

ANALISIS PERFORMANSI PENERAPAN CARRIER AGGREGATION DENGAN PERBANDINGAN SKENARIO SECONDARY CELL PADA PERANCANGAN JARINGAN LTE-ADVANCED DI DKI JAKARTA

PERFORMANCE ANALYSIS OF CARRIER AGGREGATION APPLICATION WITH SECONDARY CELL SCENARIO COMPARISON FOR LTE-ADVANCED DEPLOYMENT IN DKI JAKARTA

Radiah Hamdah¹, Hafidudin, AMd.,S.T., M.T.², Linda Meylani, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

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

Abstrak

Pembangunan LTE di Indonesia tidak optimal karena dibangun menggunakan band 900 dimana operator hanya mendapat alokasi rentang frekuensi yang sempit.[10] Dengan memanfaatkan Carrier Aggregation (CA) pada LTE-Advanced diharapkan pengalokasian band 1800 dapat mengoptimalkan pembangunan jaringan LTE pada band 900. Untuk mendapatkan hasil penggelaran yang optimal tersebut, dibutuhkan pemilihan skenario penggelaran CA yang tepat.

Pada jurnal ini, dibahas tentang perancangan jaringan LTE dengan menggunakan bandwidth 5 MHz pada band 900 dan jaringan LTE-Advanced dengan melakukan penambahan bandwidth 5 MHz pada band 1800 melalui fitur inter-band carrier aggregation. Perancangan yang dilakukan dengan dua pendekatan yaitu planning by coverage dan planning by capacity. Untuk mendapatkan skenario optimal dalam menerapkan carrier aggregation maka dilakukan perbandingan skenario secondary cell. Perbandingan tersebut didasarkan pada perbandingan antara Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 (CADS2) dan Carrier Aggregation Deployment Scenario 3 (CADS3).

Parameter yang dianalisis dalam jurnal ini adalah jumlah site, Reference Signal Receive Power (RSRP), Carrier to Interference Noise Ratio (CINR), dan persentase user connected berdasarkan simulasi Monte Carlo. Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi, didapatkan hasil performansi CADS3 lebih baik dari tanpa CA dan CADS2.

Kata kunci : carrier aggregation, LTE-Advanced Jakarta, deployment scenario

Abstract

LTE development in Indonesia is not optimal because it was built using the band 900 in which the operator is only allocated a narrow frequency range.[10] By utilizing Carrier Aggregation (CA) on LTE-Advanced is expected to optimize the allocation of the band 1800 the deployment of LTE networks in the band 900. To obtain optimal results deploying the necessary election CA proper deployment scenarios.

In this journal, discussed about the design of the LTE network by using the bandwidth of 5 MHz in the 900 band and LTE-Advanced network by providing additional bandwidth of 5 MHz in the band in 1800 through the features of inter-band carrier aggregation. Planning is done by two approaches, planning by coverage and planning by capacity. To get the optimal scenario to implement carrier aggregation scenarios comparison is carried out by changing the antenna direction of secondary cell. The comparison is based on a comparison between the Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 (CADS2) and Carrier Aggregation Deployment Scenario 3 (CADS3).

The parameters analyzed in this paper is the number of sites, Reference Signal Received Power (RSRP), Carrier to Interference Noise Ratio (CINR), and the percentage of users connected by Monte Carlo simulations. Based on the design and simulation results, the results obtained CADS3 better performance than without CA and CADS2.

