

Perencanaan LTE-A untuk *Heterogeneous Network* dengan Metode CADS4 di Grand Asia Afrika

YOGI ARIYANTO, HASANAH PUTRI*, ATIK NOVIANTI

Program Studi D3 Teknologi Telekomunikasi Telkom University

*Email: hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id

Received 4 Februari 2021 | *Revised* 25 Februari 2021 | *Accepted* 16 April 2021

ABSTRAK

Berdasarkan hasil pengukuran di Grand Asia Afrika (GAA) diketahui terdapat peningkatan kualitas jaringan setelah pemasangan unit COMBAT selama 7 hari. $RSRP \geq -95$ dBm sebelumnya sebesar 75,70% menjadi 100%, $SINR \geq 0$ dB dari 53,58% menjadi 97,54%, dan $throughput \geq 8$ Mbps sebelumnya sebesar 48,12% menjadi 89,55%. Untuk mempertahankan kualitas tersebut maka dibangunlah *small cell*. Perencanaan menerapkan metode *inter-band carrier aggregation* pada *heterogen network LTE* dengan skema CADS4 sebagai pengganti unit COMBAT. Tujuan perencanaan ini adalah *extended throughput* dan agar kualitas layanan pada beban trafik tinggi tetap baik. *Macro cell* sebagai *Primary Cell (PCell)* pada band-1 2100 MHz dan *micro cell* sebagai *Secondary Cell (SCell)* pada band-3 1800 MHz. Hasil perencanaan menunjukkan telah memenuhi standar RF Parameter LTE yaitu $RSRP$ sebesar -92,65 dBm, $SINR$ sebesar 16,55 dB, $throughput$ sebesar 1,062 Mbps, dan *user connected* 97%.

Kata kunci: LTE-A, heterogen network, CADS4, Great Asia Afrika Bandung

ABSTRACT

Based on the report on the development of temporary sites in the tourist area of Great Asia Africa (GAA), it shows that the DRR rate is > 90% in the sectors leading to GAA. From the measurement, it is known that there is an increase in network quality after installing the COMBAT unit for 7 days. For $RSRP \geq -95$ dBm, the previous amount was 75.70% to 100.00%, for $SINR \geq 0$ dB previously it was 53.58% to 97.54%, and for $throughput \geq 8$ Mbps the previous was 48.12% to 89.55%. To maintain the quality of the network, small cells were built to cover the GAA area. Planning to apply the *inter-band carrier aggregation* method to the *heterogeneous LTE network* with the CADS4 scheme to replace the COMBAT unit. The purpose of planning is to provide *extended throughput* and so that the service quality at high traffic loads remains good. The configuration used is a *macro cell* as a *Primary Cell (PCell)* in the band-1 2100 MHz and a *micro cell* as a *Secondary Cell (SCell)* in the 1800 MHz band-3. The results of the planning meet the LTE parameter RF standards, $RSRP$ of -92.65 dBm, $SINR$ of 16.55 dB, $throughput$ of 1.062 Mbps, and users connected to 97%.

Keywords: LTE-A, heterogen network, CADS4, Great Asia Afrika Bandung

1. PENDAHULUAN

Pada momen libur baik akhir pekan maupun libur panjang seperti tahun baru dan hari raya, lonjakan trafik jaringan LTE terjadi di berbagai lokasi obyek wisata (**Agustina, 2019**). Salah satu operator seluler di Indonesia memprediksi pada musim liburan trafik data akan mengalami peningkatan 26,34%. Prediksi tersebut didasari perilaku pelanggan yang cenderung menggunakan internet seperti aktivitas di media sosial, *streaming video*, atau *streaming music*. Untuk akses layanan berbasis *streaming*, diperkirakan akan terjadi kenaikan sebesar 51%, dibandingkan periode sebelumnya dan tidak menutup kemungkinan akan meningkat pada tahun-tahun berikutnya (**Faz, 2019**). Optimalisasi elemen jaringan perlu dilakukan untuk menjaga persepsi pelanggan terhadap kualitas layanan yang diberikan selama periode tersebut. Maka dari itu *provider* dituntut untuk mengimbangi kapasitas jaringan untuk mengatasi lonjakan trafik dan menyediakan layanan ber-*data rate* tinggi khususnya di daerah obyek wisata yang dikategorikan sebagai lokasi *Point of Interest* (POI).

GAA merupakan salah satu obyek wisata baru yang terletak di Desa Gudang Kahuripan, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Saat periode pengamatan dari tanggal 19 Desember 2019 hingga 05 Januari 2020 pada *sector level* tercatat persentase PRB tertinggi sebesar 98,% dan *total user connected* tertinggi sebesar 537. Dengan nilai PRB yang *critical* tersebut, meskipun banyak *user* masih bisa dilayani ada hal yang dikorbankan yaitu *throughput per-user* menurun. Untuk tetap menjaga *user experience* para pengunjung GAA akibat kapasitas *site* yang penuh, dibangun penambahan *new site* berupa *unit compact mobile base station (COMBAT)* yang sifatnya *temporary* untuk periode 30 Desember hingga 05 Januari 2020 dengan tujuan untuk menjaga kualitas layanan yang dirasakan oleh *user* yang terpusat di sektor 2 *site* Pasirwangi. Untuk menggantikan *temporary site* tersebut, akan dibangun *site* baru berupa *site small cell* untuk mencakup area GAA. Untuk memaksimalkan kinerja jaringan, penambahan *site small cell* akan memanfaatkan fitur *carrier aggregation* yang diharapkan dapat meningkatkan *throughput user* di beberapa titik keramaian akibat *dual connectivity* yang didapatkan *user* dari kedua sel *macro* dan *micro*.

