

Perencanaan dan Simulasi Jaringan LTE (Long Term Evolution) di kota Pekanbaru

Andes Firmawan*, Linna Oktaviana Sari**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

E-mail: dudux.disini@gmail.com

Abstract

The development of information and communication technologies growing more rapidly, as well as wireless communications technology. At the same time, the need for information is also greater with the higher mobility. Technology Long Term Evolution (LTE) is believed to be able to answer that question. LTE is a technology developed by 3GPP as the development of mobile communication technology before. In theory LTE in this thesis is to make an LTE network simulation based methods duplex Frequency Division Duplex (FDD) with a frequency of 1800 MHz in the city of Pekanbaru using software Atoll. In this paper used the method of planning coverage to support the model propagated COST-231 data are in use by means of simulation. The simulation results show Pekanbaru require at least 99 LTE site that is covered Ratio Signal (RS) and Carrier to Interference Noise Ratio (CINR) of at least 97%. The results of the simulation throughput, customers who successfully connected to the network at a bandwidth of 5 MHz amounted to 82.7% and to a frequency of 10 MHz by 86.4%, while for a frequency of 15 MHz at 86.4%, and to a frequency of 20 MHz by 66%.

Keywords: LTE, Atoll, Bandwidth, Coverage

1. PENDAHULUAN

Di era sekarang ini perkembangan teknologi informasi dan komunikasi berkembang semakin pesat, begitu juga dengan teknologi komunikasi *wireless*. Bersamaan dengan itu, kebutuhan konsumen terhadap informasi juga semakin besar dengan mobilitas yang semakin tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah layanan komunikasi bergerak yang dapat menunjang kebutuhan konsumen, dengan *cost* yang rendah namun dapat bekerja dengan hasil yang lebih optimal.

Teknologi *Long Term Evolution* (LTE) diayakini dengan kemampuannya dapat menjawab pertanyaan tersebut. LTE sendiri adalah sebuah teknologi yang dikembangkan oleh 3GPP (*The Third Generation Project*) sebagai pengembangan untuk teknologi komunikasi bergerak. LTE disebut – sebut sebagai evolusi dari GSM / EDGE dan UMTS / HSDPA dengan kemampuan pengiriman data hingga 300 Mbps untuk *downlink* dan 75Mbps untuk *uplink*.

Perencanaan jaringan LTE di kota Pekanbaru diusulkan karena di pekanbaru belum adanya penerapan teknologi LTE. Simulasi perancangan jaringan sendiri dilakukan menggunakan *software radio planning atoll*. atoll merupakan sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mendesain sebuah jaringan telekomunikasi.

Berdasarkan uraian latar belakang kasus diatas, maka dilakukan sebuah perencanaan jaringan LTE dengan studi kasus wilayah Kota Pekanbaru. Perencanaan LTE sendiri di spesifikasikan dengan frekuensi 1800 MHz, dengan metode *duplex* FDD. Perencanaan menggunakan perangkat lunak *radio planning atoll*.

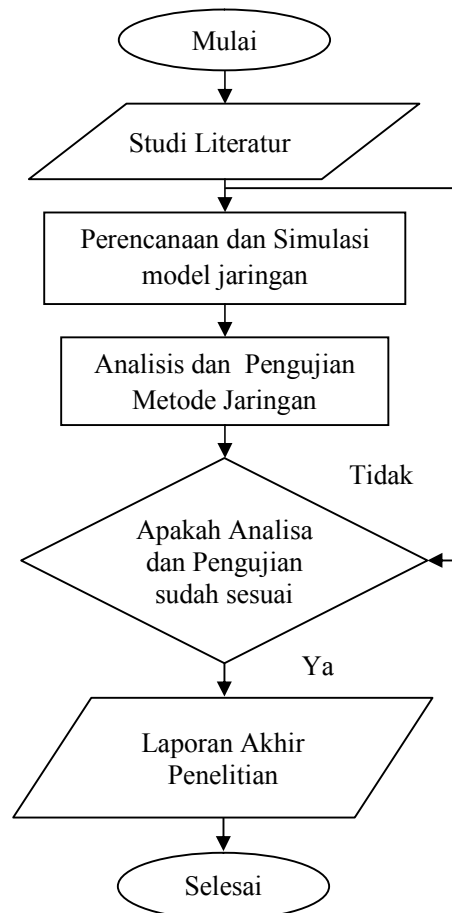
COST-231 hata adalah model propagansi yang digunakan untuk

perencanaan. Model ini dipilih karena di nilai lebih sesuai dengan hasil yang di inginkan. Hasil presentasi perencanaan berbasis simulai ini juga dapat menjadi bahan gambaran bagi suatu operator dalam implementasi di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian dari perencanaan jaringan LTE di Kota Pekanbaru.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Perencanaan model jaringan

Yang pertama dilakukan adalah menghitung *link budget*, perhitungan link budget ini dilakukan untuk mengetahui nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) antara UE dan eNodeB.

