

PERANCANGAN JARINGAN LTE – *ADVANCED* MENGGUNAKAN METODE *CARRIER AGGREGATION INTER BAND NON – CONTIGUOUS* DI KABUPATEN KAMPAR

Danny Wijaya^[1], Linna Oktaviana Sari^[2]

^[1]Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika S1, ^[2]Dosen Teknik Informatika
Laboratorium Teknik Elektro Universitas Riau
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Email: danny.wijaya@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Long Term Evolution Advanced (LTE-A) is a network technology that allows LTE networks to run on two different frequencies. This network speed of LTE – A can reach up to 1 Gbps. In Indonesia there are limitations of network frequency allocation. So, network design options are made by combining frequency and bandwidth on the network. The purpose of this study is to design an LTE-Advanced network with the Carrier Aggregation (CA) method. CA is a method that can combine two or more components of a carrier with maximum bandwidth of 20 MHz. In Kampar Regency itself there is no implementation of the LTE-Advanced network. In this research the design of the LTE-A network uses the interband-non-contiguous CA method. After getting the results, a network comparison is made between using CA or without the CA method based on planning by coverage and planning by capacity. The frequency bands used are 900 MHz and 1800 MHz with a total bandwidth of 15 MHz. Parameter test results show that. Coverage by signal level in non-CA method at 900 MHz frequency 5 MHz bandwidth has a value of 99.83% on signal level ≥ 80 dBm, while at 1800 MHz frequency 10 MHz bandwidth has a value of 99,85% at the signal ≥ 80 level dBm. On the other side Coverage by signal level on CA frequency 900 & 1800 MHz with a total bandwidth of 15 MHz is superior at 99.97% with a signal value of ≥ 80 dBm. So that it can be concluded that the design with CA techniques has superior value compared to Non-CA.

Keywords: Advanced LTE, carrier aggregation, planning by coverage, planning by capacity, bandwidth, signal level.

1. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi seluler mengalami perkembangan yang sangat cepat, mulai dari teknologi 1G yang mulai dipergunakan pada tahun 1985, sampai dengan sekarang teknologi komunikasi seluler sudah menginjak pada generasi keempat (4G). Pada teknologi 1G sampai dengan teknologi 2G pengguna hanya dapat menggunakan teknologi seluler sebatas komunikasi suara saja. Kebutuhan perangkat telekomunikasi dewasa ini tidak hanya untuk komunikasi suara, tetapi sudah merupakan tuntutan untuk komunikasi data, gambar dan video membentuk komunikasi multimedia. Teknologi dari layanan broadband sendiri terus berkembang, dimulai dari generasi pertama atau biasa disebut dengan istilah 1G,

dimana pada generasi ini memiliki standar teknologi Nordic Mobile Telephone (NMT) yang digunakan berbasis analog, kemudian masuk ke generasi 2G teknologi sudah berbasis digital dilanjutkan ke generasi 2.5G dengan peningkatan dalam kapasitas Bandwidth dari generasi sebelumnya sampai pada tahun 2000 an perkembangan teknologi telekomunikasi di dunia tersebut telah mencapai generasi 4G.

Teknologi Komunikasi 4G LTE hadir sebagai solusi atas kebutuhan akan komunikasi data yang semakin meningkat. Teknologi 4G LTE memiliki standar standar yang ditetapkan oleh 3gpp pada release 8. Standar tersebut meliputi: kecepatan maksimal data downlink yang mencapai 100 Mbps saat pengguna bergerak cepat dan 1 Gbps saat diam.

Pada release 8 ini juga waktu tunda sistem berkurang hingga mencapai 10 ms. Efisiensi spektrum pada LTE juga meningkat dua kali lipat dari teknologi 3,5G. Teknologi LTE pada release 8 ini menggunakan sistem packet switch (all-ip). Teknologi jaringan 4G LTE release 8 ini bekerja pada rentang bandwidth yang fleksibel dan yang terakhir teknologi 4G LTE pada release 8 ini dapat bekerja sama (inter-working) dengan sistem 3gpp maupun sistem non-3gpp yang sudah ada (Wardhana, 2014). 3gpp terus mengembangkan studi tentang 4G LTE untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh IMT Advanced, hingga akhirnya 3gpp mengeluarkan LTE release 10 yang disebut juga LTE-Advanced (LTE-A).

