

OPTIMALISASI PERANCANGAN JARINGAN 4G LTE PADA FREKUENSI 900 MHZ BERBASIS FDD DI KABUPATEN ROKAN HULU

Prio Setyo^[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: prio.setyo@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Long Term Evolution (LTE) was created in order to improve the 3rd Generation standard of mobile phone, has much better data access speed. Planning for the optimization of the LTE network in Rokan Hulu District which is a rural area proposed because the implementation of LTE in the area has not been distributed well. The design of the LTE was specified at a frequency of 900 MHz using FDD duplexing with 5 MHz and 10 MHz bandwidths. The purpose of this study is to optimize the design of LTE networks with good condition of LTE standards in Rokan Hulu Regency. FDD is a method that is more resistant toward interference, uplink and downlink processes can be occurred at the same time. It is also suitable in rural areas. In this paper, the design of the LTE network compares the work results of 5 MHz and 10 MHz bandwidths in Rokan Hulu Regency. The parameter test results display FDD techniques of 10 MHz and 5 MHz bandwidth. Coverage by signal level in FDD with 10 MHz bandwidth is superior. It is percentage 93.35% in signal level ≥ -95 dBm, while in FDD technique 5 MHz bandwidth has 89.17% coverage by signal level at signal level ≥ -95 dBm. So, based on these parameters, it can be concluded that the FDD technique of 10 MHz bandwidth is feasible to be applied to Rokan Hulu Regency.

Keywords: LTE, FDD, bandwidth, coverage, signal level.

1. PENDAHULUAN

Dari waktu ke waktu kebutuhan manusia akan informasi dan komunikasi terus berkembang pesat, menyebabkan penyesuaian harus dilakukan oleh pihak penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler dimana diperlukan teknologi yang lebih baik untuk dapat mengirimkan dan menerima data yang beragam dengan kecepatan yang tinggi dan juga efisien pada kondisi kapanpun dan dimanapun. Sehubungan dengan kondisi tersebut, penyedia layanan telekomunikasi seluler harus melakukan peningkatan terhadap kemampuan jaringan nirkabelnya. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi komunikasi *mobile* seperti *Long Term Evolution* (LTE).

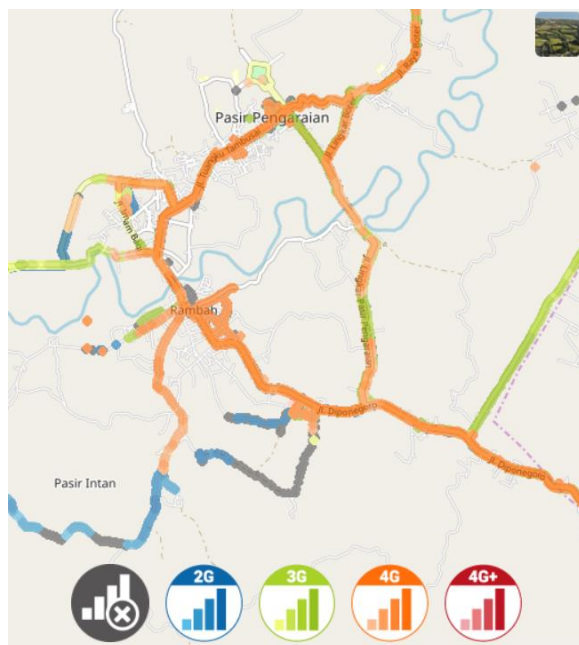
Kecapatan transfer data pada teknologi jaringan LTE bisa mencapai 100 Mbps pada *downlink* dan 50 Mbps pada *uplink*. Jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya yang hanya bisa mencapai

(*downlink* dan *uplink* < 2 Mbps) pada UMTS (3G) dan (*downlink* 14 Mbps, *uplink* 5,6 Mbps) pada HSPA (3.5G) maka LTE jauh lebih unggul. Dengan tingginya kecepatan transfer data tersebut, LTE mampu mendukung data, *voice*, *video*, dan IP TV dengan baik dibandingkan dengan teknologi sebelumnya (Usman, 2012).

Ada dua jenis metode *duplexing* dalam pertukaran data, yaitu FDD (*Frequency Division Duplex*) dan TDD (*Time Division Duplex*). LTE TDD di Indonesia menggunakan frekuensi 2300 MHz, sedangkan LTE FDD menggunakan 900 MHz dan 1800 MHz. Pada LTE TDD memiliki kecepatan *downlink* lebih tinggi dibanding kecepatan *uplink* yang cenderung lebih rendah. Sedangkan LTE FDD mempunyai karakteristik yang seimbang antara *downlink* dan *uplink*. Pada penelitian ini menggunakan metode *duplexing* FDD dengan *bandwidth* 5 MHz dan 10 MHz pada

frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz cocok untuk daerah Rokan Hulu yang merupakan daerah rural. Ini berdasarkan pada hasil penelitian dari Yogapratama yang melakukan analisa jaringan LTE di frekuensi 1800 MHz dan 900 MHz untuk daerah rural, menunjukkan frekuensi yang paling cocok untuk daerah rural adalah frekuensi 900 MHz.