Tabel 3.1 General Parameter skenario 1

Link budget	Formula	FDD 5MHz	
		DL	UL
Operating Band(MHz)	a	1800	
Data Rate (Kbps)	b	256	128
Allocated RB	c	6	3
Allocated Subcarriers	d	72	36

Tabel 3.2 Transmitter skenario 1

Link budget	Formula	FDD 5MHz	
		DL	UL
Tx RF Power (dBm)	E	46	23
Tx Antenna Gain (dBi)	F	18	0
Feeder Loss per m (dB/m)	G	0,06	0
Feeder lenght (m)	H	50	0
Feeder Loss (dB)	i = g x h	3	0
EIRP (dBm)	j = e + f - i	61	23

Tabel 3.3 Receiver skenario 1

Link budget	Formula	FDD 5MHz	
		DL	UL
kT (dBm/Hz)	k = 10 log (k x T)	-174	
Thermal noise per Subcarrier (dBm)	l = k + 10 log(15Khz)	-132,2	-132,2
Aggregate Thermal noise (dBm)	m = l + 10 log(d)	-113,7	-116,7
Noise Figure (dB)	n	6	4
Required SINR at Cell Edge (dB)	o	-4,13	-5,11
Fast Fade Margin (dB)	p	0	0
Rx Sensitivity (dBm)	q = m + n + o + p	-	-117,8
Rx Antenna Gain (dBi)	R	0	18

Rx RF Line Loss (dB)	S	0	3
Effective Rx Sensitivity (dBm)	t = q - r + s	-111,8	-132,8
Geometry Factor (dB)	U	0	0
Cell load (%)	V	50%	50%
Interference Margin (dB)	w = -10 log (1 - SINR.v/u)	0,93	0,73
Body Loss (dB)	X	0	0

Selanjutnya adalah perhitungan MAPL (*Maximum Allow Path loss*).

- Downlink, MAPL = 61 - (-111,8) - 0,93 + 0 - 0 = 171,87 dB
- Uplink, MAPL = 23 - (-132,8) - 0,73 + 0 - 0 = 155,07 dB

Dari skenario Link budget diatas didapatkan hasil nilai MAPL sebesar 171,87 untuk downlink dan 155,07 untuk uplink. Berdasarkan nilai MAPL yang didapatkan kemudian dipilih nilai MAPL terendah untuk mencari radius sel dari frekuensi 5 MHz. Nilai ini kemudian akan dihitung menggunakan rumus COST-231 hata.

Tabel 3.4 Perhtungan radius sel skenario 1

Parameter	Urban	Suburban	Rural
Min MAPL	155,07	155,07	155,07
Building Penetration Loss (dB)	17	12	10
Standart Deviation Outdoor (dB)	8	8	7
Cell Edge Probability	75%	75%	75%
Shadowing Margin (dB)	5,36	5,36	4,69
Path Loss per clutter type (dB)	132,71	137,71	140,38

<i>Operating Band (MHz)</i>	1800	1800	1800
<i>eNodeB Height (m)</i>	30	30	30
<i>UE Height (m)</i>	1,5	1,5	1,5
<i>Log d cell radius/d (km)</i>	-0,1	0,38	0,88
<i>Hexagon radius (km)</i>	0,794	2,408	7,636
<i>Hexagon radius (km)</i>	0,397	1,204	3,818

Tabel 3.5 merupakan hasil perhitungan radius sel dan *hexagon* radius dari semua skenario link budget.

Tabel 3.5 Radius Sel seluruh skenario

<i>Bandwidth (MHz)</i>	<i>Cell Radius (km)</i>		
	<i>urban</i>	<i>Suburban</i>	<i>Rural</i>
5	0,795	2,409	7,637
10	0,744	2,257	7,159
15	0,653	1,979	6,273
20	0,650	1,974	6,259

Tabel 3.6 RSRP seluruh skenario

<i>parameter</i>	<i>Bandwidth</i>			
	<i>5 MHz</i>	<i>10 MHz</i>	<i>15 MHz</i>	<i>20 MHz</i>
<i>EIRP DL (dBm)</i>	61	61	61	61
<i>EIRP DL subcarrier (dBm)</i>	42,43	41,18	39,42	38,17
<i>Min MAPL (dB)</i>	155,0	154,0	152,0	152,0
<i>Shadowing (dB)</i>	7	6	7	4
<i>Shadowing (dB)</i>	5,36	5,36	5,36	5,36
<i>RSRP (dBm)</i>	-118	-118,2	-118,1	-119,2

2.3 Konfigurasi Parameter Software

2.3.1 Peta Digital

Pada perencanaan dengan *software network planning* dibutuhkan peta digital sebagai dasar dari sebuah perencanaan,

hal ini bertujuan agar hasil yang didapatkan sesuai dengan kondisi lapangan. Peta yang digunakan adalah peta digital kota pekanbaru.



Gambar 3.5 Peta digital yang digunakan

Peta yang digunakan pada perencanaan LTE di kota Pekanbaru adalah peta elevasi dan peta tata lahan. Peta elevasi untuk menentukan apakah sinyal terhalang ketinggian tanah atau bukit. Sedangkan peta tata lahan digunakan untuk menentukan jenis propagansi yang digunakan sesuai daerah morfologi suatu daerah, sehingga dapat ditentukan jenis propagansi apa yang akan digunakan, apakah propagansi jenis urban, suburban, atau rural.

3.3.2 Konfigurasi Parameter Jaringan

Konfigurasi parameter jaringan merupakan lanjutan konfigurasi parameter yang telah ada sebelumnya pada data *link budget*. Tetapi konfigurasi parameter jaringan kali ini merupakan konfigurasi *input-an* untuk *software* atoll.