LTE-Advanced adalah teknologi 3GPP release 10 yang berbeda dengan LTE pada 3GPP release 8, dimana LTE-Advanced memaksimalkan penggunaabandwidth melalui Carrier Aggregation (CA). Metode carrier aggregation merupakan teknik penggunaan dua buah frekuensi carrier atau lebih yang secara teori dapat meningkatkan data rate maksimal hingga 3 Gbps untuk downlink dan 1 Gbps untuk uplink atau lima kali lebih cepat dari LTE pada umumnya yang hanya mencapai 300 Mbps untuk downlink dan 75 Mbps untuk uplink.

Perencanaan jaringan LTE-Advanced di kabupaten Kampar dilakukan karena belum adanya penerapan teknologi LTE-Advanced di Kabupaten Kampar dan juga memberikan layanan komunikasi dengan kualitas yang baik sehingga memudahkan masyarakat untuk mendapatkan informasi yang menunjang kebutuhan dalam memajukan objek wisata. Kabupaten Kampar juga akan meningkatkan sistem pemerintahannya berbasis internet seperti sensus penduduk *online*, pengurusan KTP *online* dan KK *online*, jadi kabupaten Kampar memiliki potensi yang bagus untuk kedepannya dengan meningkatkan kualitas jaringan disana. Perancangan jaringan dilakukan simulasi menggunakan *software radio planning atoll*. *Atoll* adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mendesain sebuah jaringan telekomunikasi.

Berdasarkan hal tersebut, penulis akan melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Jaringan LTE-Advanced Menggunakan Metode

Carrier Aggregation Inter Band Non-Contiguous di Kabupaten Kampar”.

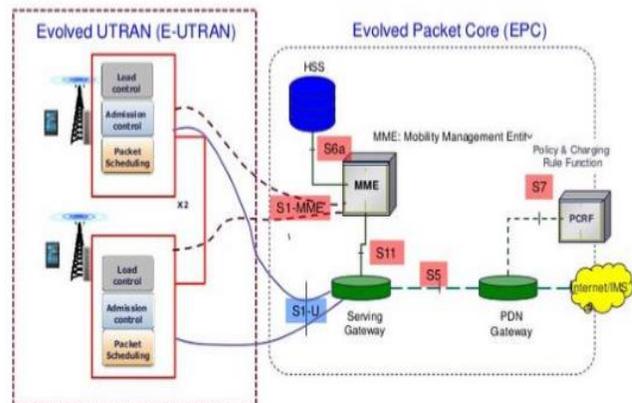
2. LANDASAN TEORI

2.1. Long Term Evolution

Long Term Evolution (LTE) merupakan standar telekomunikasi seluler *release 8* berkecepatan tinggi untuk ponsel dan terminal data. Yang dikembangkan oleh *The 3rd Generation Partnership Project* (3GPP) pada tahun 2008. Yang merupakan pengembangan dari teknologi seluler sebelumnya yaitu UMTS (3G) dan HSDPA (3,5G). Yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan pada jaringan seluler sehingga menghasilkan jaringan *mobile broadband* yang lebih handal.

2.2. Arsitektur Sistem Jaringan Long Term Evolution

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (System Architecture Evolution) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (Evolved Packet System). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (User Equipment), E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network), dan EPC (Evolved Packet Core). Berikut adalah gambar arsitektur LTE (Dahlman, 2011):



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan LTE (Stafania dkk, 2011)

2.3. LTE - *Advanced*

Pada Versi pertama LTE adalah release 8 yang dikeluarkan oleh standar 3GPP. LTE release 8 mampu memberikan kualitas yang lebih baik dibandingkan teknologi sebelumnya HSPA+ khususnya dalam optimasi protocol stack, dan juga penggunaan teknik multiple acces OFDMA yang mampu memanfaatkan spektrum frekuensi 5 MHz. LTE juga mampu diimplementasikan untuk teknik akses TDD dan FDD. LTE terus mengalami perkembangan yaitu release 9 yang selesai pada akhir tahun 2009, mendukung kemampuan Multi Broadcast Multi-Cast Service (MBMS), layanan positioning, dan peningkatan pada fungsi panggilan darurat, serta perangkat tambahan untuk kemampuan dual-layer beamforming pada arah downlink. Kemudian teknologi LTE terus berlanjut sampai di tahun 2011 muncul versi ketiga dari LTE yaitu release 10 dengan nama LTE-Advanced.

