

ANALISIS PERBANDINGAN LTE-ADVANCED CARRIER AGGREGATION DEPLOYMENT SCENARIO 2 DAN 5 DI SEMARANG TENGAH

Evan Sigit Kurniawan¹, Ade Wahyudin², Achmad Rizal Danisya³
^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Informasi Makalah

Dikirim, 23 Januari 2019
Direvisi, 9 Agustus 2019
Diterima, 16 Oktober 2019

Kata Kunci:

LTE-Advanced
Carrier Aggregation
CADS 2
CADS 5
Atoll

Keyword:

LTE-Advanced
Carrier Aggregation
CADS 2
CADS 5
Atoll

INTISARI

Pada tahun 2010 3GPP mengenalkan teknologi LTE-Advanced, teknologi yang mampu memberikan kecepatan *datarates* hingga 3 Gbps pada sisi *downlink* dan 1,5 Gbps pada sisi *uplink*. Salah satu fitur yang menjadi faktor bertambahnya *datarates* tersebut adalah dengan teknik *carrier aggregation*. Dalam penelitian ini diimplementasikan 2 skenario yaitu *Carrier Aggregation Deployment Scenario* (CADS) 2 dan 5 dengan simulasi menggunakan *software* Atoll 3.3.0. Perancangan dilakukan pada frekuensi 1800 MHz dengan *bandwidth* 15 MHz dan frekuensi 2300 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz di Semarang Tengah. Untuk perancangan dilakukan perancangan jaringan baru berdasarkan acuan *site* eksisting LTE 1800 MHz di Semarang Tengah yang diperoleh dari salah satu subkontraktor telekomunikasi di Indonesia.

Parameter yang dianalisis pada penelitian ini antara lain : RSRP, CINR, *user connected* dan *throughput* berdasarkan simulasi menggunakan *software* Atoll 3.3.0. Untuk perancangan dengan skenario tanpa CA diperoleh *mean RSRP* sebesar -84,88 dBm, *mean CINR* sebesar 7,64 dB, rata-rata presentase *user connected* 99,9 % dan *mean throughput* sebesar 833,19 Mbps. Kemudian pada perancangan dengan skenario CADS 2 diperoleh *mean RSRP* sebesar -75 dBm, *mean CINR* sebesar 19,97 dB, rata-rata presentase *user connected* 100 % dan *mean throughput* sebesar 1.152,2 Mbps. Dan pada perancangan dengan skenario CADS 5 diperoleh *mean RSRP* sebesar -71,5 dBm, *mean CINR* sebesar 21,89 dB, rata-rata presentase *user connected* 100 % dan *mean throughput* sebesar 1.147,3 Mbps. Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini didapatkan hasil perancangan jaringan terbaik yaitu menggunakan skenario CADS 5. Sehingga perancangan jaringan yang paling layak untuk diterapkan di Semarang Tengah yaitu dengan menggunakan perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5.

ABSTRACT

In 2010 3GPP introduced LTE-Advanced technology, a technology capable of providing *datarates* up to 3 Gbps on the *downlink* side and 1.5 Gbps on the *uplink* side. One feature that is a factor in increasing *datarates* is the *carrier aggregation* technique. In this study 2 scenarios were implemented, namely *Carrier Aggregation Deployment Scenario* (CADS) 2 and 5 with simulations using Atoll 3.3.0 software. The design was carried out at 1800 MHz frequency with 15 MHz bandwidth and 2300 MHz frequency with 20 MHz bandwidth in Central Semarang. For the design, a new network design is carried out based on the existing reference site of LTE 1800 MHz in Central Semarang obtained from one of the telecommunications subcontractors in Indonesia.

The parameters analyzed in this study include: RSRP, CINR, *user connected* and *throughput* based on simulation using Atoll 3.3.0 software. For the design with a scenario without CA, the *mean RSRP* is -84.88 dBm, the *mean CINR* is 7.64 dB, the average percentage of users connected is 99.9% and the *mean throughput* is 833.19 Mbps. Then in the design with the CADS 2 scenario, the *mean RSRP* is -75 dBm, the *mean CINR* is 19.97 dB, the average percentage of users connected is 100% and the *mean throughput* is

1,152.2 Mbps. And in the design with the CADS 5 scenario the mean RSRP is -71.5 dBm, the mean CINR is 21.89 dB, the average percentage of users connected is 100% and the mean throughput is 1,147.3 Mbps. Based on the results of the analysis in this study the best network design results were obtained using the CADS 5 scenario. So that the most feasible network designation to be implemented in Central Semarang was by using the LTE-Advanced network design with CADS 5.

Korespondensi Penulis:

Evan Sigit Kurniawan
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto
JL. DI Panjaitan No.128 Purwokerto
Email: evansigitk@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pengguna layanan teknologi seluler dari tahun ketahun terus meningkat. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan trafik layanan, permintaan pelanggan akan kecepatan *datarate* yang tinggi serta tercapainya kebutuhan *Quality of Service* (QoS) menjadi salah satu latar belakang pengembangan teknologi *Long Term Evolution* (LTE). LTE *release* 8 yang diluncurkan pada tahun 2009 oleh *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) memiliki kecepatan *datarate* hingga 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink* [1]. Namun LTE *release* 8 ini belum memenuhi spesifikasi *International Telecommunication Union* (ITU) untuk standar sistem 4G yang terangkum dalam *IMT-Advanced* [2].