Tabel 3.7 Feeder

<i>Nama</i>	<i>Loss per lenght (dB/m)</i>	<i>Connector reception loss (dB)</i>	<i>Connector transmission loss (dB)</i>
7/8"	0,06	0,5	0,5

Untuk *feeder* menggunakan jenis 7/8". Untuk nilai yang ada pada *feeder loss* mengacu pada standar nilai yang ada pada atoll.

Tabel 3.8 Antena

Nama	Gain (dBi)	Beam width	Fmin (MHz)	Fmax (MHz)
65deg 18dBi 0Tilt 1800 MHz	18	65	1710	1910

Sama seperti *feeder*, antena juga mengacu pada standar yang tersedia pada atoll untuk frekuensi 1800 MHz.

Tabel 3.9 Frequency Band

Nama	Duplexing method	DL start Frequency (MHz)	UL start Frequency (MHz)	RB
1800 FDD- 5MHz	FDD	1805	1710	25
1800 FDD- 10MHz	FDD	1805	1710	50
1800 FDD- 15MHz	FDD	1805	1710	75
1800 FDD- 20MHz	FDD	1805	1710	100

Tabel 3.10 Template eNodeB

Nama	Number of sector	Height (m)	Max Power (dBm)	Hexagon Radius (m)
Rural	3	30	46	3818
suburban	3	30	46	1204
urban	3	30	46	397

3.4 Peta Trafik Penduduk

Peta trafik disini berguna untuk simulasi monte carlo dan ini hanya bertujuan untuk menguji *throughput*. Peta trafik ini merupakan peta distribusi calon pengguna untuk layanan LTE dipekanbaru pada tahun 2018. Untuk nilai penetrasi

sebesar 25% dari total jumlah penduduk Pekanbaru, ini didasarkan pada pengguna jaringan hanya akan berada pada rentang usia tertentu dan juga alat komunikasi yang digunakan tertentu. Pekanbaru terdiri dari 12 kecamatan dengan luas wilayah dan kepadatan penduduk yang berbeda-beda. Mengacu pada data BPS kota Pekanbaru tahun 2013 (BPS Kota Pekanbaru, 2013).

Tabel 3.12 calon pelanggan LTE kota Pekanbaru 2018

Kecamatan	tahun (pt) 2018	Pene- trasi	Estima si Pelang- gan LTE 2018	Pelang- gan LTE per km2
Tampan	23577 7,8	25 %	58944, 4	985,52 8
Payung Sekaki	11938 0	25 %	29845	690,21 7
Bukit Raya	12948 4,5	25 %	32371, 1	1468,0 8
Marpoyan Damai	16661 2,2	25 %	41653, 1	1400,5 7
Tenayan Raya	17453 6,9	25 %	43634, 2	254,76 9
Lima Puluh	47876 ,92	25 %	11969, 2	2962,6 8
Sail	25164 ,65	25 %	6291,1 6	1929,8 1
Pekanbaru Kota	30153 ,85	25 %	7538,4 6	3335,6 0
Sukajadi	52551 ,91	25 %	13137, 9	3494,1 4
Senapelan	40772 ,44	25 %	10193, 1	1532,8 0
Rumbai	87294 ,64	25 %	21823, 7	169,37 2
Rumbai Pesisir	86270 ,17	25 %	21567, 54	137,08 4
	11958 76		298969	18360, 6

Selanjutnya setiap kecamatan di kelompokkan lagi berdasarkan hasil tabel pelanggan LTE per km2 berdasarkan daerah morfologinya

Tabel 3.13 Pembagian daerah morfologi berdasarkan kecamatan

Urban	Suburban	Rural
Bukit Raya	Tampan	Tenayan Raya
Marpoyan Damai	Payung Sekaki	Rumbai
Lima Puluh Sail		Rumbai Pesisir
Pekanbaru Kota		
Sukajadi		
Senapelan		

Selanjutnya konfigurasi layanan LTE. untuk layanan LTE digunakan 5 layanan data, yaitu *Video Streaming*, *VoIP*, *Video Conferencing*, *Internet Access*, dan *download/upload*. Setiap pelanggan diasumsikan menggunakan perangkat UE berupa *mobile terminal* dengan kategori kelas 3.

Tabel 3.14 Karakteristik layanan LTE

Nama	Prio rity	Min TD(DL) (kbp s)	Min TD(UL) (kbp s)	Max TD(DL) (kbp s)	Max TD(UL) (kbp s)
VoIP	4	16	16	16	16
Internet Access	1	0	0	1536	1536
Video Streaming	2	1228	614	2356	1228
Video Conferencing	3	384	384	768	768
Download / Upload	0	0	0	4096	2048

Berdasarkan Tabel 3.14, Pada *video streaming*, *bit rate* yang digunakan mengacu pada *codec* H.264. Sedangkan

pada *VoIP*, *bit rate* yang digunakan mengacu pada *codec* G.728. Pada *video conferencing*, *bit rate* yang digunakan mengacu pada *codec* H.323. Pada *web browsing*, *bit rate* yang digunakan mengacu pada Huawei mLab 2014 (Huawei Technologies, 2014). Dan untuk *file transfer*, *bit rate* yang digunakan merupakan asumsi dari kebutuhan pelanggan yaitu 2 Mbps (Yusuf Setiawan, 2016).