Keywords: carrier aggregation, LTE-Advanced Jakarta, deployment scenario

1 Pendahuluan

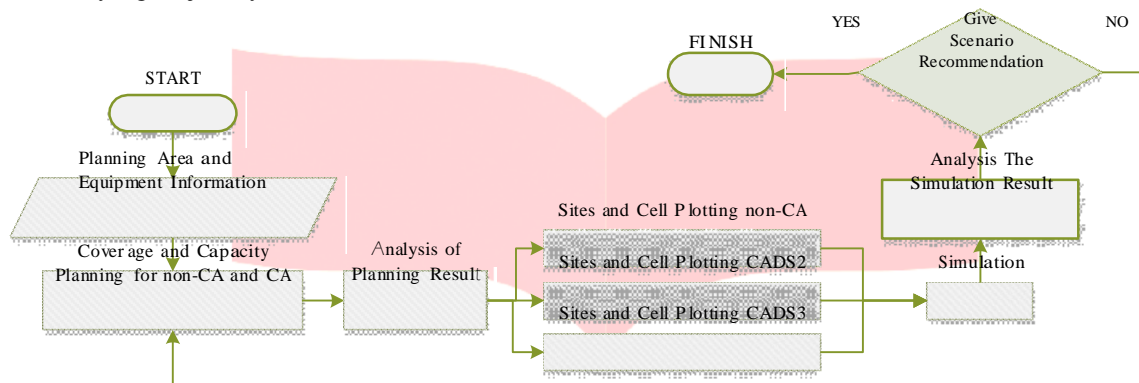
Seperti yang diketahui bahwa saat ini di Indonesia teknologi LTE telah mendapat izin untuk dikomersialkan pada spektrum 900 MHz. yang tidak optimal. Oleh karena itu, fitur Carrier Aggregation (CA) diharapkan dapat mengoptimalkan performa jaringan LTE-Advanced di Indonesia dengan menggunakan frekuensi 1800 MHz dan 900 MHz.

Pada jurnal ini dibahas mengenai perancangan jaringan LTE-Advanced tanpa carrier aggregation dan dengan carrier aggregation. Perancangan dilakukan untuk jaringan yang menggunakan bandwidth 5 MHz pada

spektrum 900 saja dan jaringan yang menggunakan fitur CA ditambahkan bandwidth 5 MHz pada spektrum 1800. Selain itu untuk didapatkan skenario yang optimal dalam penerapan CA dilakukan uji kelayakan skenario penerapan secondary cell (Scell) yang mengacu pada Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 (CADS2) dan Carrier Aggregation Deployment Scenario 3 (CADS3) [8] . Sehingga didapatkan rekomendasi kelayakan skenario penerapan CA.

2 Teori dan Tahap Perancangan

Sebelum dilakukan pengujian pada CADS dilakukan terlebih dahulu perancangan untuk jaringan LTE-Advanced tanpa CA dan dengan CA. Hal ini untuk mengetahui bahwa CA memang layak diterapkan. Setelah itu pengujian dapat dilakukan pada hasil perancangan dengan menyesuaikan hasil perancangan dengan CA sesuai skenario yang diujikan yaitu CADS2 dan CADS3.



Gambar 1. Flowchart perancangan dan pengujian carrier aggregation

2.1 Planning by Coverage [4]

Planning by Coverage merupakan suatu metode perancangan jaringan untuk mengestimasi cakupan eNodeB dengan tetap memperhatikan kualitas sinyal yang diterima hingga ke cell edge.

2.1.1 Link Budget Calculation

Dalam proses planning by coverage, proses pertama yang dilakukan adalah link budget calculation. Tujuan dari link budget calculation adalah memperkirakan nilai maximum allowed path loss (MAPL) antara transmitter and receiver untuk arah uplink dan downlink.

Tabel 1. Hasil link budget calculation

Parameter	Dense Urban		Urban		Sub-Urban		
	UL	DL	UL	DL	UL	DL	
Transmitter	UE	eNodeB	UE	eNodeB	UE	eNodeB	
Power (dBm)	23	46	23	46	23	46	a
antenna gain (dBi)	0	17	0	17	0	17	b
Cable/Body Loss (dB)	1	0.5	1	0.5	1	0.5	c
EIRP (dBm)	22	62.5	22	62.5	22	62.5	d = a + b - c
Receiver	eNodeB	UE	eNodeB	UE	eNodeB	UE	
SINR (dB)	-4.19	-5.37	-4.19	-5.37	-2.33	-4.94	e
noise figure (dB)	2.3	7	2.3	7	2.3	7	f
Thermal Noise (dB)	-174	-174	-174	-174	-174	-174	g
Sensitivity (dBm)	-134.13	-130.61	-134.13	-130.6	-132.27	-130.18	h = e+f-g+ 10log (15000)
antenna gain (dBi)	17	0	17	0	17	0	i
Cable/Body Loss (dB)	0.5	1	0.5	1	0.5	1	j
Interference margin (dB)	0.89	2.72	0.89	2.72	1.46	3.13	k
Min. signal reception (dBm)	-149.74	-126.89	-149.74	-126.89	-147.31	-126.5	l = h - i + j + k
Path loss							
Indoor Penetration Loss (dB)	19	19	15	15	11	11	m
Shadow fading margin (dB)	9.43	9.43	8.04	8.04	5.99	5.99	n
MAPL (dB)	140.31	157.96	145.7	163.35	149.32	168.56	o = d - l - m - n