Pada tahun 2010 3GPP mengenalkan teknologi *LTE-Advanced*, teknologi tersebut mampu memberikan kecepatan *datarates* hingga 3 Gbps pada sisi *downlink* dan 1.5 Gbps pada sisi *uplink*[1]. Salah satu fitur pada teknologi tersebut adalah *Carrier Aggregation* (CA). CA merupakan sebuah metode penggabungan dua atau lebih *component carrier* (CC) dengan *bandwidth* maksimum 100 Mhz sehingga teknologi tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan trafik layanan yang tinggi serta menghasilkan kecepatan *datarate* yang tinggi [1].

Dalam penerapan CA terdapat beberapa jenis implementasi skenario atau biasa disebut *Carrier Aggregation Deployment Scenario* (CADS) yaitu CADS1, CADS2, CADS3, CADS4 dan CADS5[3]. Dengan adanya CADS tersebut dapat meningkatkan nilai *throughput* pelanggan pada perancangan ini dikarenakan adanya agregasi antar *bandwidth* dan antar frekuensi carrier. Dalam penerapan CADS terdapat dua kombinasi CA yaitu penggabungan dua CC yang sama (*intra band*) dan penggabungan dua CC yang berbeda (*inter band*).

Pada penelitian ini menerapkan dua skenario untuk perancangan jaringan *LTE-Advanced* yaitu CADS2 dan CADS5. CADS2 merupakan skenario yang menerapkan konsep *inter band*, dimana pada penelitian ini akan menggunakan frekuensi yang berbeda yaitu frekuensi 1800 MHz dengan *bandwidth* 15 MHz (*Primary Cell*) untuk menyediakan cakupan yang luas dan frekuensi 2300 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz (*Secondary Cell*) untuk meningkatkan *throughput* karena memiliki cakupan yang lebih kecil. CADS5 memiliki konsep skenario yang hampir sama dengan CADS2, hanya saja pada CADS5 terdapat penambahan *repeater* yang digunakan untuk memperluas cakupan, menguatkan sinyal serta meningkatkan *throughput* pada area yang ditentukan.

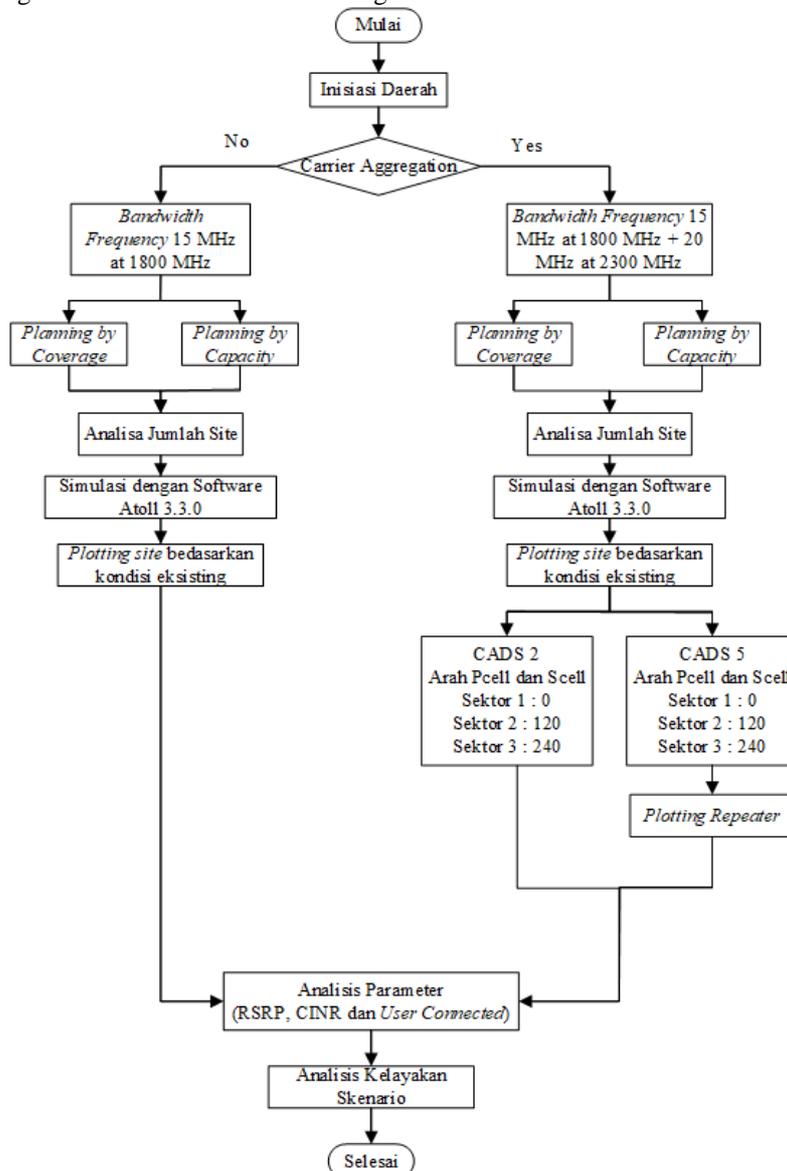
Penelitian terkait *LTE-Advanced* sudah dilakukan oleh beberapa peneliti yaitu Juwi Nanda Sinulingga pada tahun 2018 membahas mengenai perancangan *LTE-advanced release 12* menggunakan teknik *carrier aggregation interband*. Parameter yang dianalisis pada penelitian tersebut yaitu *signal level*, CINR, *user connected* dan *throughput*. Dari hasil perancangan *LTE-Advanced release 12* dengan teknik *carrier aggregation interband* diperoleh *signal level* ≥ -80 dBm sebesar 100%, CINR *level* ≥ 5 dB sebesar 78.3%, rata-rata presentase *user connected* 99.61% dan *throughput* 2059.14 Mbps [4].