Tabel 2.1 Perbandingan LTE dan LTE-Advanced

System Performance		LTE	LTE Advanced
Peak Data Rate	Downlink	300 Mbps @20MHz	3 Gbps @100MHz
	uplink	75 Mbps @20MHz	1,5 Gbps @100MHz
Operating band		700 ; 850 ; 900 ; 1800 ; 2100 ; 2300 ; 2600 MHz	
Modulation		QPSK , 16QAM and 64QAM	
Channel bandwidth		1,4 ; 3 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 MHz	Continuous spectrum @>20MHz, spectral convergence.Up to 100 MHz
Multiple access		OFDMA (DL) ; SC-FDMA(UL)	
Duplex mode		FDD and TDD	
Control-plane delay	Idle to connect	<100ms	<50ms
	Dormant to active	<50ms	<9,5ms
User-plan delay		<20ms	<9,1ms
Mobility		≤350km/h	≤350km/h, ≤500 km/h @freq band

Beberapa kelebihan yang ditambahkan pada fitur LTE-Advanced adalah (Erik dkk, 2014):

1. Penggunaan *bandwith* yang lebar yang memungkinkan pemakaian *carrier aggregation*
2. Peningkatan efisiensi disebabkan oleh peningkatan *multiple access* pada sisi *uplink* dan peningkatan *antenna* transmisi.
3. *Peak data rates* ditingkatkan menjadi 3 Gbps (*downlink*) dan 1,5 Gbps (*uplink*).

LTE *release 8* dapat beroperasi pada *band* frekuensi (Erik dkk, 2014):

1. 450-470 MHz
2. 698-862 MHz
3. 790-862 MHz
4. 2,3-2,4 GHz
5. 3,4-4,2 GHz
6. 4,4-4,99 GHz

Band frekuensi diatas juga termasuk dapat bekerja pada 3GPP *release 9* dan *release 10*. LTE-Advanced didesain beroperasi pada alokasi spektrum yang memiliki beda ukuran *band* termasuk pada alokasi *bandwith* yang lebih besar dari 20 MHz demi mencapai performa yang tinggi dan *peak* data yang besar. Demi mencapai target terselenggaranya 4G LTE-Advanced ini maka beberapa metode ini dapat dilakukan agar layanan ini dapat dirancang yaitu: peningkatan akses pada sisi *uplink*, meningkatkan jumlah antena transmisi dan dengan metode *carrier aggregation*.

2.4 *Carrier Aggregation (CA)*

Carrier agregation merupakan suatu teknik penggunaan dua atau lebih frekuensi *carrier* secara bersamaan baik pada *band* frekuensi yang sama maupun berbeda demi memperbesar penggunaan *bandwith* sehingga peningkatan kapasitas jaringan dapat diciptakan. *Carrier agregation* memiliki tiga fitur antara lain :

1. *Carrier aggregation intra-band contiguous*

Merupakan penggabungan dua buah *carrier* atau lebih dengan posisi bersebelahan yang berada dalam satu *band* frekuensi yang sama.

2. *Carrier aggregation intra-band non-contiguous*

Merupakan penggabungan dua buah *carrier* atau lebih yang posisinya diselingi oleh *carrier* lain, namun masih berada dalam satu *band* frekuensi yang sama.

3. *Carrier Aggregation inter-band non-contiguous*

Merupakan penggabungan dua buah *carrier* atau lebih yang berada pada *band* frekuensi yang berbeda.

2.5 Tahapan *Planning* Jaringan

Tahapan yang dilakukan sebelum merancang jaringan LTE terdapat beberapa hal yang harus dilakukan seperti mengetahui jaringan pada daerah tinjauan. Terdapat dua tahapan secara garis besar yaitu perencanaan berdasarkan kapasitas (*planning by capacity*) dan perencanaan berdasarkan luas area (*planning by coverage*). Beberapa aspek yang perlu di perhatikan dari kedua *planning* tersebut seperti daya pancar, *path loss*, *link budget*, luas sel, model propagasi dan lainnya. Langkah-langkah dalam teknik *planning by coverage* antara lain:

menghitung *link budget*, pemilihan *model* propagasi, menghitung luas sel, menghitung jumlah *site* yang dibutuhkan. (Wardhana, Lingga, dkk, 2014).

1) *Planning by capacity*

Planning by capacity merupakan tahap awal dalam perencanaan kapasitas yang bertujuan untuk menentukan cell radius dan mengestimasi jumlah eNodeB yang diperlukan. Menentukan cell radius pada perencanaan kapasitas adalah dengan mengetahui nilai luas sel terlebih dahulu.