Pada penelitian (**Wang, dkk, 2013**), dijelaskan bahwa penggunaan *inter-site carrier aggregation* antara *macro cell* dan *small cell* menggunakan skema *Carrier Aggregation Deployment Scenario 4 (CADS4)* sehingga *User Equipment (UE)* dapat terhubung ke *macro* dan *micro cell*. Akibatnya *extended throughput* akan terjadi pada area *hotspot* karena aksesibilitas *bandwidth* lebih besar untuk *hotspot area small cell*. Dari hasil pengujian, peningkatan *throughput* bisa mencapai 70% dengan kondisi beban rendah karena *bandwidth* transmisi yang tersedia lebih besar namun akan menurun secara bertahap saat beban meningkat. Performansi terbaik hanya tercapai pada UE yang mendukung fitur *Carrier Aggregation (CA)* sedangkan untuk UE yang belum mendukung CA hanya akan tersambung ke salah satu *macro cell* atau *small cell* tergantung kekuatan sinyal (RSRP) dominan. Pada penelitian (**Kusuma, Fadli, 2019**) telah dilakukan perancangan jaringan LTE - *Advanced inter-band carrier aggregation* pada *intra-site macro* menggunakan skema CADS2 untuk meningkatkan performansi jaringan. Dari hasil simulasi skenario dengan dan tanpa CA, didapat persentase peningkatan parameter RSRP, SINR dan *throughput* masing-masing sebesar 9,12%, 35,54% dan 42,33%. Dari ketiga parameter tersebut hanya dua parameter yang mencapai target yaitu SINR yang mencapai target 70% > 5 dB dengan nilai rata-rata sebesar 16,72 dB dan parameter *throughput* 70% > 10.000 kbps dengan nilai rata-rata *throughput* mencapai 27.526 kbps. Pada penelitian (**Geraldine, 2019**), dilakukan perancangan jaringan LTE - *Advanced inter-band carrier aggregation* pada *intra-site macro* menggunakan skema *Carrier Aggregation Deployment Scenario 2 (CADS2)* untuk memperbaiki performansi jaringan *site existing* dari sisi kapasitas *user* dan untuk memberikan tambahan *throughput*. Dari

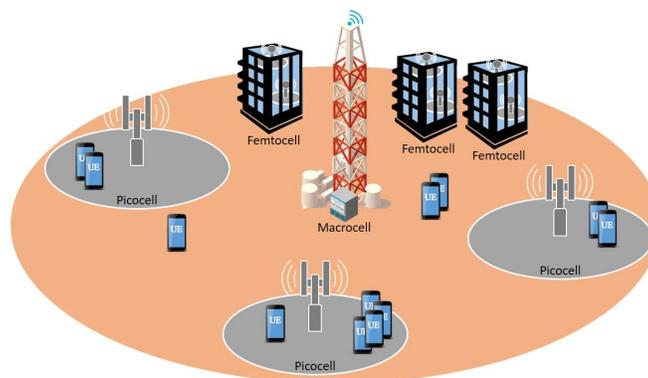
simulasi, hasil yang paling optimal diperoleh peningkatan parameter RSRP, SINR dan *throughput* masing-masing sebesar 97,33%, 99,03% dan 100% diikuti penurunan persentase PRB sebesar 44,50% dari kondisi awal sebesar 82,6%. Sedangkan pada penelitian (**Diansyah, 2019**), dilakukan perancangan jaringan *LTE - Advanced Pro* menggunakan *tri-band carrier aggregation* pada *intra-site macro* untuk memperbaiki performansi jaringan dari sisi kapasitas *user* dengan penggunaan spektrum yang lebih efisien. Dari hasil simulasi skenario dengan dan tanpa CA, pada kondisi *traffic load* yang sama, didapat persentase PRB sebelum sebesar 94,50% dan setelah sebesar 35,44%. Pada penelitian (**Mubarok, 2019**) dilakukan penelitian dampak dari penerapan metode *inter-band carrier aggregation* pada jaringan *LTE-Advanced*. Hasil yang diperoleh adalah peningkatan *throughput* sebanyak 13 Mbps dan penggunaan spektrum yang lebih efisien. Pada penelitian (**Putri, 2021**) dilakukan perencanaan jaringan *LTE_A* dengan menerapkan metode CADSS2. Hasil yang diperoleh yaitu optimalisasi penggunaan frekuensi dan peningkatan *throughput* sebesar 94,87 % .

Pada penelitian ini dilakukan perencanaan *inter-band carrier aggregation* pada jaringan heterogen *LTE (inter-site)* dengan menggunakan skema CADSS4 untuk menggantikan *temporary site COMBAT* yang telah dibongkar. Pada penelitian ini menggunakan layanan operator-T dengan konfigurasi *macro cell sebagai primary cell (PCell)* pada *band-1 2100 MHz* dan *micro cell sebagai secondry cell (SCell)* pada *band-3 1800 MHz*. Perencanaan dilakukan berdasarkan pendekatan *coverage planning* dan *capacity planning (Wardhana, 2014)* dengan parameter-parameter yang diukur yaitu *throughput*, RSRP, SINR dan *user connected*. Berdasarkan hasil *walk test* yang telah dilakukan didapat nilai *good coverage* RSRP sebesar 75,7%, *good quality* sebesar 53,58% dan *good throughput* sebesar 48,12%. Dari hasil perencanaan ini diharapkan dapat memenuhi target sesuai standar RF Parameter *LTE* dengan nilai rata-rata RSRP sebesar > -95 dBm SINR sebesar > 10 dB serta nilai *throughput* sebesar > 8 Mbps dengan persentase *user connected* $> 90\%$ (**Putra, 2017**).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 *Heterogeneous Network*

Heterogeneous Network (HetNet) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari *macro cell* yang bertransmisi pada level daya yang tinggi, di mana *macro cell* melapisi *small cell*, yang bisa dikenal dengan *Low Power Node (LPN)*. LPN bisa berupa *pico cell*, *femto cell*, *Remote Radio Head (RRH)*, dan *relay node (Joud, 2013)*. Gambar 1 merupakan ilustrasi dari HetNet.