Pada penelitian ini akan membuat perancangan jaringan *LTE-Advanced* di Semarang Tengah yang merupakan pusat pemerintahan Kota Semarang guna mengoptimalkan jaringan di wilayah tersebut. Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan tersebut penulis mengambil judul penelitian “ANALISIS PERBANDINGAN LTE-ADVANCED CARRIER AGGREGATION DEPLOYMENT SCENARIO 2 DAN 5 DI SEMARANG TENGAH”. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini adalah jumlah kebutuhan *site*, RSRP, CINR, *user connected* dan *throughput*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan simulasi perancangan jaringan LTE-Advanced berdasarkan acuan *site* eksisting LTE 1800 MHz di Semarang Tengah yang diperoleh dari salah satu subkontraktor telekomunikasi di Indonesia. Untuk mendapatkan estimasi jumlah *site* yang dibutuhkan di Semarang Tengah dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan berdasarkan *planning by coverage* dan *planning by capacity*. Kemudian simulasi perancangan jaringan dilakukan dengan menggunakan *software* Atoll 3.3.0 dengan beberapa skenario seperti pada gambar 1 yaitu skenario tanpa CA, CADS 2 dan CADS 5. Perancangan jaringan LTE tanpa CA hanya dilakukan pada frekuensi 1800 MHz dengan *bandwidth* 15 MHz. Perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2 dan CADS 5 dilakukan pada frekuensi 1800 MHz dengan *bandwidth* 15 MHz sebagai *primary cell* dan frekuensi 2300 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz sebagai *secondary cell*. Yang membedakan antara CADS 2 dan CADS 5 yaitu adanya penambahan *repeater* pada CADS 5 yang berfungsi untuk memperluas cakupan salah satu frekuensi serta dapat meningkatkan kuat sinyal dan *throughput* pada area tertentu. Untuk metode penempatan *repeater* yaitu menggunakan *main beam* dari transmitter pendonor sebagai jarak minimal penempatan *repeater*. Parameter yang dianalisis yaitu jumlah *site* yang dibutuhkan, RSRP, CINR, *user connected* dan *throughput*. Pada gambar 3.1 berikut adalah diagram alur penelitian perancangan jaringan LTE dan LTE-Advanced dengan CADS 2 dan CADS 5.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Penelitian ini dilakukan di Semarang Tengah sebagai daerah tinjauan. Semarang Tengah secara astronomis terletak diantara 6°50-7°20 Lintang Selatan dan 109°50-110°35 Bujur Timur. Luas wilayah

Semarang Tengah adalah 6.14 km² dengan jumlah penduduk adalah 69.711 jiwa dan kepadatan penduduknya mencapai 11.353 jiwa/km² [5]. Semarang Tengah termasuk dalam kategori daerah urban karena kepadatan penduduknya sudah mencapai jumlah yang sudah ditentukan untuk kategori urban dan daerahnya tidak terdapat wilayah persawahan.

2.2 Coverage Planning

Perancangan berdasarkan *coverage planning* dilakukan untuk mengestimasi jumlah *site* yang dibutuhkan agar bisa menyediakan layanan untuk semua daerah yang ditinjau. *Coverage planning* mempertimbangkan *Radio Link Budget* dan Model Propagasi yang digunakan. Perhitungan *Radio Link Budget* digunakan untuk memperkirakan redaman maksimum sinyal atau *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) yang diperbolehkan antara antena UE dengan antena eNodeB. Berikut ini merupakan persamaan untuk mencari nilai MAPL *downlink* [6]:

$$\text{MAPL}_{DL} = \text{EIRP}_{DL} - S_{RMINDL} - L_{indoor} - M_{SF} \quad (1)$$

Untuk menentukan jumlah kebutuhan *site* digunakan frekuensi 1800 MHz sebagai *primary cell* karena memiliki radius pancaran sinyal yang lebih jauh. Berikut ini merupakan persamaan Model Propagasi COST231-Hatta dan *Stanford University Interim* (SUI):

- COST231-Hatta [7]

$$PL = 46,3 + 33,9(\log f) - 13,82 \log hb - a(\log m) + (44,9 - 6,55 \log hb) \log d + CM \quad (2)$$

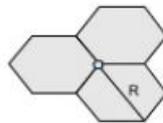
- SUI [7]

$$PL = A + 10\gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_f + X_b + S \quad (3)$$

Berikut rumus untuk menentukan luas sel dan jumlah sel yang dibutuhkan:

- Luas Sel [8]

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \quad (4)$$



Gambar 2. Sel 3-sectoral

- Jumlah Sel [8]

$$\sum \text{LTE cell} = \frac{L_{\text{user}}}{L_{\text{cell}}} \quad (5)$$

2.3 Capacity Planning

Perancangan berdasarkan *capacity planning* dilakukan untuk mengestimasi jumlah *site* yang dibutuhkan untuk melayani jumlah *user* di daerah tinjauan. Perancangan berdasarkan *capacity planning* meliputi perhitungan estimasi jumlah pelanggan, kepadatan trafik, kapasitas sel dan perhitungan jumlah sel berdasarkan kapasitas. [9]