Tabel 3.15 Karakteristik pelanggan LTE

Service	Calls/h our	UL volume (kbps)	DL volume (kbps)
VoIP	0,218	360	360
Video Conferencing	0,109	8640	8640
Video Streaming	0,236	40.320	80.640
Internet Access	0,589	14.400	28.800
Download / Upload	0,436	3.840	7.680

Selanjutnya adalah data tentang kepadatan pelanggan untuk setiap daerah morfologi di kota Pekanbaru. Dalam skripsi ini diasumsikan semua pelanggan bermobilitas *pedestrian* (3 km/jam). Selanjutnya dapat dilihat pada tabel 3.17.

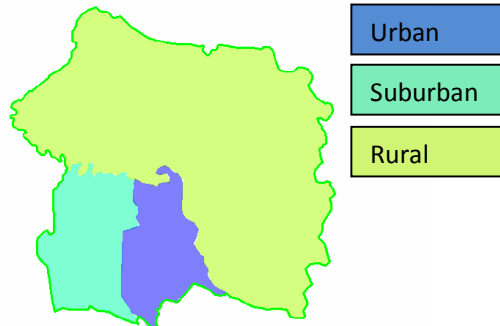
Tabel 3.17 Kepadatan daerah morfologi

Daerah Morfologi	Mobility	Density (km ²)
Urban	Pedestrian	1.716
Suburban	Pedestrian	862
Rural	Pedestrian	190

3.5 Peletakkan eNodeB

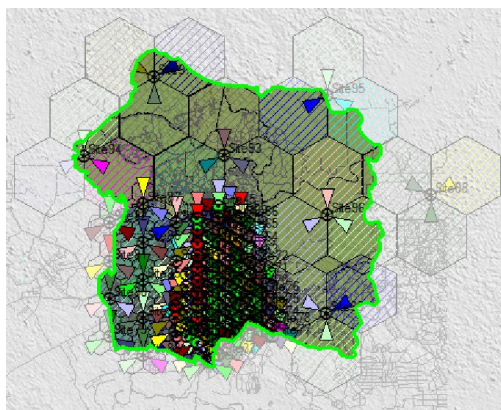
Sebelum melakukan peletakkan eNodeB, peta digital dikelompokkan berdasarkan daerah morfologinya dengan

warna tertentu, yaitu warna biru tua untuk daerah urban, warna biru muda untuk daerah sub-urban, dan warna kuning untuk daerah rural. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Pembagian daerah morfologi

Setelah mengelompokkan peta berdasarkan jenis morfologi maka selanjutnya dilakukan peletakkan eNodeB sesuai dengan daerah morfologinya.



Gambar 3.9 Peletakkan eNodeB

3. Hasil Dan Analisa

3.1 Analisis Simulasi Prediksi Cakupan

Atoll menyediakan beragam aplikasi dan analisis secara otomatis, salah satunya adalah prediksi untuk cakupan. Simulasi prediksi cakupan adalah salah satu kemampuan atoll untuk memprediksi cakupan sinyal pada suatu daerah. prediksi cakupan berupa prediksi cakupan sinyal level dan prediksi cakupan level CINR *downlink* dan CINR *uplink*.

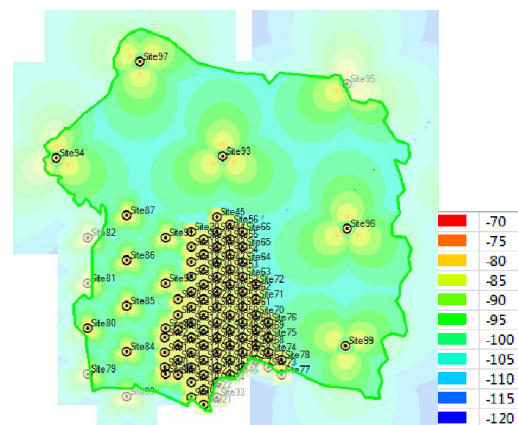
Tabel 4.1 eNodeB seluruh skenario

Band-width (MHz)	Total eNodeB	Jumlah eNodeB (kelas)		
		Urban	Sub urban	Rural
5	99	79	13	7
10	111	89	14	8
15	130	104	17	9
20	143	116	17	10

3.2 Simulasi Prediksi Cakupan Sinyal Level

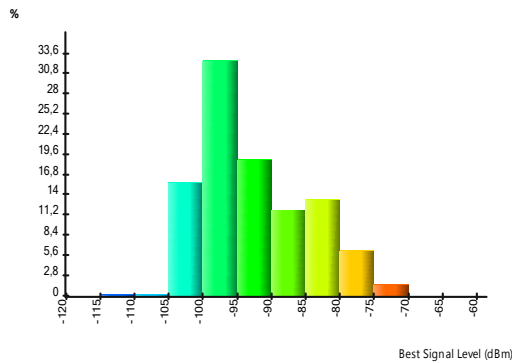
Cara kerja simulasi ini adalah dengan cara melakukan prediksi cakupan sinyal pada sisi *transmitter*.