2.1.2 Propagation Model

Radius sel dapat diketahui berdasarkan persamaan model propagasi yang digunakan. Pemilihan penggunaan model propagasi disesuaikan pada frekuensi kerja yang akan digunakan. Pada skenario perancangan dengan CA frekuensi kerja yang digunakan adalah frekuensi lebih rendah sebagai primary component carrier (PCC).

Tabel 2. Alokasi frekuensi untuk perancangan

	Tanpa CA	Dengan CA			
	Skenario 1	CADS2		CADS3	
		CC 1	CC 2	CC 1	CC 2
Downlink (MHz)	945 – 950	945 – 950	1860 – 1865	945 – 950	1860 – 1865
Uplink (MHz)	900 – 905	900 – 905	1765 – 1770	900 – 905	1765 – 1770
BW Downlink (MHz)	5	5	5	5	5
BW Uplink (MHz)	5	5	5	5	5

Menurut tabel 2 frekuensi kerja yang digunakan pada perancangan untuk ketiga skenario adalah 900 MHz. Sehingga dapat digunakan model propagasi Okumura-Hatta.

$$PL = A + B \log(d) + C \quad (2.1)$$

Dengan PL adalah nilai free space pathloss diganti sesuai MAPL yang didapat, d: radius sel (km). Nilai A, B, dan C tergantung pada frekuensi dan ketinggian antenna.

$$A = 69.55 + 26.16 \log(f_c) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) \quad (2.2)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log(h_b) \quad (2.3)$$

Dimana f_c : frekuensi carrier (MHz), h_b : tinggi base station (m), h_m : tinggi mobile station (m). Nilai dari fungsi $a(h_m)$ dan C tergantung pada tipe daerah:

Metropolitan area (dense urban):

$$a(h_m) = 3.2(\log(11.75h_m))^2 - 4.97 \quad \text{for } f \geq 400 \text{ MHz} \quad (2.4)$$

$$C = 0 \quad (2.5)$$

Small and medium-size cities (urban):

$$a(h_m) = [1.1 \log(f_c) - 0.7](h_m) - [1.56 \log(f_c) - 0.8] \quad (2.6)$$

$$C = 0 \quad (2.7)$$

Suburban environments

$$PL = Lu + C \quad (2.8)$$

Dengan Lu : Pathloss pada urban area,

$$C = -2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4 \quad (2.9)$$

2.2 Planning by capacity [7]

Planning by capacity merupakan metode perancangan yang mempertimbangkan kebutuhan trafik sejumlah pelanggan pada suatu daerah. Karakteris kebutuhan trafik atau traffic demand pada masing-masing daerah dense urban, urban, dan suburban berbeda-beda. Dalam menentukan jumlah sel berdasarkan capacity planning terdapat dua hal yang harus diperhatikan yaitu throughput demand dan throughput per cell.

2.2.1 Forecasting Pelanggan

Dalam mengestimasi jumlah pelanggan, perlu dilakukan forecasting untuk beberapa tahun ke depan. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa kapasitas akan mencukupi jumlah pelanggan yang tumbuh dalam beberapa tahun yang akan datang.

$$U_n = U_0 \times (1+F_p)^n \quad (2.10)$$

U_n adalah jumlah penduduk tahun ke-n, F_p faktor pertumbuhan penduduk, dan U_0 merupakan jumlah penduduk pada saat tahun perencanaan. Tidak semua penduduk menggunakan layanan LTE, untuk itu jumlah user operator X yang menggunakan layanan LTE dapat diprediksi dengan persamaan:

$$Total \ target \ user = P_n \times A \times B \times C \quad (2.11)$$

Dengan: P_n = jumlah penduduk tahun ke-n; A = persentase jumlah penduduk usia produktif; B = persentase market share operator X; C = persentase penetrasi user LTE operator X