Estimasi jumlah pelanggan digunakan untuk mengantisipasi jumlah pelanggan selama periode tersebut. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung estimasi jumlah pelanggan dalam jangka waktu tertentu:

$$U_n = U_0(1 + f_p)^n \quad (6)$$

Untuk mempertahankan kualitas layanan-layanan tersebut perlu dilakukan estimasi nilai *throughput* yang harus disediakan oleh suatu jaringan. Berikut merupakan rumus untuk menghitung *throughput* per *session*:

$$\text{Throughput/session} = \text{Bearer rate} \times ST \times SR \times \left[\frac{1}{(1 - BLER)} \right] \quad (6)$$

Untuk menghitung *single user throughput* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Single user throughput} = \frac{1}{3000} \left(\frac{\text{Throughput/session}}{\text{Bearer rate}} \right) \times \text{BISIA penetration ratio (11 percent coverage ratio)} \quad (7)$$

Untuk menghitung kebutuhan *throughput* suatu jaringan untuk memenuhi permintaan user pada daerah tinjauan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Network Throughput} = \text{total user number} \times \text{DL single user throughput} \quad (8)$$

Agar operator dapat melayani *user* dengan berbagai jenis layanan, maka suatu jaringan harus mempunyai kapasitas yang dapat mencukupi kebutuhan *user*. Rumus yang digunakan untuk mencari throughput pada sistem FDD berbeda dengan sistem TDD. Pada sistem FDD cara kerja pengiriman informasi menggunakan 2 frekuensi yang berbeda pada sisi *uplink* maupun *downlink*. Sedangkan dalam sistem TDD proses pengiriman informasi dilakukan dengan menggunakan satu frekuensi untuk arah *uplink* dan *downlink*. Berikut rumus perhitungan untuk menghitung *throughput per cell* pada sistem FDD dan TDD [10] :

- *Throughput per cell FDD*

$$\text{Throughput} = \text{Number of chains} \times \text{TB size} \quad (9)$$

- *Throughput per cell TDD*

$$\text{DL throughput} = \text{Number of chains} \times \text{TB size} \times (\text{contribution by DL subframe} + \text{contribution by DwPTS in SSF}) \quad (10)$$

Untuk menghitung jumlah sel yang dibutuhkan untuk melayani user di daerah tinjauan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah cell} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Cell Capacity}} \quad (11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Hasil Perhitungan *Planning by Coverage*

Tabel 1. Jumlah *site* yang dibutuhkan berdasarkan *Coverage Planning*

	Tanpa CA	Dengan CA
Jumlah Site	1	1

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah kebutuhan *site* hasil perhitungan berdasarkan *planning by coverage* yaitu 1 *site*. Acuan jumlah kebutuhan *site* yang digunakan berdasarkan *coverage planning* adalah pada frekuensi 1800 MHz sebagai *primary cell*. Hal tersebut dikarenakan pada frekuensi 1800 MHz memiliki radius pancaran sinyal yang lebih jauh dibanding frekuensi 2300 MHz sebagai *secondary cell*.

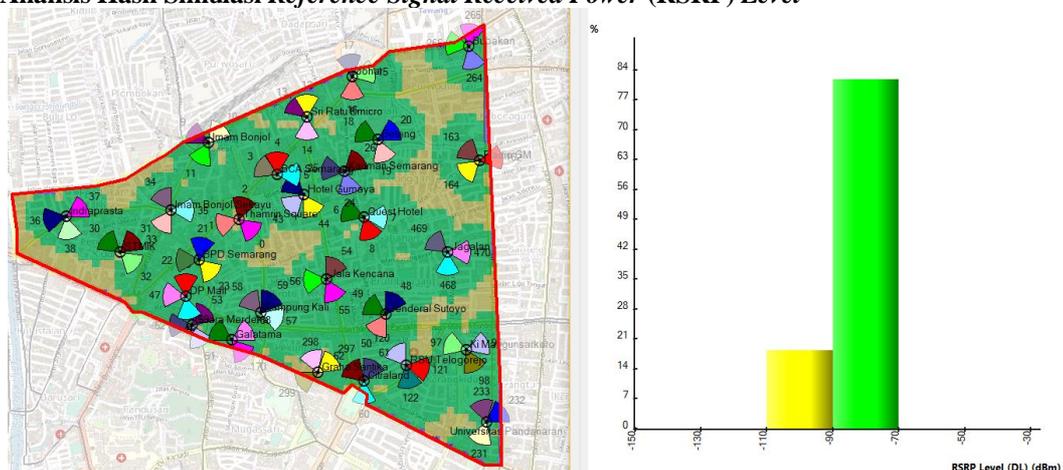
3.2. Analisis Hasil Perhitungan *Planning by Capacity*