Perencanaan perancangan optimalisasi jaringan LTE di Kabupaten Rokan Hulu diusulkan karena penerapan LTE di daerah tersebut belum merata dan banyaknya destinasi wisata di Kabupaten Rokan Hulu, maka dibutuhkan akses internet yang lebih cepat. Hal ini bertujuan untuk mendukung pariwisata di daerah Rokan Hulu. Karena pada saat ini internet memegang peranan penting dalam penyebaran informasi terutama di media sosial. Adapun kondisi LTE di salah satu daerah di Rokan Hulu yang belum merata dapat di lihat pada gambar 1.1 di bawah ini:



Gambar 1.1 Tracking Jaringan di Rokan Hulu

Simulasi perancangan jaringan dilakukan menggunakan *software radio planning atoll*. *Atoll* adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mendesain sebuah jaringan telekomunikasi.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Long Term Evolution (LTE)

Sebutan yang diberikan pada sebuah proyek dari 3gpp adalah LTE yang bertujuan untuk memperbaiki teknologi jaringan seluler generasi sebelumnya seperti HSPA (3.5G), UMTS (3G) dan (2G). Pada teknologi LTE atau sering di sebut 4G adalah teknologi komunikasi seluler yang basisnya menggunakan *switch packet*. Adapun pada teknologi LTE memiliki kecepatan transfer data yang lebih tinggi, dimana 2 Mbps merupakan kecepatan maksimum transfer data pada jaringan UMTS, 14 Mbps *downlink* dan 5,6 Mbps *uplink* di teknologi HSPA, sedangkan kemampuan LTE bisa mencapai 50 Mbps pada *uplink* dan 100 Mbps untuk *downlink*. *Coverage* area juga kapasitas layanan yang lebih besar merupakan salah satu kelebihan teknologi LTE, menyediakan penggunaan *multiple-antena*, memiliki *bandwidth* yang operasinya lebih fleksibel, dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang telah ada dan biaya operasional yang relatif lebih murah (Saidah, 2011).

2.2. Spesifikasi Long Term Evolution (LTE)

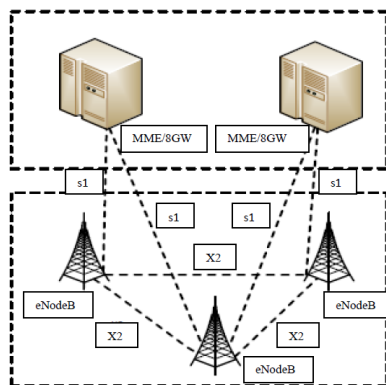
Berdasarkan buku “*LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Acces*” karangan Harri Holman dan Antti Toskala, yang menjelaskan tentang spesifikasi LTE berdasarkan dari *standard* yang dirilis oleh 3GPP, berikut adalah spesifikasi yang merupakan persyaratan dari 3GPP:

- LTE menggunakan 2 jenis transmisi berbeda pada sisi *downlink* dan *uplink*nya, pada *downlink* menggunakan teknologi yang lebih efisien dalam penggunaan energi yaitu OFDMA (*Ortogonal Frequency Division Multiple Access*) dan SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*).
- Pada performa terbaiknya LTE mampu mengirim data hingga ± 300 Mbps di sisi *downlink* dan ± 75 Mbps pada *uplink*.
- Mendukung *bandwidth* 1,4 Mhz sampai 20 Mhz dan menggunakan jenis *duplexing* FDD dan TDD.
- LTE menghasilkan *coverage* dan *capacity* yang lebih besar juga dapat mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan *multiple antenna*, fleksibel pada penggunaan *bandwidth* dan dapat terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada.

- e. Mendukung semua aplikasi yang ada baik data, *voice*, *video*, dan IPTV.
- f. Lebih kurang dapat mendukung 200 pengguna aktif dalam setiap sel 5 MHz, mempunyai kecepatan *mobilitas* 350 km/jam, cakupan optimal sel 5 km, 30 km, dalam kinerja bagus dan 100 km untuk kinerja yang masih dapat ditoleransi.