2.2.2 Throughput Layanan

Untuk mempertahankan kualitas layanan-layanan tersebut perlu dilakukan estimasi nilai throughput yang harus disediakan oleh suatu jaringan. perhitungan throughput/session yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$\text{Throughput/Session} = \text{Bearer Rate} \times \text{PPP Session Time} \times \text{PPP Session Duty Ratio} \times [1/(1-\text{BLER})] \quad (2.12)$$

Dimana: Throughput per Session : Throughput minimal harus disediakan jaringan agar kualitas layanan terjaga (Kbit), Bearer Rate : data rate yang harus disediakan oleh service application layer (IP)(Kbps), PPP Session Rate : rata-rata durasi setiap layanan(s), PPP Session Duty Ratio: rasio data yang dikirimkan setiap sesi ST (Session Time) merupakan rata-rata durasi penggunaan layanan (s), BLER : Block error rate diizinkan per sesi.

2.2.3 Single user dan Network Throughput

Setiap user memiliki kebiasaan yang beragam dalam menggunakan layanan LTE. Throughput tiap user pada kondisi jam sibuk dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$SUT = \frac{BHSR \times PAR}{1 + \frac{BHSR \times PAR}{SUT}} \quad (2.4)$$

Dimana: SUT : Single user Throughput (kbps); BHSR : Inisiasi penggunaan layanan selama jam sibuk; Penetration rate: penetrasi penggunaan layanan di daerah yang ditinjau; PAR (Peak to Average Ratio) : Presentase lonjakan trafik sesuai tipe daerah

$$(2.5)$$

2.2.4 Kapasitas Sel

Kapasitas sel dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan berikut:

$$(2.6)$$

$$(2.7)$$

Dengan: CRC = 24, Cb (Code bits) = efisiensi modulasi, Cd (Code rate) = channel coding rate, Nrb = jumlah resource block yang digunakan, dan C = mode-antena-MIMO.

Pada jurnal ini kapasitas mempertimbangkan skenario tanpa CA dan dengan CA. Untuk skenario dengan CA, band yang digunakan berbeda sehingga terdapat SINR yang ikut mempengaruhi.

Tabel 3. Average SINR Distribution untuk 900 MHz [5]

No. (n)	MCS	Code Bits	Code Rate	SINR(min) (dB)	SINR Probability (Pn)	Throughput (Mbps) Rn
1	QPSK 1/3	2	0.67	-1.5 - 0.3	0.28	16.08
2	QPSK 1/2	2	0.5	0.3 - 2	0.25	12
3	QPSK 2/3	2	0.67	2 - 4.5	0.17	16.08
4	16QAM 1/2	4	0.5	4.5 - 6	0.13	24
5	16QAM 2/3	4	0.67	6 - 8.5	0.1	32.16
6	16QAM 4/5	4	0.8	8.5 - 10.8	0.05	38.4
7	64QAM 1/2	6	0.5	10.8 - 12.5	0.01	36
8	64QAM 2/3	6	0.67	12.5 - 13.5	0.01	48.24
Average Throughput (Mbps)						19.72

Tabel 4. Average SINR Distribution untuk 1800 MHz [5]

No. (n)	MCS	Code Bits	Code Rate	SINR(min) (dB)	SINR Probability (Pn)	Throughput (Mbps) Rn
1	QPSK 1/3	2	0.67	-1.5 - 0.3	0.3	16.08
2	QPSK 1/2	2	0.5	0.3 - 2	0.23	12
3	QPSK 2/3	2	0.67	2 - 4.5	0.2	16.08
4	16QAM 1/2	4	0.5	4.5 - 6	0.12	24
5	16QAM 2/3	4	0.67	6 - 8.5	0.07	32.16
6	16QAM 4/5	4	0.8	8.5 - 10.8	0.05	38.4
7	64QAM 1/2	6	0.5	10.8 - 12.5	0.02	36
8	64QAM 2/3	6	0.67	12.5 - 13.5	0.01	48.24
Average throughput (Mbps)						19.05