2) *Planning by Coverage*

Planning by coverage merupakan sebuah teknik perencanaan untuk menghitung jumlah sel yang dibutuhkan untuk mencakup seluruh daerah perencanaan. langkah-langkah yang dilakukan pada *planning by coverage* sebagai berikut: perhitungan *link budget*, perhitungan luas sel, dan perhitungan *site*.

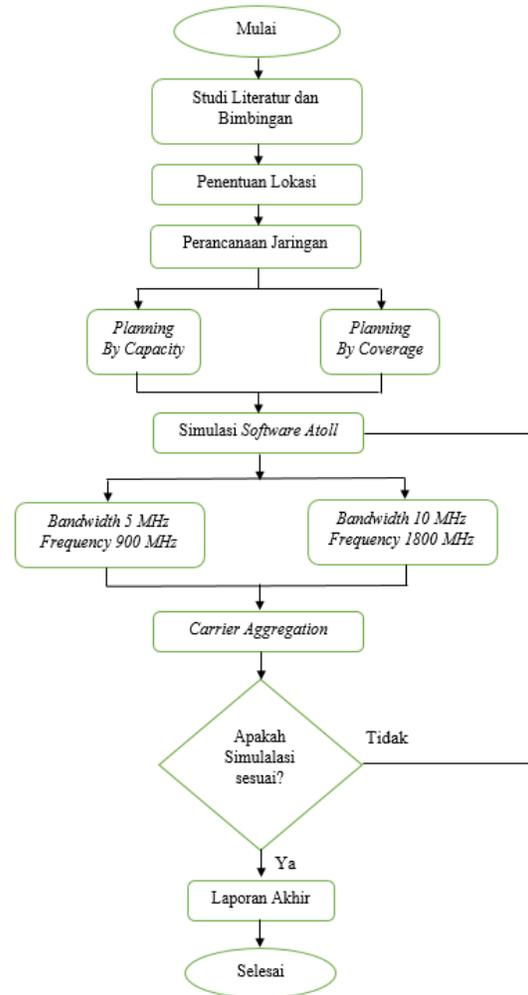
2.6 Software Radio Planning Atoll

Atoll merupakan sebuah *software* yang dikembangkan oleh *Forsk. Software* ini yang menyediakan satu *set* alat dan fitur yang komperhensif dan terpadu yang memungkinkan pengguna untuk membuat suatu proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan *radio* dalam satu aplikasi. *Atoll* menyediakan berbagai macam *project template* untuk memudahkan pengguna dalam membuat perencanaan jaringan, diantaranya GSM, CDMA, UMTS, Wi-Fi, dan LTE.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, maka perlu dilakukan beberapa tahap pengerjaan sebagai alur kerja. Gambar 3.1 merupakan alur kerja dalam pengerjaan skripsi ini



Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian

3.1. Perencanaan dan Penentuan Area Simulasi Jaringan

Secara astronomis, Kabupaten Kampar terletak antara 01°00'40" Lintang Utara sampai 0°27'00" Lintang Selatan dan 100°28'30" – 101°14'30" Bujur Timur dan dilalui oleh garis ekuator atau garis khatulistiwa yang terletak pada garis lintang 00.

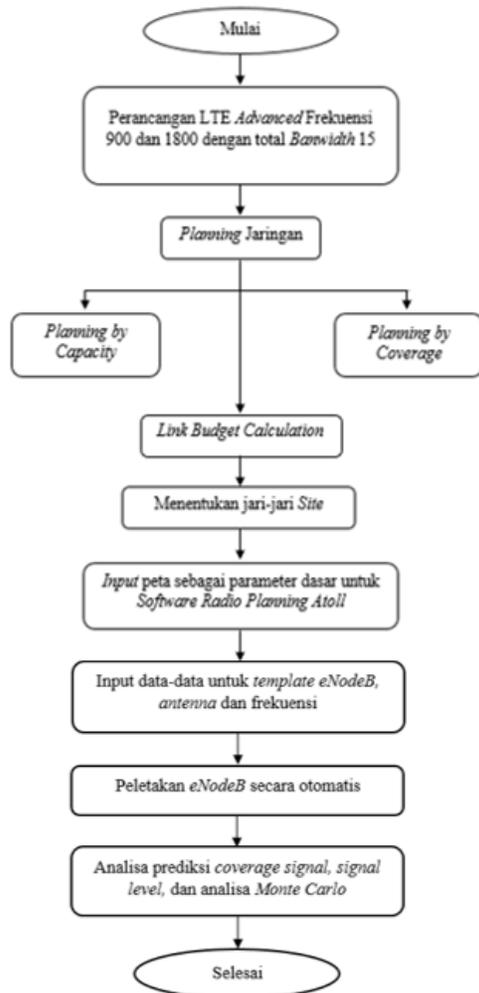
3.2. Perencanaan dan Menghitung *Planning* Jaringan