2.3. Asitektur Jaringan Long Term Evolution (LTE)

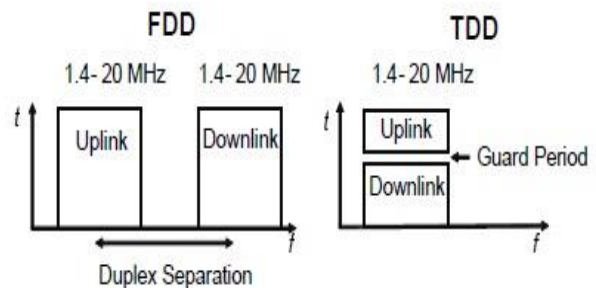
Memiliki trafik *packet switching* dengan mobilitas yang lebih tinggi, *quality of service* (QoS), dan *latency* yang lebih kecil merupakan tujuan dirancangnya arsitektur jaringan LTE. Mendukung semua layanan jaringan LTE termasuk layanan *voice* menggunakan koneksi paket merupakan fungsi pendekatan *packet switching*. Maka dari itu arsitektur jaringan LTE didesain sesederhana mungkin, yaitu hanya terdiri dari dua buah node, eNodeB dan *mobility management entity/gateway* (MME/GW). Tidak sama dengan arsitektur teknologi jaringan GSM dan teknologi jaringan UMTS yang memiliki struktur lebih rumit dengan adanya *radio network controller*. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan adanya *single node* pada jaringan akses adalah mengurangi distribusi beban proses *radio network controller* dan tingkat *latency* untuk beberapa eNodeB. *Radio network controller* pada jaringan akses memungkinkan untuk dilakukannya eliminasi, karena *soft handover* tidak didukung pada teknologi jaringan LTE.



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan LTE (Khan, 2009)

2.4. Metode Akses Radio

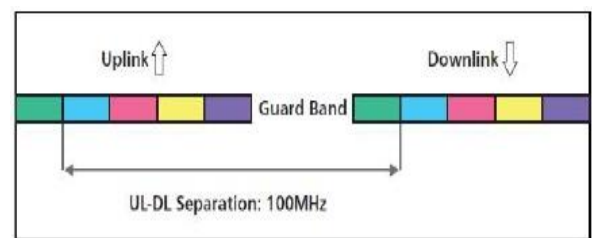
Pada LTE disediakan 2 jenis metode radio akses, yaitu *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time division duplex* (TDD). Perbandingan antara ke 2 metode akses radio dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Perbandingan Sistem TDD dan FDD (Yusuf.S, 2016)

a. *Frequency Division Duplex* (FDD)

Pada metode akses radio FDD melakukan transmisi dengan meletakkan *uplink* dan *downlink* pada *frequency band* yang terpisah. FDD memiliki beberapa karakteristik antara lain, pertama jarak antara pasangan *uplink* dan *downlink* adalah 100 MHz, kemudian pengelompokan dilakukan dengan memisahkan antara *uplink* dan *downlink* serta jarak antara kelompok *uplink* juga *downlink* dipisahkan oleh *guardband*. Ini dilakukan agar tidak terjadinya *interferensi*. Yang dapat di lihat pada gambar 2.3 dibawah ini:

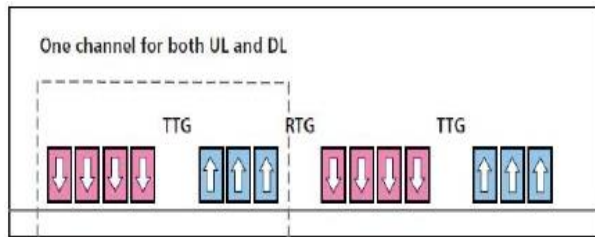


Gambar 2.3 Alokasi Spektrum pada Sistem FDD (Huawei, 2014)

Teknik FDD memiliki keuntungan berupa lebih tahan terhadap *interferensi*, kemudian proses *uplink* dan *downlink* dapat terjadi pada waktu bersamaan, namun teknik FDD menuntut menggunakan spektrum frekuensi yang banyak. Sekurangnya dua kali lipat dari yang di gunakan TDD.

b. Time Division Duplex (TDD)

Pada metode akses TDD memiliki perbedaan dengan FDD, yaitu TDD *uplink* dan *downlink* dilakukan pada *band frequency* sama. Jadi antara *uplink* dan *downlink* diatur dengan pewaktuan (*interval*). Pemisahan keduanya dilakukan menggunakan *guard interval* antara transisi keduanya. *Guard interval* di sebut dengan *transmit-receiver transition gap* (TTG) dan *receive-transmit transition gap* (RTG). Biasanya TTG lebih besar dari RTG. Ilustrasi terlihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gamabar 2.4 Struktur TDD (Huawei, 2014)

Teknik TDD memiliki keuntungan berupa penggunaan *band frequency* yang sedikit dari FDD. Sehingga sangat menguntungkan bagi operator namun lebih rumit dari FDD dan lebih rentan terhadap *interferensi*. Banyak pertimbangan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya *interferensi* sehingga di perlukan sinkronisasi waktu.