Atoll menghitung berdasarkan *path loss*, target area cakupan nantinya akan tercakupi oleh beberapa prediksi berdasarkan jumlah *site* yang telah di letakkan pada peta digital. Berikut adalah gambar hasil simulasi prediksi sinyal level untuk skenario *bandwidth* 5 MHz.



Gambar 4.1 Simulasi prediksi sinyal level skenario skenario 1

Berikut adalah grafik simulasi prediksi sinyal level. Dimana persentase nilai sinyal level tertinggi berada pada *range* – 95 dBm sampai -100 dBm, yaitu dengan cakupan sebesar 32.6 % dari seluruh area Pekanbaru.



Gambar 4.2 Histogram Sinyal Level skenario 1

Tabel 4.2 Prediksi cakupan sinyal level estimasi skenario 1

Coverage by Signal level	% of cover ed area	Surface (km2)	% of Population
Signal Level (dBm) ≥ -75	1,533	9,655	1,53
Signal Level (dBm) ≥ -80	7,705	48,52	7,7
Signal Level (dBm) ≥ -85	20,91	131,73	20,92
Signal Level (dBm) ≥ -90	9	2	32,84
Signal Level (dBm) ≥ -95	32,84	206,83	7
Signal Level (dBm) ≥ -100	51,82	326,32	84,34
Signal Level (dBm) ≥ -105	84,34	531,15	9
Signal Level (dBm) ≥ -110	99,99	629,69	7
Signal Level (dBm) ≥ -115	99,99	629,7	8
Signal Level (dBm) ≥ -120	100	629,71	99,99

Tabel 4.3 Hasil prediksi sinyal level seluruh skenario

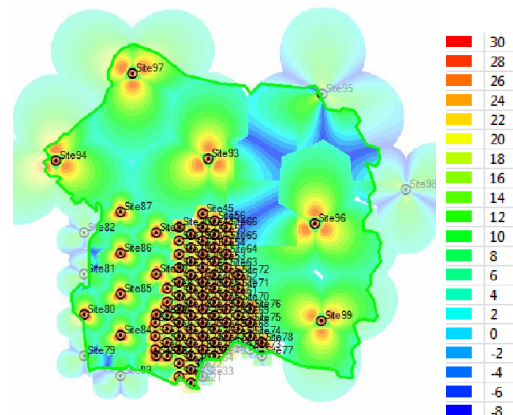
Bandwidth	Average signal level (dBm)	Coverage Signal Level (%)
5 Mhz	-97,41 dBm	100 %
10 MHz	-93,91 dBm	100 %
15 Mhz	-87,32 dBm	100 %
20 Mhz	-86,21 dBm	100 %

3.3 Simulasi Prediksi Cakupan Level CINR

3.3.1 Simulasi Prediksi Cakupan CINR *downlink*

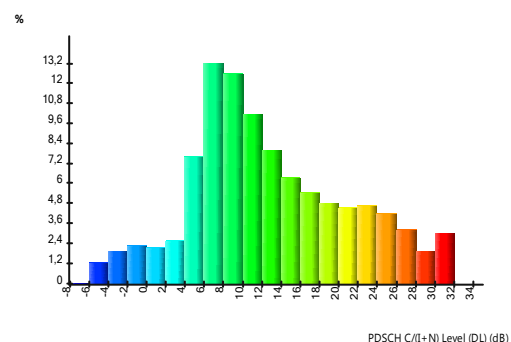
Cara kerja nya adalah dengan cara melakukan prediksi cakupan sinyal pada sisi *transmitter* berdasarkan nilai *downlink* CINR atau (*carrier to interference-noise ratio*).

Atoll menghitung berdasarkan *path loss*, target area cakupan nantinya akan tercakupi oleh beberapa prediksi berdasarkan jumlah *site* yang telah di letakkan pada peta digital. Berikut adalah gambaran hasil simulasi prediksi sinyal CINR *downlink* untuk skenario *bandwidth* 5 MHz.



Gambar 4.3 Simulasi prediksi cakupan SINR DL skenario 1

Berikut adalah grafik simulasi prediksi CINR *Downlink*.



Gambar 4.4 Histogram cakupan CINR DL skenario 1

Tabel 4.4 Prediksi cakupan CINR DL level skenario1

<i>Coverage by CINR DL</i>	<i>Surface (km2)</i>	<i>% of covered area</i>	<i>% of Population</i>
Level (DL) (dB) >=30	19,075	3	3,03
Level (DL) (dB) >=28	31,278	5	4,97
Level (DL) (dB) >=26	51,46	8,2	8,17
Level (DL) (dB) >=24	77,6	12,3	12,32
Level (DL) (dB) >=22	106,838	17	16,96
Level (DL) (dB) >=20	135,363	21,5	21,49
Level (DL) (dB) >=18	165,645	26,3	26,3
Level (DL) (dB) >=16	199,883	31,7	31,74
Level (DL) (dB) >=14	239,448	38	38,02
Level (DL) (dB) >=12	289,66	46	45,99
Level (DL) (dB) >=10	353,308	56,1	56,1
Level (DL) (dB) >=8	432,17	68,6	68,62
Level (DL) (dB) >=6	514,913	81,8	81,76
Level (DL) (dB) >=4	562,805	89,4	89,37
Level (DL) (dB) >=2	578,858	91,9	91,92
Level (DL) (dB) >=0	592,345	94,1	94,06
Level (DL) (dB) >=-2	606,338	96,3	96,28
Level (DL) (dB) >=-4	618,497	98,2	98,21
Level (DL) (dB) >=-6	626,188	99,4	99,43
Level (DL) (dB) >=-8	626,242	99,4	99,44