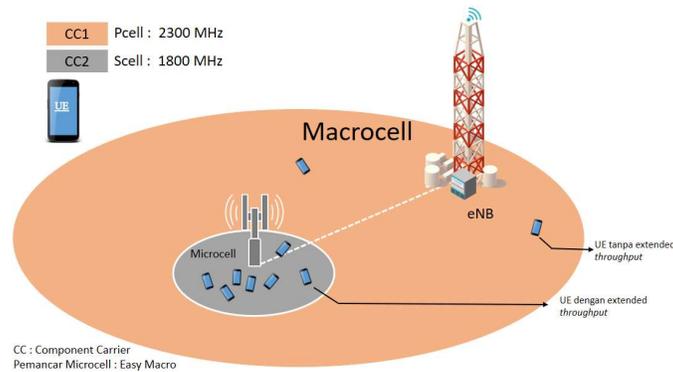
Gambar 1. *Heterogeneous Network*

Penggunaan *small cell* tersebut akan membantu *macro cell* untuk memberikan *coverage* di area *outdoor* tertentu maupun *indoor* yang lebih baik dan juga dapat meningkatkan kinerja

yang baik untuk *user* di sel tepi. Sementara *macro cell* biasanya ditempatkan sebagai jaringan utama yang melapisi *small cell* (Grande, 2013).

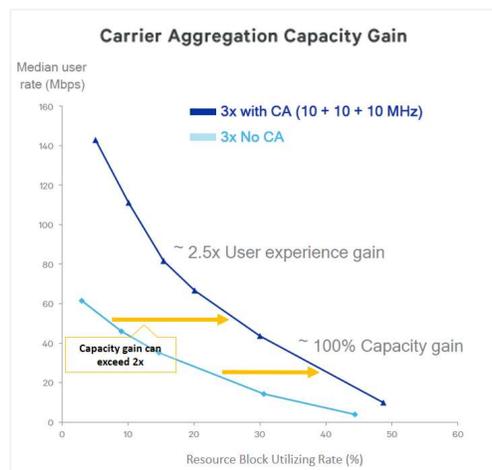
2.2 Pendekatan Perencanaan *Heterogeneous Network*

Pada perencanaan jaringan heterogen ini dilakukan 2 metode pendekatan perhitungan yaitu *coverage* dan *capacity*. Pendekatan perhitungan *coverage* berfungsi untuk memperkirakan jumlah *site small cell* yang sesuai dengan memperhatikan luas wilayah *coverage* yang dibutuhkan, sedangkan pendekatan perhitungan *capacity* berfungsi untuk mengetahui jumlah *site small cell* yang berkaitan dengan kapasitas *site* untuk melayani kebutuhan potensial *user* sesuai perkiraan.



Gambar 2. Perencanaan *LTE - Advanced* menggunakan CDS4

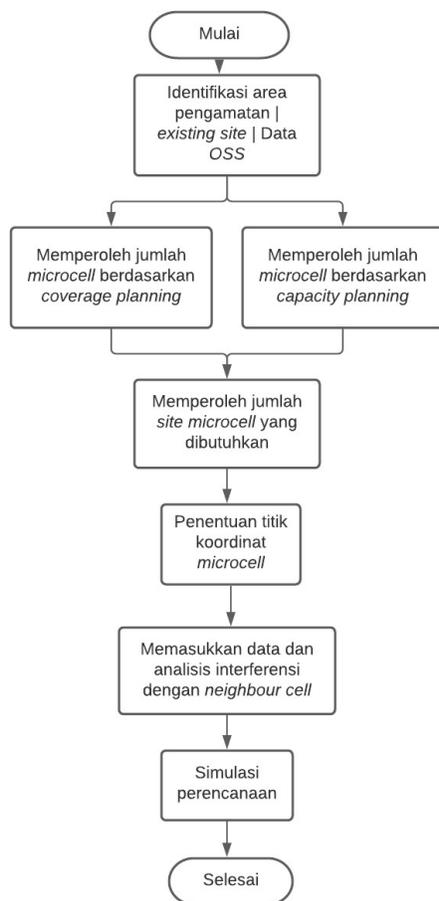
Untuk mengetahui peningkatan performansi jaringan *LTE - Advanced* dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi sebelum perencanaan (*non-carrier aggregation*) dan setelah perencanaan dilakukan. Gambar 2 adalah ilustrasi penerapan *carrier aggregation* pada jaringan *LTE - Advanced* menggunakan skema CDS4. Agregasi dengan menggunakan banyak *carrier* akan menambah jumlah *bandwidth* yang dipakai, termasuk juga *trunking gain* dari *dynamically scheduling traffic* di seluruh spektrum yang digunakan. Hal ini akan meningkatkan kapasitas sel, efisiensi jaringan dan memperkaya *user experience* (Q Technologie, 2016).



Gambar 3. Capacity Gain of Carrier Aggregation

Pada penelitian ini digunakan konfigurasi *macro cell* sebagai *Primary Cell* (PCell) pada *band-1* 2100 MHz dan *micro cell* sebagai *Secondary Cell* (SCell) pada *band-3* 1800 MHz. Gambar 4

merupakan diagram alir perencanaan yang dilakukan pada penelitian ini. Adapun untuk rincinya disajikan pada sub bab 2.3 sampai 3.5.



Gambar 4. Diagram Alir Perencanaan

2.3 Identifikasi Area Pengamatan

Objek wisata Great Asia Afria merupakan kawasan yang berada di pinggir tebing sisi jalan dengan kontur dataran mencekung. Kondisi geografisnya diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Geografis GAA

Kondisi daerah seperti ini merupakan *contour issue* yang dapat mempengaruhi kualitas sinyal jaringan karena *user* hanya dicakup oleh *site* yang mengarah tepat area tersebut saja, karena kemungkinan sinyal yang dipancarkan oleh *site* lain akan terhalang akibat area yang terlalu landai. Tabel 1 merupakan hasil *walktest* di mana parameter yang digunakan untuk pengambilan *sample* jaringan LTE adalah RSRP, SINR dan *Throughput*.