2.5. Alokasi Frekuensi dan Bandwidth LTE

Bedasarkan *standard* yang telah di keluarkan 3rd Generation Partnership Project (3GPP) pada *release 8* telah menetapkan rentang frekuensi pada *system* TDD dan FDD. band untuk FDD dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel Error! No text of specified style in document..1 Bandwidth yang bisa mendukung band frekuensi (Nokia Siemens, 2011)

Frequency band (MHz)	Band Index	Supported Bandwidths
730	12,17	5,10
760	14	5,10
800	20,5,6,18,19	5,10,15,20
900	8	5,10
1600	24	5,10
1800	3,9	5,10,15,20
1900	2	5,10,15,20
1700/2100	4,10	5,10,15,20
2100	1	5,10,15,20
2600	7,8	5,10,15,20

2.6. Planning by capacity

Planning by capacity berfungsi untuk mengetahui jumlah *site* dengan memperhitungkan sekaligus memfasilitasi seluruh kebutuhan trafik data pelanggan pada suatu daerah tertentu.

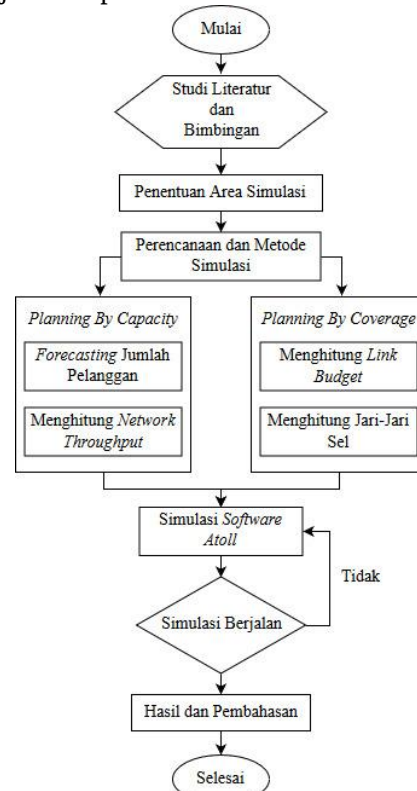
2.7. Planning by coverage

Planning by coverage berfungsi untuk mengetahui jumlah *site* yang dibutuhkan agar rancangan dapat menjangkau suatu daerah yang telah ditentukan dengan mempertimbangkan kemampuan alat yang digunakan serta meperhatikan spesifikasi teknis jaringan.

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. Penentuan Area Simulasi

Rokan Hulu adalah salah satu kabupaten terluas di Provinsi Riau yang secara astronomis terletak pada $00^{\circ}25'20$ dan $10^{\circ}25'41$ Lintang Utara (LU) serta $100^{\circ}02'56$ dan $100^{\circ}56'59$ BT.

Menurut letak geografis, Kabupaten Rokan Hulu berbatasan dengan beberapa wilayah, yaitu:

1. Sebelah utara berbatasan dengan Provinsi Sumatera Utara dan Kabupaten Rokan Hilir.
2. Sebelah timur berbataan dengan Kabupaten Bengkalis, Kabupaten Siak, dan Kabupaten Kampar.
3. Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Kampar dan Provinsi Sumatera Barat.
4. Sebelah baratnya berbatasan dengan Provinsi Sumatera Barat dan Provinsi Sumatera Utara.

Luas daerah Kabupaten Rokan Hulu sekitar 7,747,01 km² yang dibagi kedalam 16 kecamatan. Kecamatan terluas adalah Tambusai Utara (16,09 % dari luas kabupaten), sedangkan kecamatan terkecil adalah Ujung Batu (1,03 % dari luas kabupaten).

Penduduk Kabupaten Rokan Hulu berdasarkan proyeksi penduduk tahun 2018 sebanyak 641.208 jiwa terdiri atas 329.047 jiwa penduduk laki-laki dan 312.161 jiwa penduduk perempuan. Kepadatan penduduk di Kabupaten Rokan Hulu hingga tahun 2018 telah mencapai 85 jiwa/ km² dengan rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga 4 orang.

3.2. Perencanaan dan Metode Simulasi

Pada tahapan pengerjaan skripsi ini menggunakan dua perencanaan antara lain *planning by coverage* dan *planning by capacity* dengan parameter yang menentukan kualitas jaringan LTE serta menggunakan frekuensi pada 900 MHz FDD menggunakan *bandwidth* 5 dan 10 MHz.