Pada tahapan pengerjaan skripsi ini menggunakan dua perencanaan antara lain yaitu dengan *planning by coverage* dan *planning by capacity* dengan parameter yang menentukan

kualitas suatu jaringan LTE. Metode yang digunakan adalah *carrier aggregation* dengan penggunaan frekuensi pada 900 MHz. Pada metode *carrier aggregation* ini digunakan konsep *carrier aggregation inter band-non-contiguous* dengan menggunakan *bandwidth* 5 MHz dan 10 MHz pada spektrum Frekuensi 900 dan 1800 MHz.

1) *Planning Jaringan*

Planning Jaringan merupakan penentuan jumlah *site* yang akan dibangun pada wilayah Kabupaten Kampar untuk menyediakan layanan seluler. *Planning Jaringan* terbagi menjadi dua yaitu *Planning by capacity* dan *planning by coverage*.



Gambar 3.2 *Flow Chart Planning Jaringan*

A) *Planning by Capacity*

Pada tiap Kecamatan yang ada pada wilayah Kabupaten Kampar masuk ke dalam kategori rural sehingga dilakukan menggunakan teknik *planning by capacity* dengan tahap-tahapan yang ada.

B) *Planning by Coverage*

Planning by coverage merupakan sebuah teknik perencanaan dalam menghitung jumlah sel yang dibutuhkan untuk mencakup seluruh daerah perencanaan. Langkah-langkah yang dilakukan pada *planning by coverage* sebagai berikut: perhitungan *link budget*, perhitungan luas sel.

Tabel 3.1 *Jari-jari site*

No	Frekuensi	Bandwidth	Jenis Propagasi	Jari-jari site (Km) (d)	Keterangan
1	900 Mhz	5 MHz	Okumura Hatta	0,33	Rural
2	900 Mhz	10 MHz	Okumura Hatta	0,39	Rural
3	1800 Mhz	5 MHz	Cost Hatta	0,20	Rural
4	1800 Mhz	10 MHz	Cost Hatta	0,17	Rural

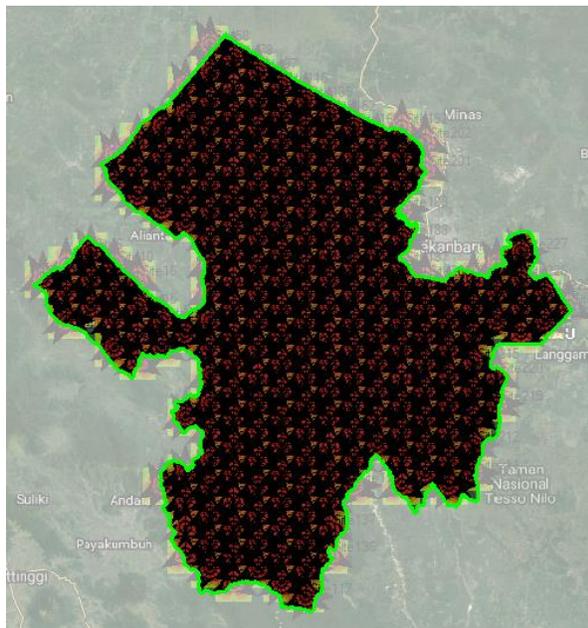
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Simulasi Software Atoll

Perhitungan *planning by capacity* dan *planning by coverage* akan di implementasikan di simulasi software Atoll. Adapun gambar peta dan posisi site pada software Atoll ditunjukkan oleh gambar 4.1 dan 4.2:



Gambar 4.1 Peta Kabupaten Kampar



Gambar 4.2 Posisi *site* pada map software Atoll

4.2. Simulasi *Coverage by signal level*

Pengukuran *signal level* pada skripsi ini digunakan fitur *predictions coverage by signal level (DL)* yang terdapat pada *software atoll*. Standar *signal level* yang digunakan untuk membandingkan nilai simulasi. Disini akan