Tabel 1. Hasil Reporting Walktest

Parameter	Kategori	Nilai	Persentase
Signal Level /RSRP (dBm)	Sangat Baik	≥ -80	0,69%
	Baik	$-95 \leq \text{RSRP} < -80$	26,98%
	Cukup Baik	$-105 \leq \text{RSRP} < -95$	47,82%
	Cukup Buruk	$-110 \leq \text{RSRP} < -105$	16,51%
	Buruk	< -110	7,79%
	Total Good Coverage	Coverage RSRP ≥ -105	75,70%
Signal Quality /SINR (dB)	Sangat Baik	≥ 20	0,10%
	Baik	$10 \leq \text{SINR} < 20$	8,74%
	Cukup Baik	$0 \leq \text{SINR} < 10$	44,73%
	Cukup Buruk	$-5 \leq \text{SINR} < 0$	42,44%
	Buruk	< -5	3,98%
	Total Good Quality	Quality SINR ≥ 0	53,58%
Throughput (Mbps)	Sangat Baik	$\text{Throughput} \geq 5$	26,29%
	Baik	$3 \leq \text{Throughput} < 5$	8,85%
	Cukup Baik	$1 \leq \text{Throughput} < 3$	12,98%
	Cukup Buruk	$0.500 \leq \text{Throughput} < 1$	11,45%
	Buruk	$0.500 < \text{Throughput}$	40,43%
	Total Good Throughput	Throughput ≥ 1	48,12%

2.4 Identifikasi Existing Site

Data *Existing site* dapat diperoleh dari data *engineering parameter* penyedia jasa jaringan seluler atau operator yang berisi kumpulan informasi mengenai identitas *site*, di antaranya seperti *site name*, *longitude*, *latitude*, *azimuth*, *tilting*, dan *antenna height*. Dalam perencanaan jaringan *LTE - Advanced* ini, melibatkan beberapa *existing site* yang berada di sekitar objek wisata Great Asia Afrika. Gambar 6 dan Tabel 2 menunjukkan letak *existing site* di sekitar Great Asia Afrika.



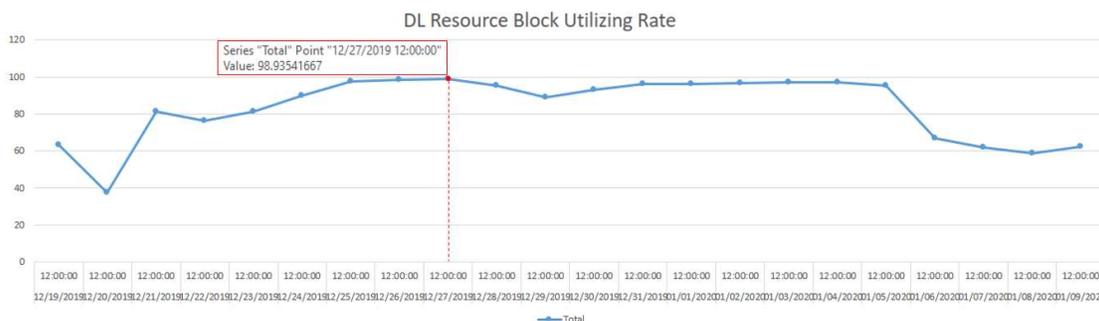
Gambar 6. Map Lokasi Existing Site

Tabel 2. Data Lokasi Existing Site

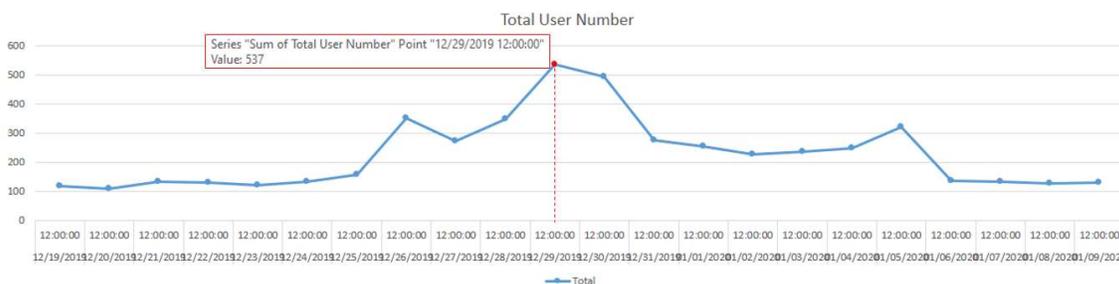
<i>Existing site</i>			
<i>Site id</i>	<i>Site name</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
247227	Pasirwangi	107,60423	-6,82378
242102	Kampunggajah	107,59487	-6,83153
242172	Cihideunggudang	107,60050	-6,83731
242191	Jlpasirseret	107,59657	-6,82592
242161	Kpbatureog	107,60998	-6,82487
242095	Gudangkahuripan	107,60921	-6,83105

2.5 Identifikasi Data Operating Support System (OSS)

Berdasarkan data OSS diperoleh persentase *Physical Resource Block* (PRB) tertinggi pada periode pengamatan 19 Desember 2019 sampai 09 Januari 2020 adalah sebesar 98,3%, sedangkan jumlah *user* tertinggi pada periode pengamatan yang sama yaitu sebesar 537 *user*. Gambar 7 dan 8 merupakan grafik PRB dan *total number of user*.



Gambar 7. PRB Sektor 2 Site Pasirwangi



Gambar 8. Number of User Sektor 2 Site Pasirwangi

Terjadi *over capacity* pada sektor tersebut karena persentase PRB adalah 98,9% dan termasuk dalam kategori *critical*. Pada kondisi ini meskipun banyak *user* masih bisa dilayani, namun *throughput per user* akan mengalami penurunan sehingga dapat mempengaruhi persepsi *user* terhadap *user experience* yang ditawarkan operator seluler.

2.6 Coverage Planning

Coverage planning pada dasarnya bertujuan untuk mendapatkan jumlah *site* berdasarkan luas daerah dan luas *site* (Putri, 2019) (Usman, 2012). Tabel 3 adalah parameter masukan yang digunakan pada perhitungan.