3.3. *Planning by capacity*

Adapun langkah yang dilakukan dalam *planning by capacity* adalah *forecasting* jumlah pelanggan, menghitung *network throughput*, dan menghitung *throughput per cell*.

3.4. *Planning by coverage*

Langkah yang dilakukan pada *planning by coverage* antara lain, menghitung *link budget*, pemilihan *model* propagasi, dan menghitung luas sel/jari-jari site.

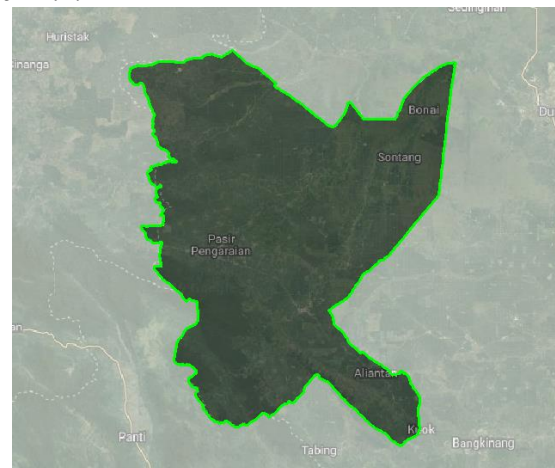
Tabel 3.1 Jari-Jari Site

Parameter	5 MHz	10 MHz
	Rural	Rural
Main Radius	3074,353	2521,941
Hexagon Radius	1537,18	1260,97
log d	0,19	0,10

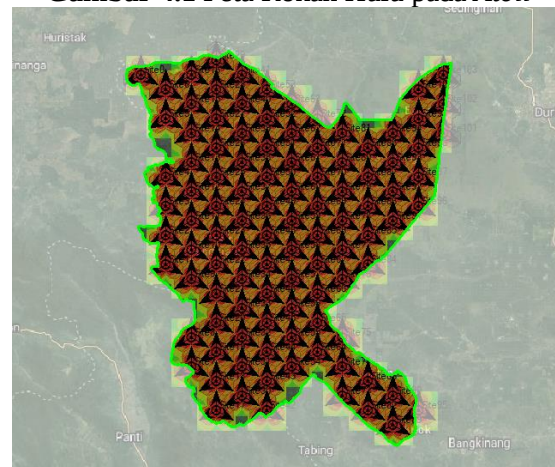
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Simulasi *Software Atoll*

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



Gambar 4.1 Peta Rokan Hulu pada *Atoll*



Gambar 4.2 Posisi Site pada *Atoll*

4.2. Simulasi Coverage by Signal Level

Signal level adalah hal yang sangat penting untuk diukur yaitu pada UE *physical layer*. Dengan mengetahui nilai *signal level* berarti UE mendapatkan informasi tentang kuat sinyal pada suatu sel menggunakan dasar perhitungan *path loss*.

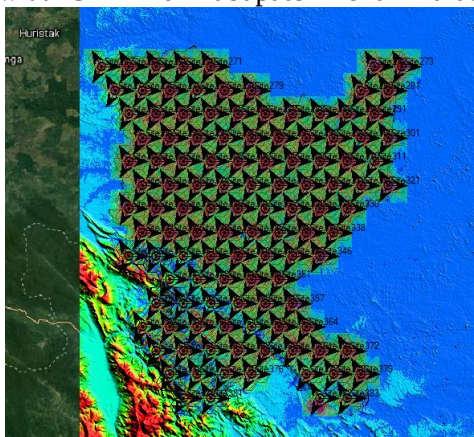
Pengukuran *signal level* pada skripsi ini menggunakan fitur *predictions coverage by signal level (DL)* yang dilakukan pada *software atoll*. Standar *signal level* yang digunakan untuk membandingkan nilai simulasi. *Coverage* yang dihasilkan memiliki tingkatan warna yang berbeda-beda tergantung dari nilai *signal level* yang dihasilkan. *Coverage* dengan warna biru tua disisi terluar area perencanaan adalah *signal level* dengan nilai dibawah -100 dBm. Untuk warna biru dan biru muda adalah *signal level* bernilai -100 sampai -90 dBm. *Coverage* dengan warna hijau menunjukkan nilai *signal level* -90 sampai -85 dBm. Sementara *coverage* dengan warna kuning, jingga dan merah adalah nilai *signal level* diatas -85 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)

Signal Level(dBm)	SL ≤ -105 dBm	-105 ≤ SL ≤ -95 dBm	-95 ≤ SL ≤ -80 dBm	SL ≥ -80 dBm
Quality	VERY BAD	BAD	GOOD	VERY GOOD