Tabel 2. Jumlah *site* yang dibutuhkan berdasarkan *capacity planning*

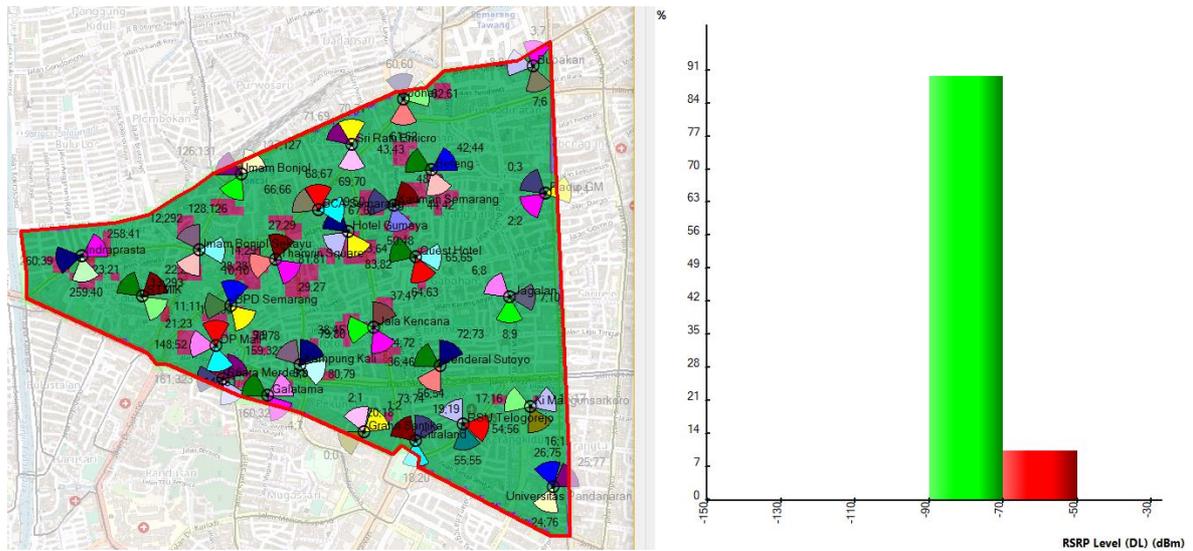
No	Klasifikasi Daerah	Daerah Penelitian	Jumlah pelanggan LTE (Jiwa)	Jumlah Site	
				Tanpa CA	Dengan CA
				DL	DL
1	Urban	Semarang Tengah	17.066	1	1

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah *site* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan *user* di Semarang Tengah berdasarkan perhitungan *capacity planning* dengan menggunakan fitur CA maupun tidak dengan CA berjumlah 1 *site*. Hal tersebut dikarenakan dengan fitur CA dan tidak dengan CA memiliki *throughput cell capacity* yang besar, jika dikalikan tiga sesuai jumlah sel dalam satu *site* maka akan sama-sama memenuhi kebutuhan *user* LTE di Semarang Tengah.

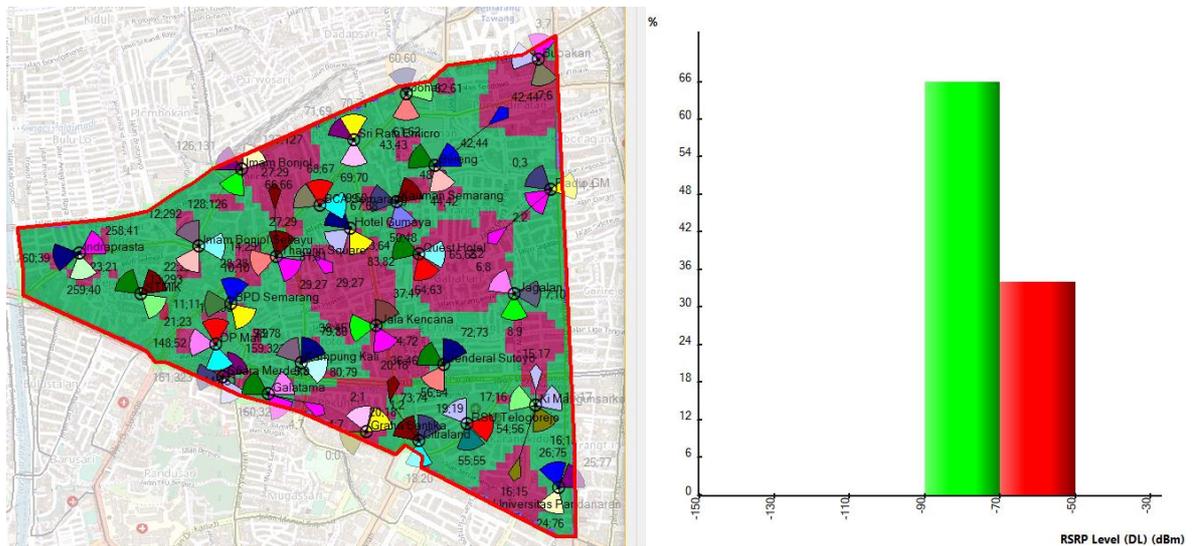
3.3. Analisis Hasil Simulasi *Reference Signal Received Power (RSRP) Level*



Gambar 3. Persebaran RSRP on map dan presentase RSRP on histogram pada perancangan tanpa CA



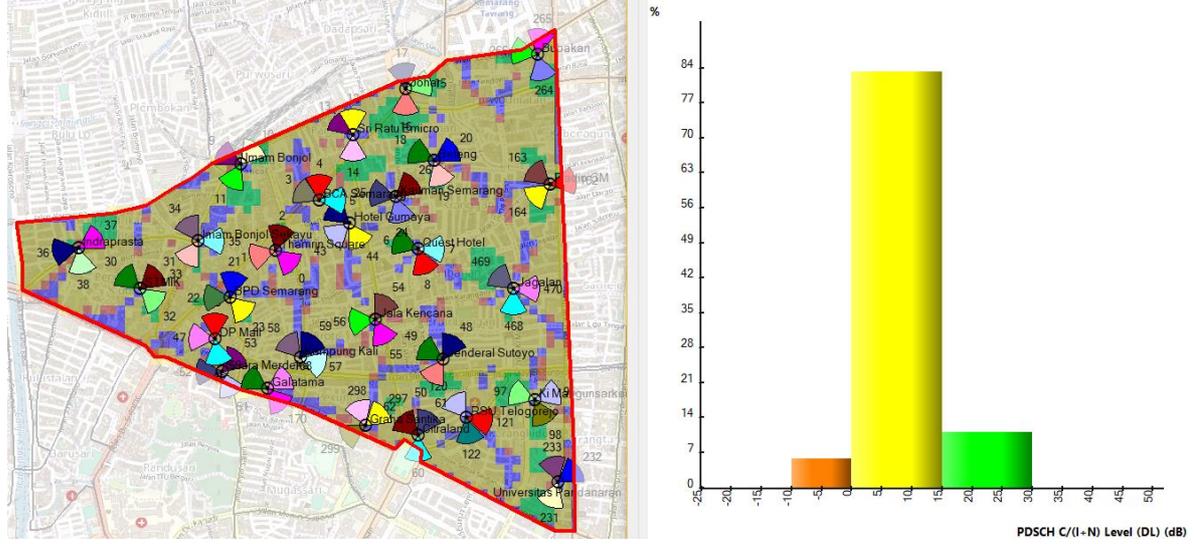
Gambar 4. Persebaran RSRP on map dan presentase RSRP on histogram pada perancangan dengan CADS 2