Tabel 3. Parameter Masukan

<i>Input</i>	<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>
<i>Data Type Channel</i>	<i>Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)</i>	<i>Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)</i>
<i>Duplex mode</i>	TDD	
<i>Frequency</i>	1800 MHz	
<i>System Bandwidth (MHz)</i>	10	
<i>Tx Power DL (dBm)</i>	37	
<i>Tx Power UL (dBm)</i>	23	
<i>Antenna Heigh (m)</i>	10	
<i>MIMO Scheme</i>	2x2	

Pada pendekatan ini dilakukan tiga perhitungan antara lain *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL) menggunakan model propagasi COST-231, radius sel, dan *cell coverage* (Putri, 2019). Perhitungan MAPL menggunakan Persamaan (1).

$$MAPL = 46,3 + 33,9 (\text{Log } f) - 13,82 \text{Log } h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \text{Log } h_b) \text{Log } d - C_m a(h_m) \quad (1)$$

Faktor koreksi antenna *mobile station* untuk area Urban adalah seperti pada Persamaan (2).

$$a(h_m) = (1,1 \text{Log } f - 0,7) h_m - (1,56 \text{Log } f - 0,8) \quad (2)$$

Keterangan:

f = frekuensi (MHz)

h_b = tinggi antenna eNodeB (m)

h_m = tinggi antenna MS (m)

$a(h_m)$ = faktor koreksi antenna *mobile station* (m)

C_m = faktor jenis-jenis daerah

C_m untuk kota besar = 3

C_m untuk kota medium = 0

C_m untuk area sub urban = $-2(\log f)^2 - 5,4$

C_m untuk area rural = $-4,8(\log f)^2 + 18,3 \log f - 40,4$

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan radius sel menggunakan Persamaan (3) dan (4).

$$P_L = 46,33 + 33,9 \text{Log}(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log d \quad (3)$$

Keterangan:

P_L = Pathloss (dB)

h_b = tinggi eNode B (m)

$a(h_m)$ = faktor koreksi antenna UE

d = radius (km)

$$a(h_m)_{urban} = (1,1 \log f - 0,7) h_m - (1,56 \log f - 0,8) \quad (4)$$

Keterangan:

- P_L = *Pathloss* (dB)
- f = frekuensi (MHz)
- h_b = tinggi eNode B (m)
- h_m = tinggi UE (m)
- d = radius (km)
- $a(h_m)$ urban = faktor koreksi antena UE untuk area urban

Setelah mendapatkan radius sel, selanjutnya dilakukan perhitungan *cell coverage* untuk sektorisasi *trisectoral* menggunakan Persamaan (5).

$$\text{Luas cakupan sel} = 1,95 \times d^2 \quad (5)$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Coverage Planning

Parameter	Variabel	Unit	Nilai	
			<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>
Frekuensi	f	MHz	1800	
Tinggi antena BS	h_b	m	10	
Tinggi antena MS	h_m	m	1,5	
MAPL	PL	dBm	131,637	168,609
Faktor koreksi daya	C_m	dB	0	0
Radius sel	d	km	0,51	0,427
Luas <i>coverage</i> sel	<i>Cell coverage</i>	km ²	0,681	0,473
Jumlah <i>site</i>	<i>Number of Site</i>	Site	0,74	1,07

Pada Tabel 4 diketahui bahwa luas *coverage* sel untuk frekuensi 1800 MHz adalah 0,681 km² untuk *downlink* dan 0,473 km² untuk *uplink*. Jumlah *site* adalah 1 *site* untuk *uplink* dan 2 *site* untuk *downlink* (karena dilakukan pembulatan ke atas sesuai kaidah *planning*).

2.7 Capacity Planning

Perhitungan berdasarkan pendekatan *capacity planning* ini dilakukan untuk memperoleh jumlah *site* yang dapat menggunakan CA berdasarkan jumlah *user* yang berada di wilayah perencanaan (Putri, 2019) (Usman, 2012). Perhitungan *forecasting number of users* dilakukan dengan menggunakan Persamaan (6).

$$\text{Future population} = P_0[(1 + GF)]^n \quad (6)$$

P_0 = *Current population* ; GF = *Grow factor* ; N = *Number of forecasting years*

Untuk mengetahui nilai *Single User Throughput (SUT)* dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan (7).

$$\left(\frac{[\sum(\text{Throughput}/\text{Session}) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration Ratio} \times (1 + \text{Peak to average ratio})]}{3600} \right) \quad (7)$$

BHSA (h) = *Busy Hour Service Attempt* ; *Penetration ratio* = *How good services can affect costumers*

Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan trafik pada jaringan atau *network throughput* menggunakan Persamaan (8) dan (9).

$$\text{Network Throughput (Uplink)} = \text{Total user} \times \text{SUTuplink} \quad (8)$$

$$\text{Network Throughput (Downlink)} = \text{Total user} \times \text{SUTdownlink} \quad (9)$$

Untuk memperoleh nilai *site capacity* menggunakan Persamaan (10) dan (11).

$$\text{Site Capacity (Downlink)} = \text{Cell average throughput downlink} \times 3 \quad (10)$$

$$\text{Site Capacity (Uplink)} = \text{Cell average throughput uplink} \times 3 \quad (11)$$

Pada saat perencanaan, banyaknya jumlah *site* yang dibutuhkan pada suatu daerah perencanaan harus diketahui. Jumlah *site* diperoleh dengan menggunakan Persamaan (12).

$$\text{Number of Site} = (\text{Network Throughput}) / (\text{Site Capacity}) \quad (12)$$

Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan berdasarkan pendekatan *Capacity Planning*.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Capacity Planning*

Parameter	Unit	Nilai	
		Uplink	Downlink
Perkiraan jumlah <i>user</i>	Jiwa	305	
<i>Single user throughput</i>	Kbps	98,718	372,706
<i>Network throughput</i>	Mbps	30,149	113,828
<i>Cell capacity</i>	Mbps	44,12445	36,77037
<i>Site capacity</i>	Mbps	132,373	110,311
<i>Number of site</i>	-	1	2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Peletakan *Small Cell*

Proses peletakan *site small cell* ini dilakukan sebelum melakukan perencanaan salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah memperkirakan di mana lokasi yang memungkinkan untuk dilakukan pemasangan antena tanpa harus membangun *tower* pemancar baru.