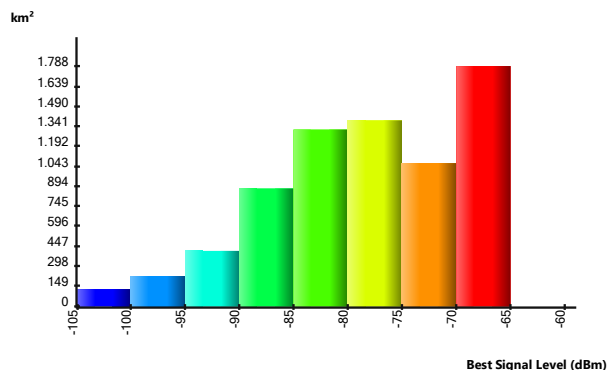
4.3 Simulasi coverage by signal level FDD frekuensi 900 MHz bandwidth 5 MHz

Gambar 4.3 menunjukkan hasil simulasi *coverage by signal level* FDD frekuensi 900 MHz bandwidth 5 MHz di Kabupaten Rokan Hulu.



Gambar 4.3 Coverage by Signal Level 5 MHz

Gambar 4.4 di bawah ini menunjukkan histogram *coverage by signal level* pada FDD 900 MHz bandwidth 5 MHz kategori rural.

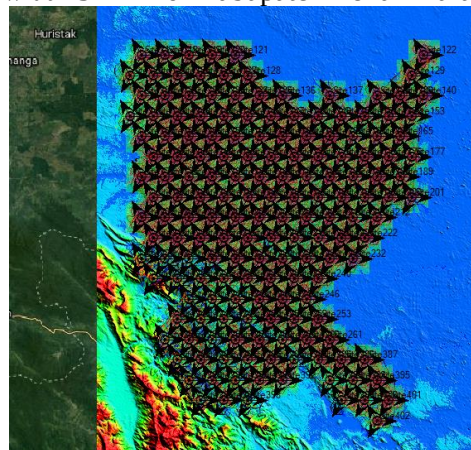


Gambar 4.4 Histogram signal level 5 MHz

Berdasarkan hasil histogram, ditunjukkan bahwa nilai *signal level* ≥ -95 dBm mendominasi sebesar 89,17% yang artinya hampir menjangkau dengan baik seluruh area perencanaan dan nilai *signal level* ≥ -80 dBm memiliki nilai cakupan sebesar 40,18% yang artinya menjangkau dengan sangat baik seluruh area perencanaan. Adapun 10,83% daerah perencanaan mendapatkan *signal level* ≤ -95 dBm, hal ini bisa saja terjadi karena faktor luas dan kontur daerah perencanaan.

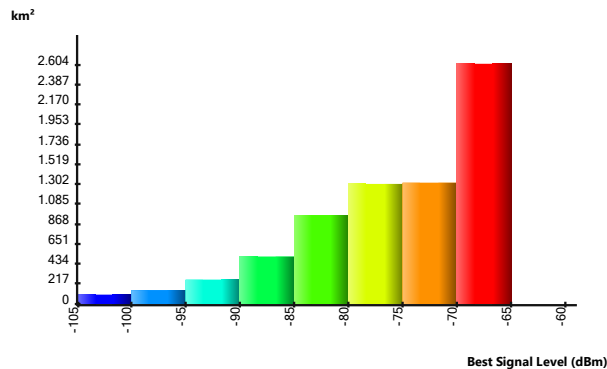
4.4 Simulasi coverage by signal level FDD frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz

Gambar 4.5 menunjukkan hasil simulasi *coverage by signal level* FDD frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz di Kabupaten Rokan Hulu.



Gambar 4.5 Coverage by Signal Level 10 MHz

Gambar 4.6 di bawah ini menunjukkan histogram *coverage by signal level* pada FDD 900 MHz bandwidth 10 MHz kategori rural.



Gambar 4.6 Histogram *signal level* 10 MHz

Berdasarkan hasil histogram, ditunjukkan bahwa nilai *signal level* ≥ -95 dBm mendominasi sebesar 93,35% yang artinya hampir menjangkau dengan baik seluruh area perencanaan dan nilai *signal level* ≥ -80 dBm mendominasi sebesar 55,13% yang artinya menjangkau dengan sangat baik seluruh area perencanaan. Adapun 6,65% daerah perencanaan mendapatkan *signal level* ≤ -95 dBm, hal ini bisa saja terjadi karena faktor luas dan kontur daerah perencanaan.