Setelah menghitung DL dan UL MAC layer throughput, langkah selanjutnya adalah menentukan cell average throughput berdasarkan average SINR distribution [9]. Sehingga dapat diperoleh cell average throughput dengan persamaan berikut:

$$\text{Cell Average Throughput} = \sum P_n \times R_n \tag{2.24}$$

Dengan n : jumlah DL Cell Throughput, P_n : SINR Probability, R_n : DL Cell Throughput

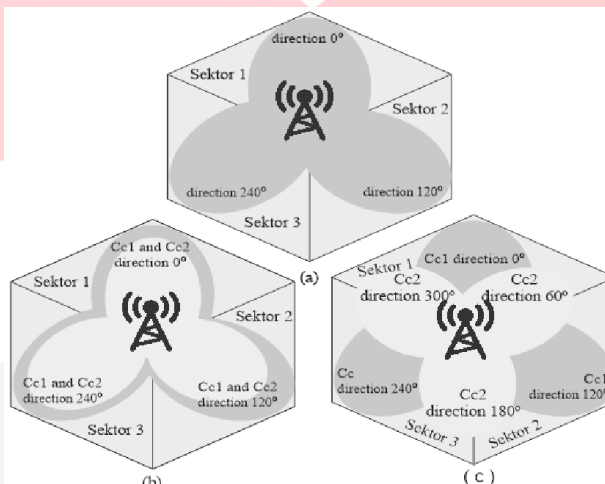
2.2.5 Cell Dimensioning

Jumlah sel yang dibutuhkan untuk mengakomodasi trafik berdasarkan perhitungan capacity planning dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{Network throughput}}{\text{Kapasitas Sel}} \tag{2.8}$$

2.3 Sites and Cells Plotting

Plotting site dilakukan per kecamatan dengan memilih sejumlah site sesuai kebutuhan dalam perhitungan. Pengaturan sel sesuai spesifikasi perancangan dan hasil perhitungan perancangan. Pada skenario tanpa CA sel pada setiap site diatur seragam yaitu sel trisektoral dengan azimuth antena sektor pertama 0°, sektor kedua 120°, dan sektor ketiga 240°.



Gambar 2. (a) Skenario tanpa CA (b) CADS2 (c) CADS3

Namun terdapat perbedaan pada pengaturan sel dengan penerapan Carrier Aggregation. Perbandingan skenario Scell mengacu pada CADS2 dan CADS3. Antena dengan frekuensi operasi 900 Mhz digunakan untuk primary cell pada skenario Scell 2 dan Scell 3 dengan azimuth sektor pertama 0°, sektor kedua 120°, dan sektor ketiga 240°. Dan antena dengan frekuensi operasi 1800 Mhz digunakan untuk secondary cell pada skenario Scell 2 dengan azimuth sektor pertama 0°, sektor kedua 120°, dan sektor ketiga 240, sedangkan untuk secondary cell pada skenario Scell 3 azimuth sektor pertama 60°, sektor kedua 180°, dan sektor ketiga 300°.

Tabel 5. Pengaturan antena pada tiap skenario

Beam Direction	Tanpa CA	CADS2		CADS3	
		PCell (900 MHz)	Scell (1800 MHz)	PCell (900 MHz)	Scell (1800 MHz)
Sektor 1	0°	0°	0°	0°	60°
Sektor 2	120°	120°	120°	120°	180°
Sektor 3	240°	240°	240°	240°	300°

3 Hasil Perancangan dan Simulasi

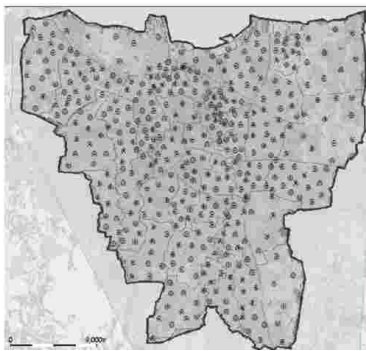
Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai parameter-parameter antara lain seperti ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 6. Hasil perhitungan perancangan jaringan LTE