Transmitter	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)	Mechanical Down tilt (°)	Number of Transmission Antenna Ports	Number of Reception Antenna Ports	Transmitter Equipment	TMA Equipment	Transmission Feeder Length (m)	Reception Feeder Length (m)
CIHIDEUNGUDANG_1	ADU451816v01_1	28	60	0.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	34	34
CIHIDEUNGUDANG_2	ADU451816v01_4	28	170	0.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	34	34
CIHIDEUNGUDANG_3	ADU451816v01_3	28	290	0.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	34	34
GUDANGKAHURIPAN_1	HBX-6516DS-VTM	29	30	0.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	43	43
GUDANGKAHURIPAN_2	HBX-6516DS-VTM	29	200	2.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	43	43
GUDANGKAHURIPAN_3	HBX-6516DS-VTM	29	300	2.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	43	43
JLPASIRSERET_1	APE4516R1v06	41	10	3.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	46	46
JLPASIRSERET_2	APE4516R1v06	41	170	4.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	46	46
JLPASIRSERET_3	APE4516R1v06	41	280	2.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	46	46
KAMPUNGGAJAH_1	Netop S-Wave U/U-65-21DV	29	20	2.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	35	35
KAMPUNGGAJAH_2	Netop S-Wave U/U-65-21DV	29	120	2.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	35	35
KAMPUNGGAJAH_3	Netop S-Wave U/U-65-21DV	29	270	2.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	35	35
KPBATUREOG_1	APE4516R1v06	38	20	1.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	43	43
KPBATUREOG_2	APE4516R1v06	38	130	5.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	43	43
KPBATUREOG_3	APE4516R1v06	38	315	3.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	43	43
PASIRWANGI_1	AQU4518R21v06	38	0	4.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	75	75
PASIRWANGI_2	AQU4518R21v06	38	170	4.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	75	75
PASIRWANGI_3	AQU4518R21v06	38	270	4.2	2	2	Default eNode-B Equipme	Default TMA Equipme	75	75

Gambar 9. Titik Koordinat Peletakan *Small Cell* (by Atoll)

Penentuan titik koordinat *micro cell* dilakukan dengan memodelkan peletakan *site small cell* menggunakan metode *physical tuning* dan *Automatic Cell Planning* (ACP) untuk mengetahui perbandingan kondisi yang sesuai dengan perencanaan di wilayah tersebut. Gambar 9 menunjukkan titik koordinat peletakan *small cell*. Tipe antenna yang digunakan yaitu antenna *easy macro AAU3940*. Gambar 10 menunjukkan letak pemasangan antenna *micro cell* yang telah dirancang.



Gambar 10. Letak Pemasangan Antena *Micro Cell*

3.2 Skenario Simulasi

Setelah dilakukan proses perencanaan dan peletakan *micro cell*, selanjutnya adalah proses konfigurasi *inter-band carrier aggregation* dengan skema *Carrier Aggregation Deployment Scenario 4* (CADS4). Simulasi dilakukan dengan tujuan meningkatkan performansi jaringan yaitu peningkatan kapasitas dan *throughput*. Simulasi perencanaan *inter-band carrier aggregation* pada *heterogen network* dengan konfigurasi *macro cell* sebagai *Primary Cell* (PCell) di *band-1* 2100 MHz dengan *bandwidth* 15 MHz dan *micro cell* sebagai *Secondary Cell* (SCell) di *band-3* 1800 MHz dengan *bandwidth* 10 MHz. Hasil dari skenario ini dibandingkan dengan parameter RF jaringan LTE dari hasil simulasi sebelum perencanaan (*non carrier aggregation*) dan setelah perencanaan dilakukan (*carrier aggregation*).

Dalam melakukan simulasi parameter RSRP dan SINR akan dibatasi pada dua area kalkulasi yaitu *computation zone* dan *focus zone*. Sedangkan untuk parameter *throughput* dan *user connected* dibagi menjadi dua skenario yaitu:

1. Dilakukan simulasi *initial* dan *final* dalam kondisi *full traffic* untuk mengetahui peningkatan kapasitas jaringan secara keseluruhan sekaligus membuktikan efek *capacity gain* akibat penggunaan fitur *carrier aggregation*.
2. Dilakukan simulasi *initial* dan *final* dalam kondisi *full traffic*, $\frac{1}{2}$ *traffic* dan $\frac{1}{4}$ *traffic* untuk membuktikan adanya *extended throughput* yang didapatkan *user* akibat penerapan fitur *carrier aggregation*.

3.3 Hasil Simulasi RSRP dan SINR

Pada Tabel 6 berikut ini ditunjukkan hasil simulasi *coverage* untuk *throughput* konfigurasi CA_40A-3A yang diterima oleh *user* pada area pengamatan.

Tabel 6. Perbandingan RSRP dan SINR

Parameter	Kategori	Nilai	Initial		Final	
			Comp zones	Focus zones	Comp zones	Focus zones
RSRP (dBm)	Sangat Baik	≥ -80	0%	0%	3%	3%
	Baik	$-90 \leq \text{RSRP} < -80$	0%	0%	33%	33%
	Cukup Baik	$-100 \leq \text{RSRP} < -90$	66,54%	66,54%	52,95%	52,95%
	Cukup Buruk	$-110 \leq \text{RSRP} < -100$	7,06%	7,06%	5,82%	5,82%
	Buruk	< -110	26,40%	26,40%	4,72%	4,72%
	Rata-Rata RSRP (dBm)			-96,41	-103,63	-95,21
SINR (dB)	Sangat Baik	≥ 25	27,11%	27,11%	21,42%	21,42%
	Baik	$15 \leq \text{SINR} < 25$	38,00%	38,00%	32,64%	32,64%
	Cukup Baik	$10 \leq \text{SINR} < 15$	10,45%	10,45%	19,92%	19,92%
	Cukup Buruk	$5 \leq \text{SINR} < 10$	4,91%	4,91%	12,59%	12,59%
	Buruk	< 5	19,53%	19,53%	13,43%	13,43%
	Rata-Rata SINR (dB)			19,75	16,49	19,26

Berdasarkan hasil simulasi *RSRP initial*, pada *focus zone* diperoleh hasil 26,40% cakupan berada pada rentang < -110 dBm (buruk), 7,06% cakupan berada pada rentang ≥ -110 hingga -100 dBm (cukup buruk), 66,54% cakupan berada pada rentang ≥ -100 hingga -90 dBm (cukup baik), 0% wilayah cakupan terletak pada rentang ≥ -90 hingga -80 dBm (baik) dan sebesar 0% wilayah cakupan berada pada rentang ≥ -80 dBm (sangat baik). Nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil simulasi prediksi RSRP pada jaringan heretogen *LTE-Advanced* tersebut adalah sebesar $-103,63$ dBm. Berdasarkan hasil simulasi *RSRP final*, pada *focus zone* diperoleh hasil 0,15% cakupan berada pada rentang < -110 dBm (buruk), 5,82% cakupan berada pada rentang ≥ -110 hingga -100 dBm (cukup buruk), 52,95% cakupan berada pada rentang ≥ -100 hingga -90 dBm (cukup baik), 33% wilayah cakupan terletak pada rentang ≥ -90 hingga -80 dBm (baik) dan sebesar 3% wilayah cakupan berada pada rentang ≥ -80 dBm (sangat baik). Nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil simulasi prediksi RSRP pada jaringan heretogen *LTE-Advanced* tersebut adalah sebesar $-92,65$ dBm. Berdasarkan hasil simulasi *SINR initial*, pada *focus zone* diperoleh hasil 19,53% cakupan berada pada rentang < 5 dB (buruk), 4,91% cakupan berada pada rentang ≥ 5 hingga 10 dB (cukup buruk), 10,45% cakupan berada pada rentang ≥ 10 hingga 15 dB (cukup baik), 38% wilayah cakupan terletak pada rentang ≥ 15 hingga 25 dB (baik) dan sebesar 27,11% wilayah cakupan berada pada rentang ≥ 25 dB (sangat baik). Nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil simulasi prediksi SINR pada jaringan heretogen *LTE-Advanced* tersebut adalah sebesar $16,49$ dB. Berdasarkan hasil simulasi *SINR final*, pada *focus zone* diperoleh hasil 13,43% cakupan berada pada rentang < 5 dB (buruk), 12,59% cakupan berada pada rentang ≥ 5 hingga 10 dB (cukup buruk), 19,92% cakupan berada pada rentang ≥ 10 hingga 15 dB (cukup baik), 32% wilayah cakupan terletak pada rentang ≥ 15 hingga 25 dB (baik) dan sebesar 21% wilayah cakupan berada pada rentang ≥ 25 dB (sangat baik). Nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil simulasi prediksi SINR pada jaringan heretogen *LTE-Advanced* tersebut adalah sebesar $16,55$ dB.

3.4 Hasil Simulasi Parameter *Throughput* dan *User Connected*

Pada tahap ini dilakukan simulasi sebelum dan setelah menerapkan skema CADS4. Proses simulasi dilakukan pada *boundary area focus zone* dengan menggunakan beberapa *service parameter* di antaranya *VoIP*, *Video Phone*, *Video Convergence*, *Real Time Gaming*, *Streaming Media*, *IMS Signalling*, *Web Browsing*, *File Transfer*, *Email* dan *P2P File Sharing*. Dari beberapa *service parameter* tersebut diambil satu layanan yang paling banyak penggunaannya berdasarkan akumulasi *throughput* layanan tersebut. Hasil dari layanan tersebut kemudian dijadikan *load conditions* pada *software Atoll* untuk mengetahui prediksi *actual throughput* yang diperoleh *user*. Pada Tabel 7 ditunjukkan perbandingan nilai *throughput* dan *user connected* sebelum dan setelah menerapkan CADS4 dimana kedua simulasi tersebut menggunakan konfigurasi kondisi *full traffic*.

Tabel 7. Perbandingan *Throughput* dan *User Connected*

Parameter	Initial			Final		Unit
	Value	Unit	Value	Value	Value	
Total User	306	100%	291			100%
User Connected	217	70%	283			97%
User Rejected	89	29,10%	8			2,70%
Throughput Demand (Mbps)	UL 159,29	DL 15,48	Mbps	UL 159,78	DL 15, 2	Mbps
Effective hroughput (Mbps)	UL 23,01	DL 7,94	Mbps	UL 104,74	DL 12,64	Mbps
Top Service	streaming media		-	streaming media		-
Service throughput (Mbps)	UL 23	DL 1,87	Mbps	DL 74	UL 6,02	Mbps
User on Service	23		User	74		User
Actual throughput per User	1,3		Mbps	1,06		Mbps

Persentase *user connected* sebelum perencanaan adalah sebesar 70% dari 306 *user*, sedangkan setelah perencanaan adalah sebesar 97% dari 291 *user*. Hal ini menunjukkan konektivitas *user* yang dihasilkan dari simulasi *LTE - Advanced* telah memenuhi target yang ingin dicapai. Pada hasil simulasi sebelum perencanaan, *user* yang memperoleh *service streaming media* dengan rata-rata *throughput* sebesar 1,3 Mbps dengan 23 *user* saja. Sedangkan pada hasil simulasi setelah perencanaan, *user* yang memperoleh rata-rata *throughput* sebesar 1,06 Mbps sebanyak 74 *user*. Hal ini menunjukkan peningkatan kapasitas sebesar tiga kali lipat dibandingkan sebelum perencanaan.

3.5 Hasil Simulasi Parameter *Throughput Full Traffic*, *Half Traffic* dan $\frac{1}{4}$ *Traffic*

Pada tahap ini dilakukan kalkulasi simulasi berdasarkan tiga kondisi yang berbeda yaitu konfigurasi dengan kondisi ketika trafik penuh (*full traffic*), 50% trafik (*half traffic*) dan 25% trafik ($\frac{1}{4}$ *traffic*). Simulasi dilakukan di *focus zone area* dengan *service* yang digunakan sebagai perbandingan yaitu *Streaming Media*. Proses simulasi ini dilakukan untuk membuktikan konsep *capacity gain* sesuai dengan grafik pada Gambar 2 yang menunjukkan penurunan *throughput per user* seiring bertambahnya kapasitas trafik begitu pula sebaliknya. Perbandingan hasil simulasi berdasarkan kondisi trafik ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan *Throughput Full Traffic, Half Traffic* dan $\frac{1}{4}$ *Traffic*

		<i>INITIAL</i>			<i>FINAL</i>		
		<i>value</i>		<i>unit</i>	<i>value</i>		<i>unit</i>
<i>Full traffic</i>	<i>Service Throughput (Mbps)</i>	DL 23	UL 1,87	Mbps	DL 74	UL 6,02	Mbps
	<i>User on Service</i>	23		User	74		User
	<i>Actual Throughput per User</i>	1,3		Mbps	1,6		Mbps
<i>Half traffic</i>	<i>Service Throughput (Mbps)</i>	DL 30	UL 2,44	Mbps	DL 77,54	UL 4,15	Mbps
	<i>User on Service</i>	30		User	51		User
	<i>Actual Throughput per User</i>	1,2		Mbps	1,5		Mbps
$\frac{1}{4}$ traffic	<i>Service Throughput (Mbps)</i>	DL 35	UL 2,85	Mbps	DL 69,42	UL 2,77	Mbps
	<i>User on Service</i>	35		User	34		User
	<i>Actual Throughput per User</i>	1,57		Mbps	2,03		Mbps

Semakin rendah kepadatan trafik, *throughput* per-*user* yang didapatkan semakin meningkat di mana peningkatan *throughput* pada simulasi setelah perencanaan jaringan *LTE - Advanced* tampak lebih konsisten dengan jumlah *user* yang dilayani lebih banyak dibandingkan sebelum perencanaan. Pada konfigurasi kondisi $\frac{1}{4}$ *traffic* atau 25% dari *full traffic*, jumlah *user* yang dilayani kurang lebih sama akan tetapi *throughput* yang didapatkan pada simulasi setelah perencanaan jaringan *LTE - Advanced* sedikit lebih tinggi dari pada sebelum perencanaan. Hal ini kemungkinan terjadi akibat adanya *extended throughput* yang disebabkan *dual-connectivity* yang diperoleh UE dari sel *macro* dan *micro*.

4. KESIMPULAN

Pada area *focus zone*, sebelum menggunakan skema CAD54 nilai RSRP dengan kategori *good coverage* adalah 66,54%, dengan rata-rata sebesar -103,3 dBm. Sedangkan setelah menggunakan skema CAD54, nilai RSRP dengan kategori *good coverage* sebesar 89% dengan nilai rata-rata RSRP sebesar -92 dBm. Sebelum menggunakan skema CAD54 nilai SINR dengan kategori *good quality* adalah 75,55%, dengan rata-rata sebesar 16,49 dB. Sedangkan setelah menggunakan skema CAD54, nilai SINR dengan kategori *good quality* sebesar 73,98% dengan nilai rata-rata SINR sebesar 16,55 dB. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kualitas jaringan setelah perencanaan di objek wisata Great Asia Afrika (GAA) telah memenuhi standar *provider* yaitu rata-rata RSRP > -95 dBm dan SINR >10 dB. Berdasarkan hasil simulasi sebelum perencanaan diperoleh persentase *user connected* hanya sebesar 70% dari 306 *user* sedangkan setelah perencanaan sebesar 97% dari 291 *user*. Hal ini menunjukkan konektivitas *user* yang dihasilkan dari simulasi *LTE - Advanced* telah memenuhi standar *provider*. Pada hasil simulasi sebelum perencanaan, *user* yang memperoleh *service streaming media* dengan rata-rata *throughput* sebesar 1,3 Mbps dengan 23 *user*. Sedangkan pada hasil simulasi setelah perencanaan, *user* yang memperoleh rata-rata *throughput* sebesar 1,06 Mbps sebanyak 74 *user*. Hal ini menunjukkan peningkatan kapasitas sebesar tiga kali lipat dibandingkan sebelum perencanaan.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustina, A. (2019). Telkomsel Jabar jamin jaringan sinyal tak “lelet” saat tahun baruan. Retrieved from Merdeka.com website: <https://m.merdeka.com/bandung/halo-bandung/telkomsel-jabar-jamin-jaringan-sinyal-tak-akan-lelet-saat-akhir-161225g.html>
- Diansyah, D. (2019). Analisis Perencanaan Jaringan LTE Advanced Menggunakan Metode Tri – Band Carrier Aggregation di Soreang Kabupaten Bandung. *Telkom University*.
- Faz. (2019). Telkomsel: Layanan Streaming Bakal Meningkatkan Saat Natal dan Tahun Baru. Retrieved from Merdeka.com website: <https://www.merdeka.com/teknologi/telkomsel-layanan-streaming-bakal-meningkat-saat-natal-dan-tahun-baru.html>
- Geraldine, D. (2019). Perencanaan Jaringan LTE- Advanced Menggunakan Metode Inter-Band Carrier Aggregation Di Kota Karawang. *Telkom University*.
- Grande, D. (2013). *Performance Analysis of QoS in LTE - Advanced Heterogeneous Networks*.
- Joud, D. (2013). *Pico Cell Range Expansion toward LTE-Advanced Wireless Heterogeneous Networks*.
- Kusuma, Fadli, D. (2019). Analisis Penerapan Metode Inter Band Carrier Aggregation Pada Jaringan LTE-Advanced Untuk Meningkatkan Capacity User Di Daerah Bandung Tengah. *Telkom University*.
- Mubarok, A. (2019). Analisis Dampak Inter-Band Carrier Aggregation pada Perencanaan Jaringan LTE-Advanced. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(2).
- Putra, D. (2017). *4G LTE Advanced for Beginner & Consultant*. Bandung: Prandia Self Publishing.
- Putri, H. (2019). *Pengukuran dan Perencanaan Sistem Komunikasi Seluler*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Putri, H. (2021). Optimalisasi Penggunaan Frekuensi dan Peningkatan Throughput pada Jaringan LTE-A menggunakan Metode CADS2. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(1).
- Q. Technologie. (2016). *Delivering on the LTE Advanced promise*.
- Usman, U. (2012). *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Rekayasa Edition.
- Wang, H., Rosa, C., & I. P. (2013). Dedicated Carrier Deployment in Heterogeneous Networks with Inter-site Carrier Aggregation. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/WCNC.2013.6554658>
- Wardhana, L. (2014). *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. nulisbuku.com.