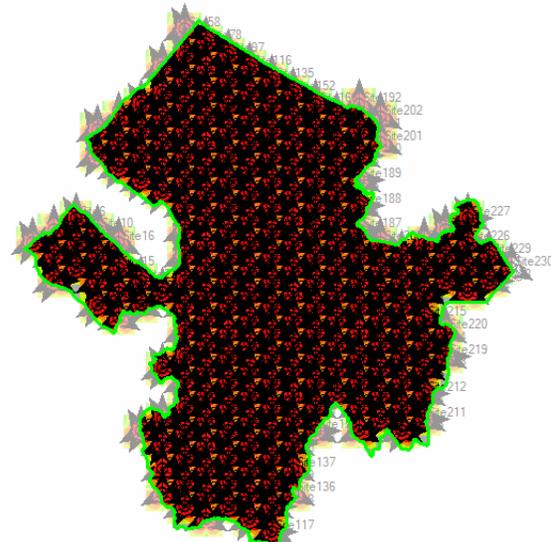
memberikan keluaran nilai *coverage* yang berbeda – beda. Keluaran ini akan menghasilkan warna tergantung dari nilai *signal level* yang dihasilkan. *Coverage* dengan warna biru tua disisi terluar area perencanaan adalah *signal level* dengan nilai diatas -105 dBm. Untuk warna biru dan biru muda adalah *signal level* bernilai -105 sampai -95 dBm. *Coverage* dengan warna hijau menunjukkan nilai *signal level* -95 sampai -80 dBm. Sementara *coverage* dengan warna kuning, jingga dan merah adalah nilai *signal level* dibawah -80 dBm. Untuk menentukan tingkat kualitas sinyal pada hasil simulasi, digunakan tabel acuan *signal level quality* yang ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 *Signal level quality* (Huawei, 2011)

<i>Signal Level</i> (dBm)	SL ≥ -105 dBm	-105 ≥ SL ≥ -95 Bm	-95 ≥ SL ≥ -80 dBm	SL ≤ -80 dBm
<i>Quality</i>	VERY BAD	BAD	GOOD	VERY GOOD

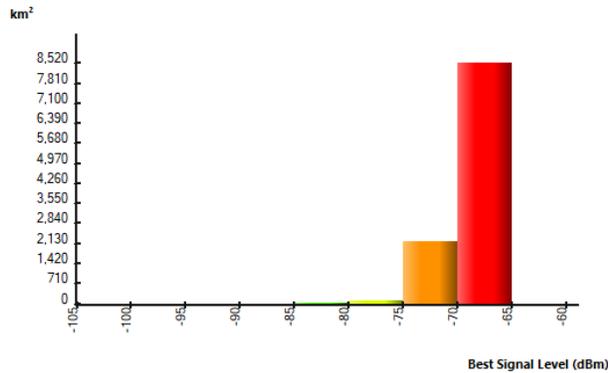
4.3. Simulasi *coverage by signal level carrier aggregation* kategori rural menggunakan peta SHP.

Gambar 4.3 menampilkan hasil simulasi *coverage by signal level carrier aggregation interband non-contiguous* pada 20 kecamatan di Kabupaten Kampar dengan frekuensi 900 dan 1800 MHz dengan total *bandwidth* 15 MHz.



Gambar 4.3 *Coverage by signal level CA* kategori rural menggunakan peta SHP

Gambar 4.4 dibawah ini menunjukkan histogram *coverage by signal level CA* kategori rural menggunakan peta SHP.

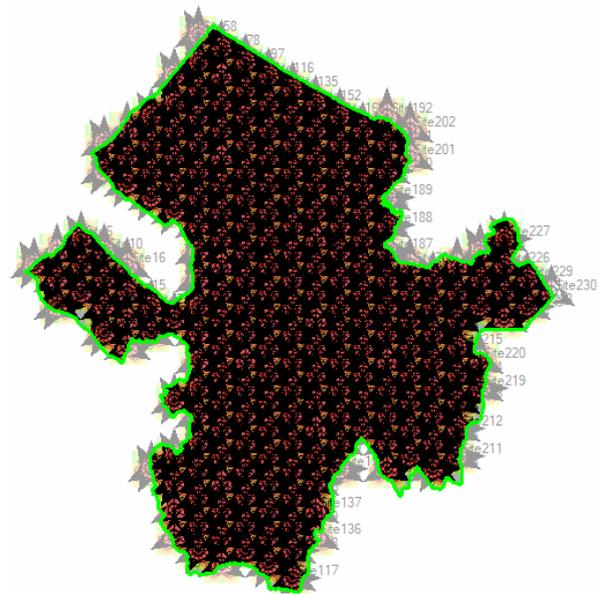


Gambar 4.4 Histogram *signal level CA* kategori rural menggunakan peta SHP

Berdasarkan hasil histogram, ditunjukkan bahwa nilai *signal level* ≤ -80 dBm mendominasi sebesar 99,97% yang artinya hampir menjangkau dengan sangat baik seluruh area perencanaan. Adapun daerah 0,03% daerah perencanaan mendapatkan *signal level* ≥ -80 dBm, hal ini bisa saja terjadi karena faktor kontur daerah perencanaan.