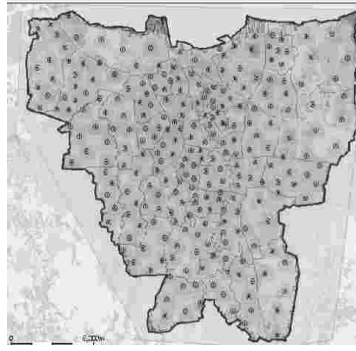
	Radius Sel (km)		Jumlah Site by Coverage		Cell Capacity		Jumlah Site by Capacity	
	Non-CA	CA	Non-CA	CA	Non-CA	CA	Non-CA	CA
DU	0.475	0.475	46	46	18.95	37.6	56	30
U	0.757	0.757	159	159			328	174
SU	1.1655	1.1655	28	28			41	22

3.1 Hasil Simulasi coverage by signal level

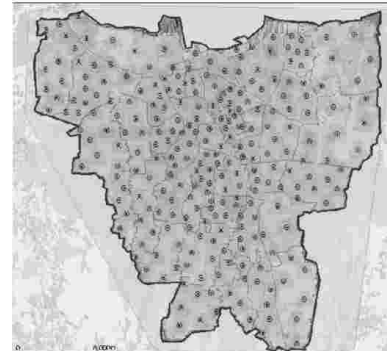
Gambar di bawah ini menunjukkan hasil simulasi coverage by signal level yang menunjukkan distribusi Reference Signal Received Power (RSRP) pada perancangan LTE-Advanced masing-masing skenario berbeda.



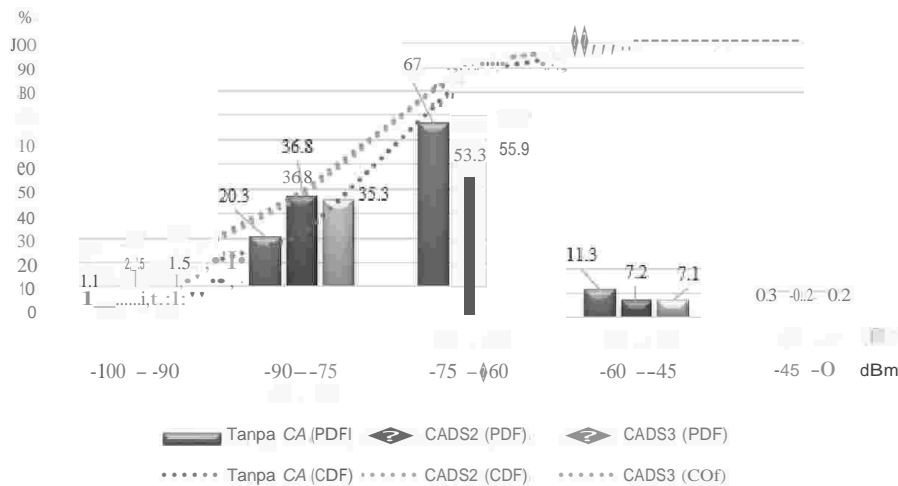
Gambar 4. Hasil simulasi coverage by signal level skenario tanpa CA



Gambar 5. Hasil simulasi coverage by signal level CADS2



Gambar 6. Hasil simulasi coverage by signal level CADS3



Gambar 7. Distribusi RSRP berdasarkan luas area tercapuk

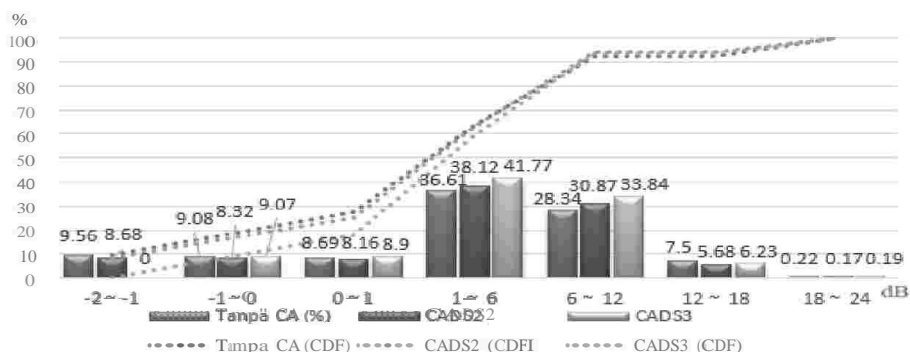
Hasil distribusi RSRP dalam simulasi tugas akhir ini menunjukkan bahwa ketiga skenario dalam keadaan baik. Hal ini ditunjukkan melalui pemenuhan target Key Performance Indicator (KPI) yaitu 95% daerah tercapuk RSRP ≥ -98 dBm [4]. Selain itu distribusi RSRP pada setiap skenario melebihi receiver sensitivity dari hasil perhitungan yang terdapat pada tabel 3.4.