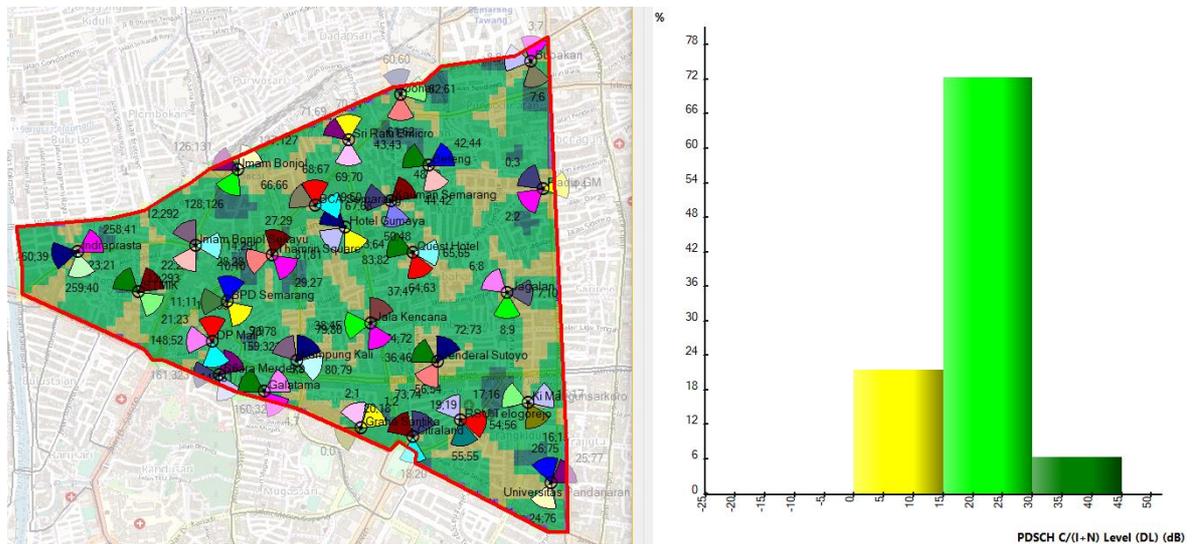
Gambar 5. Persebaran RSRP on map dan presentase RSRP on histogram pada perancangan dengan CADS 5

Pada gambar 3 menunjukkan persebaran dan presentase nilai RSRP pada perancangan jaringan LTE tanpa CA di Semarang Tengah dengan *mean* RSRP sebesar $-84,88$ dBm. Kemudian pada gambar 4 menunjukkan persebaran dan presentase nilai RSRP pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2 di Semarang Tengah dengan *mean* RSRP sebesar -75 dBm. Pada gambar 5 menunjukkan persebaran dan presentase nilai RSRP pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5 di Semarang Tengah dengan *mean* RSRP sebesar $-71,5$ dBm. Dari hasil tersebut didapatkan nilai RSRP terbaik dicapai pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5. Hal tersebut dikarenakan adanya teknik CA pada LTE-Advanced yang memiliki 2 *-serving cell* yaitu *primary cell* dan *secondary cell*. Sehingga dalam melayani suatu area lebih baik dibanding dengan LTE tanpa CA yang hanya memiliki satu sel. Kemudian pada LTE-Advanced dengan CADS 5 juga terdapat penambahan penguat sinyal (*repeater*) di beberapa tempat, dengan metode penempatan *repeater* yaitu *repeater* diletakkan pada *main beam transmitter donor* sebagai jarak minimal peletakkan *repeater*. Sehingga pada area yang dipancarkan sinyal dari *repeater* membuat RSRP nya meningkat dan rata-rata RSRP pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5 juga meningkat yang menyebabkan *mean* RSRP menjadi lebih bagus dari perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2.