4.5 Perbandingan Berdasarkan *Signal Level*

Pada hasil simulasi *coverage by signal level* yang sudah dilakukan, terdapat perbedaan antara *signal level* pada *bandwidth* 5 MHz dan *bandwidth* 10 MHz. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil *Signal Level*

<i>Bandwidth</i>	<i>Coverage</i>	<i>Signal Level</i>
5 MHz	89,17%	Good
10 MHz	93,35%	

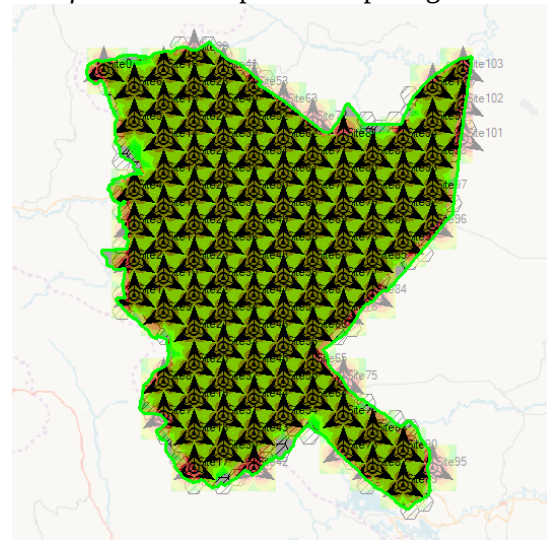
4.6 *User Connected* dan *Throughput*

Salah satu parameter penting dalam perbandingan jaringan adalah *user connected* dan *throughput*. Pada skripsi ini *user connected* dan *throughput* disimulasikan melalui fitur *simulations* pada *software atoll*. Simulasi ini juga biasa disebut dengan simulasi *monte carlo*. Simulasi *monte carlo* adalah suatu teknik yang dipakai untuk mengetahui probabilitas suatu hasil dengan melakukan

percobaan berulang-ulang yang menggunakan variabel acak.

4.7 Simulasi *Monte Carlo* FDD 900 MHz *Bandwidth* 5 MHz Rural

Hasil simulasi *monte carlo bandwidth* 5 MHz pada *software atoll* dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Simulasi *Monte Carlo* untuk FDD 900 MHz *Bandwidth* 5 MHz Rural

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 FDD 900 MHz *bandwidth* 5 MHz rural.

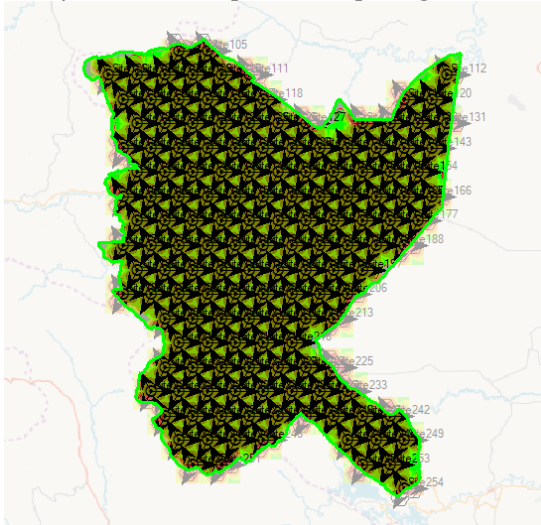
Tabel 4.3 Simulasi *Monte Carlo* untuk FDD 900 MHz *Bandwidth* 5 MHz Rural

Simulasi	Jumlah User	User Connected	% Connected User	Throughput (Mbps)
1	44.119	41.636	94,4	1.636
2	43.798	41.326	94,4	1.619
3	44.090	41.520	94,2	1.641
4	44.065	41.598	94,4	1.638
Rata-rata	44.018	41.494	94,35	1.634

Berdasarkan tabel 4.3 didapatkan hasil simulasi rata-rata *connected user* untuk *bandwidth* 5 MHz sebesar 94,35% dengan rata-rata *throughput* sebesar 1.634 Mbps.

4.8 Simulasi Monte Carlo FDD 900 MHz Bandwidth 10 MHz Rural

Hasil simulasi monte carlo bandwidth 10 MHz pada software atoll dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Simulasi Monte Carlo untuk FDD 900 MHz Bandwidth 10 MHz Rural

Gambar 4.8 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 4.4 menunjukkan hasil dari simulasi monte carlo pada FDD 900 MHz bandwidth 10 MHz rural.

Tabel 4.4 Simulasi Monte Carlo untuk FDD 900 MHz Bandwidth 10 MHz Rural

Simulasi	Jumlah User	User Connected	% Connected User	Throughput (Mbps)
1	44.136	41.632	94,3	1.634
2	43.974	41.496	94,4	1.634
3	44.342	41.892	94,5	1.649
4	43.928	41.464	94,4	1.635
Rata-rata	44.095	41.673	94,4	1.638

Berdasarkan tabel 4.4 didapatkan hasil simulasi rata-rata *connected user* untuk bandwidth 10 MHz sebesar 94,4% dengan rata-rata *throughput* sebesar 1.638 Mbps.