Tabel 7. Perbandingan persentase RSRP terhadap target KPI [4]

	Target	Tanpa CA	CADS2	CADS3
RSRP ≥ -98 dBm	95 %	98.9 %	97.5 %	98.5 %

3.2 Hasil Simulasi coverage by CINR

Pada gambar 3.7 menunjukkan distribusi CINR pada ketiga skenario. Rata-rata CINR pada skenario tanpa CA 4.1 dB, untuk CADS2 4.66 dB, dan CINR pada CADS3 5.24 dB. Distribusi CINR menunjukkan performansi CINR terbaik ada pada skenario CADS3 dibandingkan CADS2 dan skenario tanpa CA.



Gambar 7. Grafik perbandingan persentase CINR mobilitas Pedestrian

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. [10] 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 juga menetapkan bahwa threshold CINR yang baik adalah CINR ≥ 6 dB. [3]

Tabel 8. Persentase CINR terhadap threshold yang ditentukan [3]

User Mobility 50 km/jam			
	Tanpa CA	CADS2	CADS3
CINR ≥ 1 dB	76.7 %	83.95 %	83.96 %
CINR ≥ 6 dB	29.92 %	48.85 %	48.86 %
User Mobility as Pedestrian			
	Tanpa CA	CADS2	CADS3
CINR ≥ 1 dB	72.67 %	74.84 %	82.03 %
CINR ≥ 6 dB	36.06 %	36.72 %	40.26 %

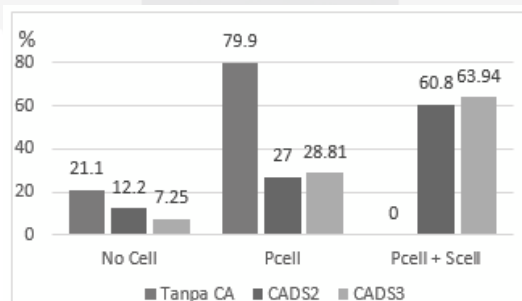
3.3 Hasil Simulasi Connected User

Nilai rata-rata persentase user connected pada skenario sebelum penambahan bandwidth merupakan yang terendah dibandingkan skenario lainnya. Peningkatan yang signifikan pada rata-rata persentase user connected terjadi setelah penambahan bandwidth dengan fitur carrier aggregation dengan CADS2. Lalu setelah CADS3 diterapkan terdapat peningkatan kembali pada rata-rata persentase user connected.

Tabel 9 Persentase user connected

SIMULASI KE-	PERSENTASE USER CONNECTED		
	TANPA CA (%)	CADS2 (%)	CADS3 (%)
1	78.9	87.3	92.2
2	78.7	87.1	92.6
3	78.4	87.2	92.5
4	78.4	87.7	92.6
5	78.7	87.5	92.6
6	78.5	87.8	92.7
7	78.3	87.6	92.7
8	78.6	87.8	92.3
9	78.4	86.8	92.6
10	78.7	86.8	92.6
RATA-RATA	78.56	87.36	92.54