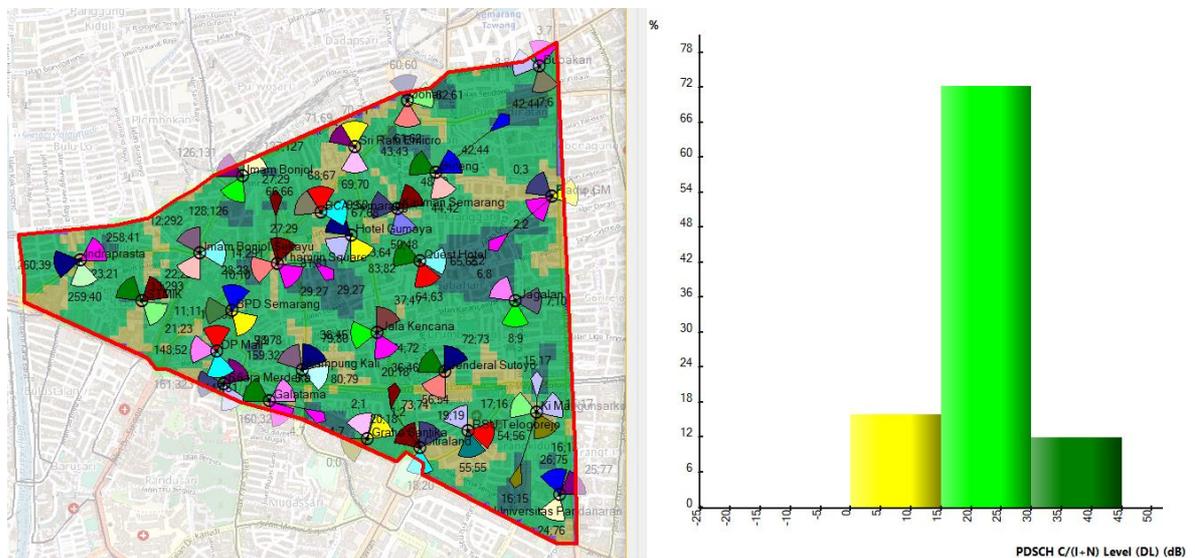
3.4. Analisis Hasil Simulasi Carrier To Interference And Noise Ratio (CINR) Level



Gambar 6. Kondisi CINR on map dan presentase CINR on histogram pada perancangan tanpa CA



Gambar 7. Kondisi CINR on map dan presentase CINR on histogram pada perancangan dengan CADS 2



Gambar 8. Kondisi CINR on map dan presentase CINR on histogram pada perancangan dengan CADS 5

Pada gambar 6 menunjukkan persebaran dan presentase nilai CINR pada perancangan LTE tanpa CA di Semarang Tengah dengan mean CINR sebesar 7,64 dB. Kemudian pada gambar 7 menunjukkan persebaran dan presentase nilai CINR pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2 di Semarang Tengah dengan mean CINR sebesar 19,97 dB. Kemudian pada gambar 8 menunjukkan persebaran dan presentase nilai CINR pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5 di Semarang Tengah dengan mean CINR sebesar 21,89 dB. Dari hasil tersebut didapatkan nilai CINR terbaik dicapai pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini, jaringan LTE-Advanced memiliki 2 sel dengan frekuensi yang berbeda yaitu *primary cell* dengan frekuensi 1800 MHz dan *secondary cell* dengan frekuensi 2300 MHz, sehingga tidak terjadi interferensi antar *carrier* dalam sel yang saling tumpang tindih (*overlapping*) dalam satu *transmitter*. Akan tetapi interferensi tetap bisa terjadi ketika terdapat *overlapping* antar sel dengan frekuensi yang sama pada site yang berdekatan. Kemudian pada LTE-Advanced dengan CADS 5 ditambahkan beberapa *repeater* dengan metode penempatan *repeater* diletakkan pada area yang terdapat banyak sel dengan frekuensi yang sama yang saling *overlapping* dengan tujuan untuk menjadikan CINR yang dalam kondisi normal dioptimasi agar menjadi lebih bagus lagi. Frekuensi yang digunakan pada *repeater* yaitu frekuensi 2300 MHz, sehingga ketika sel dengan frekuensi 1800 MHz yang saling *overlapping* maka dapat didominasi oleh sinyal yang dipancarkan *repeater* dengan frekuensi yang berbeda yaitu frekuensi 2300 MHz. Hal tersebut yang membuat rata-rata CINR meningkat pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5 dari perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2.

3.5. Analisis Hasil Simulasi User Connected dan Throughput

Tabel 3. Hasil presentase *user connected* dan *throughput*

Parameter	LTE tanpa CA	LTE-Advanced	
		CADS 2	CADS 5
Presentase User Connected (%)	99,9	100	100
Throughput DL (Mbps)	833,19	1.152,2	1.147,3

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa pada perancangan tanpa CA mendapatkan hasil presentase *user connected* sebesar 99,9 % dan *throughput* sebesar 833,19 Mbps. Pada perancangan dengan CADS 2 mendapatkan hasil presentase *user connected* sebesar 100 % dan *throughput* sebesar 1.152,2 Mbps. Pada perancangan dengan CADS 5 mendapatkan hasil presentase *user connected* sebesar 100 % dan *throughput* sebesar 1.147,3 Mbps. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa presentase *user connected* terbesar dicapai pada perancangan dengan CADS 2 dan CADS 5. Kemudian *throughput* terbesar dicapai pada perancangan dengan CADS 2. Hal tersebut dikarenakan kuat sinyal dan kualitas sinyal yang dihasilkan pada jaringan LTE-Advanced lebih bagus dibanding LTE tanpa CA, kemudian kapasitas *bandwidth* yang disediakan pada jaringan LTE-Advanced juga lebih besar dibanding LTE tanpa CA. Kemudian pada jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2 dan CADS 5 juga terdapat perbedaan nilai *throughput* yang dihasilkan, yaitu skenario CADS 2 lebih besar dibanding CADS 5. Hal tersebut dikarenakan pada CADS 5, *repeater* yang digunakan tidak memiliki *bandwidth* sendiri dan untuk kapasitas didapatkan dari kapasitas *bandwidth* yang dimiliki *transmitter* pendonor. Sehingga *repeater* hanya digunakan untuk memperluas cakupan, menguatkan sinyal serta meningkatkan *throughput* di area tertentu tanpa menambah kapasitas.