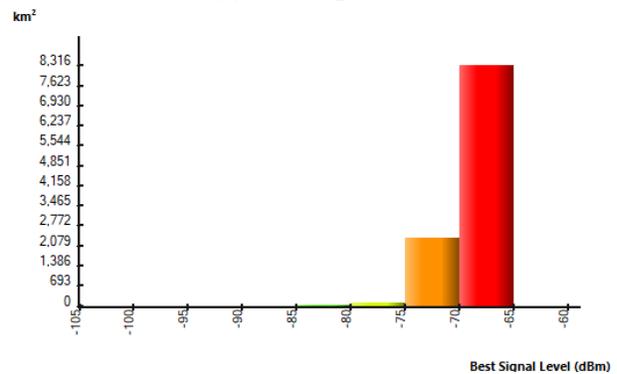
4.4. Simulasi *Coverage by Signal Level non-carrier aggregation 900 MHz bandwidth 5 MHz* Rural menggunakan peta SHP.

Gambar 4.5 menampilkan hasil simulasi *coverage by signal level bandwidth 10 MHz* yang menggunakan frekuensi 2300 MHz dan peta SHP pada 16 kecamatan rural di Rokan Hulu.



Gambar 4.5 *Coverage by signal level non CA* Frekuensi 900 bandwidth 5 MHz peta SHP

Gambar 4.6 dibawah ini menunjukkan histogram simulasi *coverage by signal level* untuk *non-carrier aggregation* dengan frekuensi 900 MHz bandwidth 5 MHz rural menggunakan peta SHP.

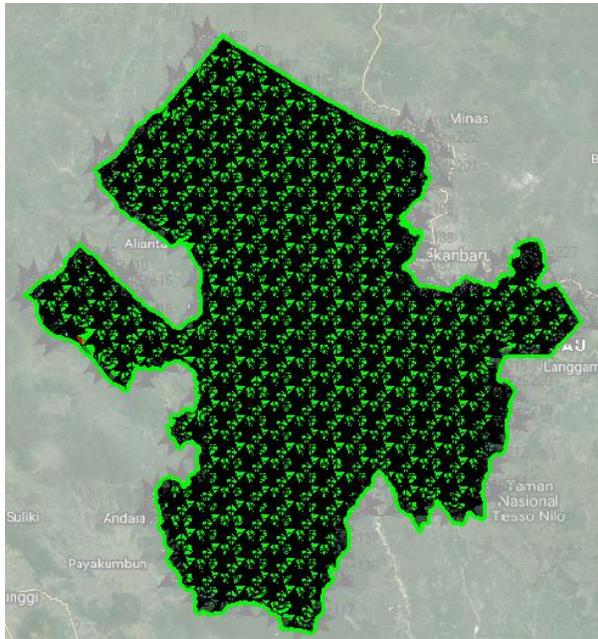


Gambar 4.6 Histogram *coverage by signal level non-CA* Frekuensi 900 MHz Bandwidth 5 MHz Rural menggunakan peta SHP

Histogram menunjukkan bahwa nilai *signal level* ≤ -80 dBm mendominasi sebesar 99,83% yang artinya sebagian besar wilayah tercover dengan sangat baik. Adapun sebesar 0,17% mendapatkan nilai *signal level* ≥ -80 dBm, hal ini bisa saja terjadi karena faktor kontur daerah perencanaan.

4.5. User Connected dan Throughput

Hasil simulasi *monte carlo carrier aggregation* pada *software Atoll* dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Simulasi *monte carlo*

Gambar 4.7 terlihat bahwa sebagian besar *user* yang ada di area tersebut terhubung (*connected*). Hal ini dapat dilihat dari banyak titik hijau yang ada pada gambar. Selain itu didapatkan pula beberapa *user* yang tertolak (*rejected*) karena keterbatasan kemampuan jaringan. Simulasi ini dilakukan sebanyak empat kali pengulangan. Tabel 4.3 menunjukkan hasil dari simulasi *monte carlo* pada *carrier aggregation* kategori *rural*.