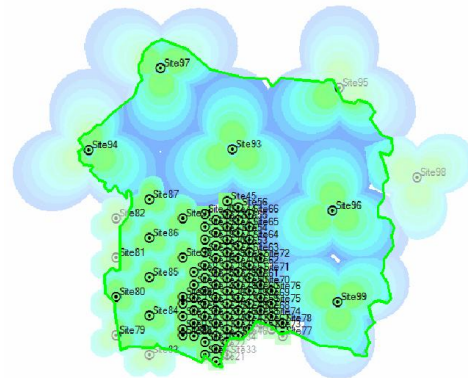
Tabel 4.5 Hasil prediksi CINR DL level seluruh skenario

<i>Bandwidth</i>	<i>Average CINR DL level (dB)</i>	<i>Coverage CINR DL (%)</i>
5 Mhz	19,88 dB	99,4 %
10 MHz	17,86 dB	89,3 %
15 Mhz	17,38 dB	86,9 %
20 Mhz	16,1 dB	80,4 %

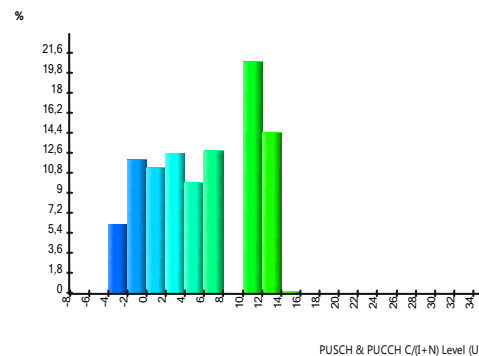
4.3.2 Simulasi Prediksi Cakupan CINR Uplink

Cara kerja prediksi cakupan CINR *uplink* adalah menghitung nilai sinyal pada sisi *transmitter* berdasarkan nilai *Uplink* CINR.

Atoll menghitung berdasarkan *path loss*, target area cakupan nantinya akan tercakupi oleh beberapa prediksi berdasarkan jumlah *site* yang telah di letakkan pada peta digital. Berikut adalah hasil untuk skenario 1 *bandwidth* 5 MHz.



Gambar 4.5 Simulasi prediksi cakupan CINR UL skenario 1



Gambar 4.6 Histogram cakupan CINR UL skenario 1

Tabel 4.6 Prediksi cakupan CINR UL level skenario 1

<i>Coverage by CINR UL</i>	<i>Surface (km²)</i>	<i>% of covered area</i>	<i>% of Population</i>
Level (UL) (dB) ≥ 14	0,003	0	0
Level (UL) (dB) ≥ 12	90,257	14,3	14,33
Level (UL) (dB) ≥ 10	220,27	35	34,98
Level (UL) (dB) ≥ 8	220,27	35	34,98
Level (UL) (dB) ≥ 6	300,348	47,7	47,69
Level (UL) (dB) ≥ 4	362,463	57,6	57,55
Level (UL) (dB) ≥ 2	441,52	70,1	70,11
Level (UL) (dB) ≥ 0	512,265	81,3	81,34
Level (UL) (dB) ≥ -2	587,508	93,3	93,29
Level (UL) (dB) ≥ -4	626,255	99,4	99,44
Level (UL) (dB) ≥ -6	626,255	99,4	99,44
Level (UL) (dB) ≥ -8	626,255	99,4	99,44

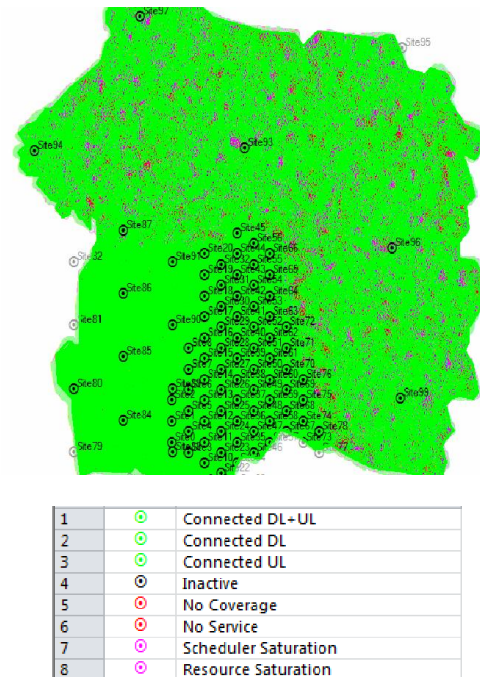
Tabel 4.7 Hasil prediksi CINR UL level seluruh skenario

<i>Bandwidth</i>	<i>Average CINR DL level (dB)</i>	<i>Coverage CINR DL (%)</i>
5 MHz	8,5 dB	99,4 %
10 MHz	7,9 dB	89,3 %
15 MHz	7,7 dB	86,9 %
20 MHz	7,3 dB	80,4 %

3.4 Simulasi Monte Carlo

Simulasi monte carlo seperti sebelumnya dijelaskan pada bab II adalah simulasi untuk melakukan analisis kapasitas jaringan, simulasi ini memodelkan suatu trafik telekomunikasi sesuai dengan distribusi pelanggan yang realistis, *path loss*, dan layanan yang

disediakan. simulasi ini juga bertujuan untuk menguji kehandalan pada simulasi sebelumnya, yaitu simulasi prediksi cakupan. Berikut pada gambar 4.7 adalah hasil simulasi kota Pekanbaru untuk skenario 1 *bandwidth* 5 MHz.