4. KESIMPULAN

- 4.1. Berdasarkan hasil perhitungan *coverage planning* dan *capacity planning*, jumlah *site* yang dibutuhkan untuk meng-cover wilayah Semarang Tengah dan melayani pelanggan LTE pada perancangan tanpa CA dan dengan CA di Semarang Tengah berjumlah 1 *site*.
- 4.2. Berdasarkan hasil simulasi nilai RSRP terbaik dicapai pada perancangan jaringan LTE-Advanced CADS 5 dengan mean RSRP -71,5 dBm. Hal tersebut dikarenakan pada LTE-Advanced dengan CADS 5 memiliki 2 *servicing cell* yaitu *primary cell* dan *secondary cell*, sehingga dalam melayani suatu area lebih baik dibanding dengan LTE tanpa CA yang hanya memiliki satu sel. Kemudian pada LTE-Advanced dengan CADS 5 juga terdapat penambahan penguat sinyal (*repeater*) di beberapa tempat, sehingga pada area yang dipancarkan sinyal dari *repeater* membuat RSRP nya meningkat dan rata-rata RSRP pada perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5 meningkat.
- 4.3. Untuk nilai CINR terbaik dicapai pada perancangan jaringan LTE-Advanced CADS 5 dengan mean CINR 21,89 dB. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini, jaringan LTE-Advanced dengan CADS 5 memiliki 2 sel dengan frekuensi yang berbeda yaitu *primary cell* dengan frekuensi 1800 MHz dan *secondary cell* dengan frekuensi 2300 MHz. Kemudian pada LTE-Advanced dengan CADS 5

- ditambahkan beberapa repeater dengan menggunakan frekuensi yang berbeda dari sel yang saling *overlapping* dengan tujuan untuk menjadikan CINR yang dalam kondisi normal dioptimasi agar menjadi lebih bagus lagi.
- 4.4. Untuk nilai presentase *user connected* terbesar dicapai pada perancangan jaringan LTE-Advanced CADS 2 dan CADS 5 yaitu 100 % *user* dapat mengakses jaringan. Hal tersebut dikarenakan kuat sinyal dan kualitas sinyal yang dihasilkan pada jaringan LTE-Advanced lebih bagus dibanding LTE tanpa CA, kemudian kapasitas *bandwidth* yang disediakan pada jaringan LTE-Advanced juga lebih besar dibanding LTE tanpa CA.
 - 4.5. Kemudian untuk *throughput* terbesar dicapai pada jaringan LTE-Advanced CADS 2 dengan *throughput* sebesar 1.152,2 Mbps. Hal tersebut dikarenakan pada CADS 5, *repeater* yang digunakan tidak memiliki *bandwidth* sendiri dan untuk kapasitas didapatkan dari kapasitas *bandwidth* yang dimiliki *transmitter* pendonor. Sehingga *repeater* hanya digunakan untuk memperluas cakupan, menguatkan sinyal serta meningkatkan *throughput* di area tertentu tanpa menambah kapasitas yang menyebabkan rata-rata *throughput* menjadi lebih kecil dari perancangan jaringan LTE-Advanced dengan CADS 2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hikmaturokhman, L. Wardana, B. Facsi Aginsa, A. Dewantoro, H. Isybel, and M. Gita, *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 1*. Jakarta Selatan: www.nulisbuku.com, 2014.
- [2] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevez, R. Balakrishnan, and E. Chavarria-Reyes, "LTE-Advanced and the evolution to Beyond 4G (B4G) systems," *Phys. Commun.*, vol. 10, pp. 31–60, 2014.
- [3] S. Pietrzyk, "System-level modelling of HetNets , Carrier Aggregation and Scheduling in MATLAB," in *IEEE Globecom*, 2015, p. 33.
- [4] J. N. Sinulingga, A. Wahyudin, M. A. Amanaf, and S. St, "ANALISIS PERANCANGAN LTE- A DENGAN TEKNIK CARRIER AGGREGATION INTERBAND PADA FREKUENSI 1800 MHz DAN 2300 MHz DI KOTA SEMARANG TENGAH (STUDY KASUS : PT . TELKOMSEL) ANALYSIS OF DESIGNING LTE- A WITH CARRIER AGGREGATION INTERBAND TECHNIQUE ON FREQUENCY 180," *J. Elektro Telekomun. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 634–645, 2018.
- [5] B. P. S. K. SEAMARANG, "Kecamatan Semarang Tengah Dalam Angka 2018," 2018.
- [6] A. Wahyudin and Sakinah, "Perancangan dan Analisa Penggelaran Lte Pada Frekuensi 700 MHz Dengan Metode Adaptif Modulation Coding Untuk Implementasi Digital Dividend Di Wilayah Sub-Urban dan Rural Kabupaten Banyumas," *J. Elektro Telekomun. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 342–354, 2016.
- [7] Forsk, *Atoll 3.3.0 Technical Reference Guide for Radio Networks*. Forsk, 2015.
- [8] A. Hikmaturokhman, L. Wardana, B. Fernando, G. Mahardhika, and S. Dharmanto, *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 2*. Jakarta Selatan: www.nulisbuku.com, 2015.
- [9] H. Tech, "LTE Radio Network Capacity Dimensioning," 2013.
- [10] S. Rathi, N. Malik, N. Chahal, and S. Malik, "Throughput for TDD and FDD 4G LTE Systems," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 3, no. 12, pp. 73–77, 2014.