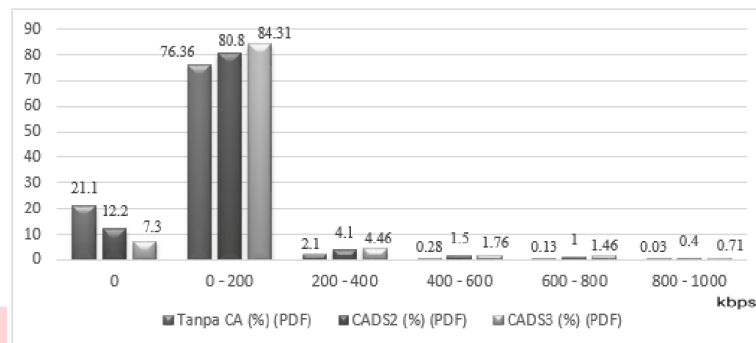
Persentase user connected tertinggi ada pada skenario dengan CADS3. Peningkatan rata-rata persentase user connected sebesar 5.18% dibandingkan CADS2. Dengan kondisi posisi tepi sel primary cell berada pada pusat secondary cell memungkinkan buruknya kondisi tepi sel dibantu oleh secondary cell. Hal ini terbukti dengan adanya peningkatan pada persentase jumlah pengguna yang menggunakan primary dan secondary cell bersamaan. Peningkatan penggunaan secondary cell pada CADS3 sebesar 3.14% dibandingkan CADS2.



Gambar 8. Grafik perentase penggunaan secondary cell

Dengan adanya peningkatan persentase penggunaan secondary cell maka berpengaruh pada throughput yang didapatkan oleh user. Terlihat pada gambar 4.12 grafik menunjukkan adanya peningkatan user throughput pada CADS3. User throughput yang dimaksud adalah application user throughput pada arah downlink pada masing-masing 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



Gambar 9. Grafik persentase user application throughput download

4 Kesimpulan

Pada skenario CADS3 nilai rata-rata RSRP memang tidak terbaik namun masih memenuhi target KPI. Selain itu rata-rata CINR pada CADS3 bernilai paling baik yaitu sebesar 5.24 dB. Persentase user connected pada skenario tanpa CA 78.56%, CADS2 sebesar 87.36% dan meningkat setelah diterapkan CADS3 menjadi sebesar 92.54%. Berdasarkan rata-rata persentase user connected, ketiga skenario pada jurnal ini terdapat selisih yang tidak terlalu jauh namun CADS3 menunjukkan perbaikan. Beberapa parameter di atas menunjukkan bahwa dengan CA kebutuhan jumlah site hasil perancangan berkurang dan dengan menggunakan teknik CADS3 performansi paling baik dibandingkan tanpa CA dan CADS2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa CADS3 layak diterapkan di DKI Jakarta untuk mengoptimalkan penggelaran jaringan LTE-Advanced.

Daftar Pustaka

- [1] 4G Americas. 2014. LTE Carrier Aggregation Technology Development and Deployment Worldwide. Bellevue: 4G Americas.
- [2] Abduljawad, M., Habaebi, M. H., & Chebil, J. 2012. Carrier Aggregation in Long Term Evolution Advanced. IEEE Control and System Graduate Research Colloquium, 154-159.
- [3] E., A. (2012). LTE KPI'S and Acceptance. Stockholm: Ericsson.
- [4] Elnashar, A., El-saidny, M. A., & Sherif, M. R. 2014. Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Networks. Chichester: John Wiley & Sons.
- [5] Ericsson. 2013. Coverage and Capacity Dimensioning. Stockholm: Ericsson.
- [6] Ericsson. 2014. Mobility Report. Stockholm: Ericsson.
- [7] Huawei. 2010. LTE Radio Network Planning Capacity Dimensioning. Shenzhen: Huawei.
- [8] Jakarta Dalam Angka. 2014. Retrieved from Badan Pusat Statistik Propinsi DKI Jakarta: <http://jakarta.bps.go.id>
- [9] RAYmaps. (2011, Juli 31). Average Cell Throughput Calculations for LTE. Available at: <http://raymaps.com> [Accessed March 2, 2015]
- [10] Sesia, S., Toufik, I., & Barker, M. 2011. UMTS Long Term Evolution Second Edition From Theory to Practice. Chichester: John Wiley & Sons.
- [11] Wicaksono, Adhi. 2014. Internet 4G LTE Manfaatkan Frekuensi 900 MHz. Available at [//www.cnnindonesia.com](http://www.cnnindonesia.com) [Accessed February 12, 2015]