Gambar 4.7 Hasil simulasi Monte Carlo skenario 1

Keterangan :

1. *Connected DL+UL* : Sedang melakukan *downlink* dan *uplink*.
2. *Connected DL* : Sedang melakukan *downlink*.
3. *Connected UL* : Sedang melakukan *uplink*.
4. *Inactive* : dalam keadaan tidak aktif.
5. *No Coverage* : Tidak mendapatkan best server area.
6. *No Service* : Tidak mendapatkan *bearer*.
7. *Scheduler Saturation* : Tidak berada Pada *list Scheduling*.
8. *Resource Saturation* : Semua *resource* pada suatu sel telah habis digunakan *user* lain.

Berikut hasil data rata – rata pelanggan yang tersambung ke jaringan dan pelanggan yang gagal tersambung.

Tabel 4.8 Data pelanggan hasil simulasi monte carlo seluruh skenario

<i>Band width (MHz)</i>	Pelanggan yang tersambung	(%)	Pelanggan yang gagal tersambung	(%)
5	39.158	82,7	8.216	17,3
10	40.778	86,4	6.411	13,6
15	40.895	86,4	6.416	13,6
20	31.235	66	16.077	34

Berikut pada Tabel 4.9 adalah penjelasan lebih lanjut tentang data pelanggan yang tersambung ke jaringan dari seluruh skenario. Untuk pelanggan yang tersambung ke jaringan di bagi berdasarkan pelanggan yang sedang melakukan *downlink*, *uplink*, dan *downlink + uplink*.

Tabel 4.9 Data pelanggan tersambung seluruh skenario

<i>Band width</i>	Jumlah pelanggan yang tersambung		
	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>	<i>Downlink + Uplink</i>
5 MHz	22.792	15.888	478
10 MHz	23.537	16.766	486
15 MHz	23.788	16.620	493
20 MHz	18.676	12.194	365

Selanjutnya Tabel 4.10 adalah penjelasan data pelanggan yang gagal tersambung ke jaringan dari seluruh skenario. Untuk pelanggan yang gagal tersambung ke jaringan di bagi berdasarkan *no coverage*, *no service*, *scheduler saturation* dan *resource saturation*.

Tabel 4.10 Data pelanggan gagal tersambung seluruh skenario

<i>Band width</i>	Jumlah pelanggan yang gagal tersambung			
	<i>NC</i>	<i>NS</i>	<i>SS</i>	<i>RS</i>
5 MHz	941	1	0	7.274
10 MHz	1.659	0	0	4.752
15 MHz	2.705	0	0	3.711
20 MHz	12.398	0	0	3.679

Keterangan :

NC = No Coverage

NS = No Service

SS = Schedule Saturation

RS = Resource Saturation

Selanjutnya adalah pembagian data pelanggan tersambung berdasarkan karakteristik layanan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.11, berturut dari *bandwidth* 5 MHz sampai *bandwidth* 20 MHz.

Tabel 4.11 distribusi layanan hasil simulasi monte carlo

<i>DL/UL</i>	Jumlah total pelanggan tersambung			
	<i>VC</i>	<i>VS</i>	<i>VoIP</i>	<i>IA</i>
2.186	2.213	6.673	6.478	21.607
2.135	2.191	8.935	6.302	21.227
2.077	2.211	9.699	5.986	20.923
1.660	1.692	7.015	4.339	16.289

Keterangan :

DL/UL = Download / Upload

VC = Video Conference

VS = Video Streaming

VoIP = VoIP

IA = Internet Access

Berikutnya adalah hasil rata – rata *throughput* pelanggan untuk setiap

karakteristik layanan LTE, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Rata – Rata *throughput* pelanggan

layanan	Rata - Rata <i>Throughput</i> <i>Downlink</i> (kbps)	Rata - Rata <i>Throughput</i> <i>Uplink</i> (kbps)
VoIP	16	16
Video conference	601	522
Video Streaming	1.650	963
Internet Access	302,25	425,75
Download / Upload	528,5	454,5

Tabel diatas adalah hasil rata – rata nilai *throughput* yang didapatkan pada simulasi monte carlo. Untuk nilai rata – rata *throughput* VoIP, *Video Conference* dan *Video streaming* telah mencapai nilai yang diinginkan seperti pada tabel 3.14. Sedangkan nilai rata – rata *throughput* yang didapat *internet access* dan *download / upload* cenderung tidak sesuai yang diharapkan dan hanya memenuhi 50 % dari *throughput* permintaan. Hal ini disebabkan karena *internet access* dan *download / upload* memiliki *priority* yang lebih rendah sehingga kapasitas dari sistem lebih banyak digunakan oleh layanan yang lebih diprioritaskan.