Tabel 4.2 Simulasi Monte Carlo Carrier Aggregation

Simulasi	Jumlah User	User Connected	% Connected User	Throughput (Mbps)
1	61.926	61,150	98,7%	2,645,64
2	62,648	61,816	98,7%	2,664,78
3	62,211	61,419	98,7%	2,649,11
4	62,521	61,758	98,8%	2,672,23
Rata-rata	62,33	61,54	98,73%	2,657,94

Berdasarkan hasil simulasi *Monte Carlo* di 20 Kecamatan di Kabupaten Kampar kategori *rural*, didapatkan hasil simulasi rata-rata *connected user*

untuk *carrier aggregation* sebesar 98,73% dengan rata-rata *throughput* sebesar 2,675,94 Mbps.

4.6. Perbandingan Hasil Simulasi

Berikut hasil simulasi *carrier aggregation* berdasarkan simulasi *coverage by signal level*.

1) Perbandingan Berdasarkan Signal Level

Pada hasil simulasi *coverage by signal level* yang sudah dilakukan, terdapat perbedaan antara *signal level carrier-aggregation* pada peta SHP dan peta GRD. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil signal level CA

Nilai Signal Level	Carrier aggregation inter band non contiguous menggunakan peta SHP	Carrier aggregation inter band non contiguous menggunakan peta GRD
≤ -80 dBm	99,97%	61,028%

Tabel di atas menunjukkan bahwa teknik *Carrier Aggregation interband non-contiguous* dengan frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz dengan menggunakan peta SHP kategori *rural* memiliki nilai *signal level* ≤ -80 dBm sebesar 99,97%. Hal ini disebabkan pada peta jenis SHP tidak berdasarkan kontur ketinggian tanah.

Hasil berbeda ditunjukkan pada simulasi *coverage by signal level Carrier aggregation* dengan frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz dengan menggunakan peta GRD kategori *rural* yang hanya memiliki nilai *signal level* ≤ -80 dBm sebesar 61,028%. Hal ini karena pada peta jenis GRD berdasarkan kontur ketinggian tanah. Oleh karena itu pada simulasi *coverage by signal level* pada peta SHP memiliki hasil yang lebih baik.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat kesimpulan.

- 1) Dengan perancangan jaringan LTE - *Advanced* dengan metode CA didapatkan bahwa nilai *signal level* ≤ -80 dBm pada frekuensi 900 dan 1800 dengan *bandwidth* 10 & 5 MHz memiliki persentase sebesar 99,97%

- dengan level *very good* di daerah rural Kabupaten Kampar.
- 2) Dengan perancangan jaringan LTE - *Advanced* dengan metode non CA didapatkan bahwa nilai *signal level* ≤ -80 dBm pada frekuensi 900 dengan *bandwidth* 5 MHz memiliki persentase sebesar 99,83% dengan level *very good* di daerah rural Kabupaten Kampar.
 - 3) Berdasarkan hasil simulasi *monte carlo* didapatkan hasil simulasi rata-rata *connected user* pada metode *carrier aggregation rural* sebesar sebesar 98,73% dengan rata-rata *throughput* sebesar 2,675,94 Mbps.
 - 4) Metode *Carrier Aggregation* dapat dijadikan solusi untuk merancang jaringan di Kabupaten Kampar karna belum adanya penerapan jaringan dengan metode tersebut yang mekanisme kerjanya lebih baik dibandingkan dengan *single carrier*. Karena berdasarkan hasil simulasi, parameter uji yang dibandingkan memiliki hasil yang lebih secara *planning by capacity* yang baik didaerah *rural*.

Menggunakan Metode *Carrier Aggregation*."

- Al-shibly, Mohammed., Habeibi, Mohamed Hadi., Chebil Jalel. (2012). "*Carrier Aggregation in Long Term Evolution-Advanced*".
- Lingga Wardhana, 2014, 4G Handbook edisi 1 Bahasa Indonesia.
- Erik Dalman, Johan Skold.2014.LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. ISBN 9780123854896.
- Huawei Technologies Co., L. (2013). LTE Radio Network Capacity Dimensioning.
- Huawei. (2013). LTE Radio Network Coverage Dimensioning. Huawei Technologies Co.
- Stafania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker. 2011 "*From Theory to Practice*", LTE The UMTS Long Term Evolution, Cichester: Wiley.

DAFTAR PUSTAKA

Abda, Moh Fasyin., (2017)., "Manajemen Penggunaan *Band* Frekuensi Pada Perancangan Jaringan *LTE-Advanced*