & Sons, 2011.
- [11] A. E., LTE KPIS and Acceptance, Stockholm: Ericsson, 2012.