4. Kesimpulan

1. Jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan untuk frekuensi 5 MHz sebanyak 99 *site*, untuk frekuensi 10 MHz sebanyak 111 *site*, untuk frekuensi 15 MHz sebanyak 130 *site*, dan untuk frekuensi 20 Mhz sebanyak 143 *site*.
2. Hasil simulasi prediksi sinyal level untuk frekuensi 5 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 99,99 %. Untuk frekuensi 10 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 99,99 %. Sedangkan untuk frekuensi 15 MHz

memberikan luas area cakupan mencapai 99,99 %. Dan untuk frekuensi 20 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 99,98 %. dengan nilai RS minimal sebesar (-105 dBm) untuk semua skenario.

3. Hasil simulasi prediksi CINR level untuk frekuensi 5 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 99,4 %. Untuk frekuensi 10 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 89 %. Sedangkan untuk frekuensi 15 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 86,7 %. Dan untuk frekuensi 20 MHz memberikan luas area cakupan mencapai 80,4 %. dengan CINR level minimum sebesar (-6,5 dBm) untuk semua skenario.
4. Hasil simulasi monte carlo menunjukkan persentase pelanggan yang sukses tersambung ke jaringan pada frekuensi 5 MHz sebesar 82,7 %. untuk frekuensi 10 MHz sebesar 86,4 %. sedangkan untuk frekuensi 15 MHz sebesar 86,4 %. dan untuk frekuensi 20 MHz sebesar 66 % pelanggan yang tersambung ke jaringan.
5. Hasil simulasi monte carlo untuk layanan VoIP memberikan hasil rata-rata nilai *throughput* sebesar 16 kbps untuk *downlink* dan *uplink*. Untuk layanan *video conference* memberikan hasil rata- rata nilai *throughput* sebesar 601 kbps untuk *downlink* dan 522 kbps untuk *uplink*. Untuk layanan *video* memberikan hasil rata- rata nilai *throughput* sebesar 1.650 kbps untuk *downlink* dan 963 kbps untuk *uplink*. Untuk layanan *internet access* memberikan hasil rata- rata nilai *throughput* sebesar 302,25 kbps untuk *downlink* dan 425,75 kbps untuk *uplink*. Dan terakhir untuk layanan *download / upload* memberikan hasil rata- rata nilai *throughput* sebesar 528,5 kbps untuk *downlink* dan 454,5 kbps untuk *uplink*.

4.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut dapat direkomendasikan untuk melakukan penelitian menggunakan metode duplex TDD, *interferensi* dan *noise* pada suatu jaringan, menggunakan frekuensi 2100 MHz, dan melakukan optimasi jaringan. Sehingga dapat menjadi pembandingan kemampuan jaringan nya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad nurholis, 2014. Perancangan jaringan teknologi *long term evolution* (LTE) berdasarkan kapasitas sel di wilayah kabupaten jember, Skripsi Sarjana, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jember.
- Atoll User Manual Radio version 3.1.2.
- Atoll Technical Reference Guide version 3.2.1.
- Badan Pusat Statistik, 2013. "Profil Kependudukan Kota Pekanbaru 2013".
- Earthexplorer.usgs.gov, (di akses pada 2 desember 2015)
- Frans Risky J, P, 2014. Analisis perancangan jaringan Long Term *Evolution* (LTE) di wilayah kota Banda Aceh dengan *Fractional Frequency Reuse* sebagai manajemen interferensi, Jurnal, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom.
- Huawei Technologies, 2014. "xMbps Anytime Anywhere White Paper".
- I. El-Feghi, Zakaria Sulimanzubi, A.Jamil, H. Algabroun, 2012. *Long Term Evolution Network Planning and Performance Measurement*, Jurnal, Faculty of Engineering, University of Tripoli, Tripoli, Libya
- Jaafar A. Aldhaibani, 2013. *On Coverage Analysis for LTE-A Cellular Networks*, Journal, School of Computer & Communication Engineering, University Malaysia Perlis (UniMAP)
- Lingga Wardhana, 2014. Bagus Facsi Aginsa, Anton dewantoro, Isyabel Harto, Gita Mahardika, Alfin Hikmaturokhman, 4G Handbook edisi Bahasa Indonesia.
- Marwa Elbagir Mohammed, 2014. *LTE Radio Planning Using Atoll Radio Planning and Optimization Software*, Jurnal International, Faculty of Engineering, EL-Neelain University, Khartoum, Sudan
- M Ridwan Fauzi, 2015. Perencanaan jaringan LTE FDD 1800 MHz di kota Semarang menggunakan Atoll, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- Motorola, 2011. "LTE RF Planning Guidelines, Version 1.2." USA: Motorola.
- Nokia Siemens Network, 2011. "LTE RPESS; LTE Link Budget".
- Nokia Siemens Network, 2011. "Air Interface Dimensioning".
- Wisnu Hendra Pratama, 2014. Analisis perencanaan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) menggunakan metode *frekuensi reuse 1*, *fractional frequency reuse* dan *soft frequency reuse* studi kasus kota di Bandung, Jurnal, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- Yusup Rudyanto, 2010. Lapisan fisik pada teknologi *long term evolution* (LTE) di PT TELKOM R&D Center Bandung, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- Yusuf Setiawan, 2016. Perencanaan Jaringan LTE TDD 2300 MHz di Semarang Tahun 2015 – 2020. Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.