4.9 Perbandingan Hasil Simulasi

Perbandingan hasil simulasi monte carlo untuk FDD 900 MHz bandwidth 5 MHz rural dan

simulasi monte carlo untuk FDD 900 MHz bandwidth 10 MHz rural ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Monte Carlo

Simulasi	Persentase Connected User	Throughput (Mbps)
5 MHz	94,35%	1.634 Mbps
10 MHz	94,4%	1.638 Mbps

Pada teknik FDD menggunakan frekuensi 900 MHz bandwidth 5 MHz rural dan FDD menggunakan frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz rural, berdasarkan hasil simulasi di atas, FDD menggunakan frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz rural dapat dijadikan alternatif bagi operator untuk menjalankan layanan 4G LTE di Kabupaten Rokan Hulu. Metode FDD menggunakan frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz rural memiliki kelebihan yang tidak terlalu signifikan namun memberikan *throughput* yang lebih besar untuk memberikan akses internet yang lebih cepat. Dalam skripsi ini tidak membahas mengenai analisa keuntungan penggunaan metode FDD menggunakan frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz rural dari sisi ekonomi.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan.

1. Berdasarkan hasil perancangan dengan bandwidth 10 MHz pada peta berkontur di Kabupaten Rokan Hulu didapatkan *best signal level* di *level good* dengan *cover area* 93,35% dan *best signal* di *level very good* dengan *cover area* 55,13% di daerah rural.
2. Berdasarkan hasil perancangan dengan bandwidth 5 MHz pada peta berkontur di Kabupaten Rokan Hulu didapatkan *best signal level* di *level good* dengan *cover area* 89,17% dan *best signal* di *level very good* dengan *cover area* 40,18% di daerah rural.
3. Dengan perancangan FDD frekuensi 900 MHz bandwidth 5 MHz dan 10 MHz menunjukkan bahwa bandwidth 10 MHz memiliki *coverage best signal level* lebih baik dengan nilai 93,35%.
4. Metode FDD menggunakan frekuensi 900 MHz bandwidth 10 MHz dapat dijadikan solusi untuk mengatasi masalah *coverage* di Kabupaten Rokan Hulu yang belum mereta.

Karena berdasarkan hasil simulasi, parameter uji yang dibandingkan memiliki hasil yang lebih baik dari sisi *planning by capacity* maupun *planning by coverage* yang diterapkan pada kategori *rural*, dimana Rokan Hulu merupakan daerah *rural*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, “*Pengenalan Teknologi Long Term Evolution*”. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29936/4/Capter%20II.pdf>. Diakses pada: 12 oktober 2015.
- APJII, “*Penetrasi & Prilaku Pengguna Internet di Indonesia*”. APJII
- BPS. (2018). “*Rokan Hulu Dalam Angka 2018*”. BPS Kabupaten Rokan Hulu/BPS-Statistics of Rokan Hulu Regency. Kabupaten Rokan Hulu.
- Holma, Harri. (2009). “*LTE for UMTS : Evolution to LTE - Advanced, Second Edition*”. Finland: Jhon Wiley & Sons, United Kingdom.
- Huawei Technologies. (2014). “*xMbps Anytime Anywhere White Paper*”.
- Huawei Technologies Co., L. (2011). “*LTE Radio Network Capacity Dimensioning*”.
- Khan, F. (2009). “*LTE for 4G Mobile Broadband: Air Interface Technologies and Performance*”.
- Kurniawan, Usman. (2012). “*Fundamental Teknologi Seluler LTE*”. Rekayasa Sains, Bandung.
- Nokia Siemens Network. (2011). “*LTE RPESS; LTE Link Budget*”.
- Nokia Siemens Network. (2011). “*Air Interface Dimensioning*”.
- Suyuti, S., & Syarif, S. (2011). “*STUDI PERKEMBANGAN TEKNOLOGI 4G – LTE dan WiMAX DI INDONESIA*”. 09 (02), 60–65.
- Wardhana, Lingga, ST, Mb. (2014). Wardhana, Lingga., Aginsa, B.F., Dewantoro, Anton., Harto, Isyabel., Mahardika, G., Hikmaturokhman, Alfin. (2014). *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. Jakarta: NulisBuku.com. Retrieved from nulisbuku.com
- Yusuf Septiawan. (2016). “*Perencanaan Jaringan LTE TDD 2300 MHz di Semarang Tahun 2015-2020*”. Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang.