

Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Menggunakan Parameter *Existing* Di Universitas Riau

Andika Syahputra Tanjung*, Febrizal**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: andikatanjung7@gmail.com

ABSTRACT

This paper proposes Long Term Evolution (LTE) network design using of which is eNodeB parameter data existing supplied by Telkomsel operators in the area of Universitas Riau, Pekanbaru. The design was involved several stages namely data analysis, network planning based on capacity (Capacity Planning), network planning based on area coverage (Planning Coverage) and the final stage of design to do simulation using the software atoll. Based on capacity planning, obtained a maximum capacity of cell is 100.6 Mbps with the coverage area cells 1,001 Km² and radius cells 0.444 Km² so obtained 4 eNodeB. Based on obtained coverage planning, obtained a link budget calculation parameters are planning well enough in accordance with the standards of quality coverage planning, with extensive coverage area cells 262.8 Km² and radius cells 7.2 Km² so obtained 1 eNode. Universitas Riau have urban morphology with an area of 3.62 Km² and 13.978 subscribers, simulation of design on software atoll generate an average signal level -72.11 dBm.

Keywords : LTE, planning capacity, Planning Coverage, Average Signal Level

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan teknologi telekomunikasi pada dewasa ini semakin berkembang ditandai dari pesatnya perkembangan teknologi jaringan seluler dengan beralihnya komunikasi suara menuju komunikasi data didasari oleh semakin meningkatnya kebutuhan pelanggan akan layanan data berkapasitas besar dan kecepatan tinggi sehingga mendorong *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk mengembangkan teknologi *Long Term Evolution* (LTE). Teknologi LTE merupakan teknologi generasi ke empat (4G) diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya, kemampuan dan keunggulan dari LTE terhadap teknologi sebelumnya dalam transfer data kecepatannya hingga 100 Mbps untuk

downlink dan 50 Mbps untuk *uplink* pada *channel bandwidth* 20MHz.

Peningkatan jumlah layanan komunikasi internet mendasari munculnya teknologi 4G LTE karna memberikan kemudahan bagi pengguna internet untuk mengakses data secara *mobile*. Peningkatan jumlah pelanggan akan memberikan pengaruh pada kualitas data yang akan diterima. Semakin banyak pengguna yang mengakses, maka kualitas akan semakin menurun karena prinsipnya adalah *sharing bandwidth*. Agar kualitas layanan yang diterima masih terjaga, operator perlu mempertimbangkan lebar *bandwidth* atau jumlah *site*.

Perancangan jaringan LTE di lingkungan perkuliahan atau universitas merupakan hal yang harus dipertimbangkan

secara khusus oleh operator-operator telekomunikasi agar memberikan layanan yang terbasik kepada pelanggan. Lingkungan perkuliahan atau universitas memiliki banyak mahasiswa dan karyawan yang beraktifitas, berintraksi dan berkomunikasi menggunakan *handphone celluler* seperti telah menjadi kebutuhan sehari-hari didorong oleh faktor-faktor mulai dari sebagai alat berkomunikasi dan sampai alat bantu dalam melakukan aktifitas peroses belajar mengajar dan kerja. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan jaringan 4G LTE sebagai teknologi seluler terbaru dengan mempertimbangkan *coverage area*, *cell capacity*, jumlah pelanggan, kualitas sinyal dan beberapa faktor lain.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Long Term Evolution

Teknologi *wireless* generasi keempat (4G) meliputi seluruh teknologi *broadband wireless* yang memiliki kemampuan dengan layanan kecepatan, *Quality of Experience* (QoE) dan *Quality of Service* (QoS) yang tinggi dan lebih baik dibandingkan dengan teknologi pada generasi sebelumnya. Teknologi 4G ditandai dengan munculnya *Long Term Evolution* (LTE), LTE merupakan standar komunikasi data jaringan seluler berkecepatan tinggi dikembangkan oleh *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) sebuah standar spesifikasi teknis sebagai evolusi dan pemeliharaan teknologi seluler untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan seperti pada generasi kedua (2G) dan generasi ketiga (3G). Tujuan dari LTE adalah untuk menyediakan *mobile broadband wireless access* yang mendukung kecepatan data yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, spektrum yang lebih luas dan teknologi paket data yang lebih optimal dari teknologi-teknologi seluler pada generasi sebelumnya.

2.2 Perencanaan Jaringan LTE

Perencanaan jaringan secara umum bertujuan untuk membangun jaringan yang efektif dan efisien, begitu juga pada perencanaan jaringan LTE. Oleh karena itu,

dalam perancangan penelitian ini akan membahas tentang perencanaan jaringan LTE berdasarkan kapasitas (*Capacity Planning*), dan perencanaan jaringan LTE berdasarkan cakupan (*Coverage Planning*) banyak faktor yang harus diperhatikan diantaranya adalah jumlah pelanggan, morfologi daerah, kapasitas sel, standar parameter yang telah ditetapkan, pengukuran radio frekuensi, *link budget*, dan model propagasi.

2.3 Capacity Planning LTE

Capacity Planning digunakan untuk mengetahui estimasi jumlah pelanggan, trafik pelanggan atau perhitungan OBQ, pembagian morfologi dan kapasitas sel suatu eNodeB. Kapasitas suatu jaringan merupakan salah satu tolak ukur dalam perencanaan, sehingga operator dapat memprediksi berapa besar jaringan dapat menampung *user* dengan berbagai macam layanan.

a. Estimasi Jumlah Pelanggan

Untuk mengestimasi jumlah pelanggan pada penelitian perencanaan *capacity* LTE dapat dilakukan dengan data jumlah pelanggan pada operator telekomunikasi dengan data *existing* teknologi 3G apabila perencanaan yang dilakukan menggunakan *site* atau eNodeB *existing* pada operator telekomunikasi, dan perencanaan *capacity* LTE dapat dilakukan dengan data asumsi apabila perencanaan yang dilakukan menggunakan *site* atau eNodeB baru dan daerah perencanaan merupakan daerah khusus atau berfokus pada daerah perencanaan tersebut saja.

b. Kepadatan Trafik

Offered Bit Quantity (OBQ) adalah total *bit throughput* per km^2 pada jam sibuk. Untuk menghitung OBQ ($Mbps/km^2$) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.1 berikut ini.

$$OBQ = c \times \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW$$

c. Kapasitas Sel

Kapaitas dari suatu sel dapat diukur dari jumlah bit sistem yang dapat dikirim per *Hertz* dari *bandwidth* tiap detik (bps/Hz). Untuk

menghitung kapasitas suatu kanal dapat diketahui dengan menggunakan persamaan *Shannon-harthey capacity* pada rumus 2.2 berikut ini.

$$C = B \text{Log}_2(1+\text{SNR})$$

d. *Cell Dimensioning* berdasarkan Kapasitas
 Sebelum melakukan perhitungan jari-jari sel dan mencari jumlah eNodeB, terlebih dahulu harus memperhitungkan hal-hal seperti Luas cakupan dari suatu sel dapat diketahui dengan menghitung hasil bagi antara kapasitas suatu sel dengan nilai OBQ, sehingga dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.3 berikut ini.

$$\text{Luas cakupan sel} = \frac{\text{kapasitassel} \times 3}{\text{OBQ}} \text{ (km}^2/\text{sel)}$$

Jari-jari sel atau radius berdasarkan kapasitas untuk 3 sektor, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.4 berikut ini.

$$d = \sqrt{\frac{\text{LuasKapasitasSel}}{195 \times 26}} \text{ (km)}$$

Jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk mampu menangani trafik pada wilayah perencanaan yang ada, jumlah sel yang dibutuhkan dapat diperoleh dari hasil bagi antara luas daerah perencanaan dengan luas cakupan suatu sel, sehingga diperoleh persamaan pada rumus 2.5 berikut ini.

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{LuasAreaPerencanaan}}{\text{LuasCakupanSelCapacity}} \text{ (sel)}$$

2.4 Coverage Planning LTE

Perhitungan *coverage planning* menghitung area dimana sinyal dapat diterima oleh UE atau *receiver*. Hal ini menunjukkan maksimum area yang dapat di cakup oleh eNodeB. Perencanaan *Coverage planning* termasuk pengukuran radio frekuensi, *link budget* dan perhitungan model propagasi yang digunakan.

a. Pengukuran Radio Frekuensi

Pengukuran *Radio Frequency* (RF) pada LTE ditentukan oleh 3GPP berdasarkan *Equivalent Isotropical Radio Power* (EIRP), *Signal to Interface and Noise Ratio* (SINR), *Reference Signal Received Power* (RSRP), dan MAPL.

Standar kualitas SINR dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Standar Kualitas SINR
 (Sumber: 4G Handbook, 2015)

Kategori	Range
<i>Good</i>	16 dB to 30 dB
<i>Normal</i>	1 dB to 15 dB
<i>Bad</i>	-10 to 0 dB

Standar kualitas RSRP dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Standar Kualitas RSRP
 (Sumber: 4G Handbook, 2015)

Kategori	Range
<i>Good</i>	-70 dB to -90 dB
<i>Normal</i>	-91 dB to -110 dB
<i>Bad</i>	-110 dB to -130 dB

b. Parameter *Link Budget*

Link budget adalah perhitungan dari semua *gain* pemancar dan penerima setelah melalui redaman diberbagai media transmisi hingga akhirnya diterima oleh *receiver* di dalam sebuah sistem telekomunikasi. Perhitungan *link budget* juga digunakan untuk mengetahui estimasi nilai maksimum dari pelemahan sinyal yang diperbolehkan antara UE dengan eNodeB, nilai pelemahan sering disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL)

c. Model Propagasi Propagasi Cost-231 Hatta

Pemilihan model propagasi didasarkan pada tipe daerah, ketinggian antenna, frekuensi yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan model propagasi model propagasi Cost-231 Hatta, standar persamaan untuk perhitungan model propagasi ini dapat diketahui dengan

menggunakan persamaan pada rumus 2.6 berikut ini.

$$L_p = 46,3 + (33,9 \times \log(fc)) - (13,82 \times \log(hb)) - a(h_m) + CM + [(44,9 - (6,55 \times \log(hb))] \times \log(d)$$

d. *Cell Dimensioning* berdasarkan *Coverage*

Sebelum melakukan perhitungan luas cakupan sel dan mencari jumlah eNodeB, terlebih dahulu harus memperhitungkan hal-hal seperti radius cakupan dari suatu sel, nilai radius berdasarkan *coverage* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.7 berikut ini.

$$d = 10^{\log(d)}$$

Setelah mendapatkan radius antara eNodeB ke suatu UE langkah selanjutnya adalah luas area cakupan sel untuk 3 sektor, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada rumus 2.8 berikut ini

$$L = 1.95 \times 2.6 \times d^2$$

Jumlah eNodeB pada perencanaan cakupan area didapatkan berdasarkan dari hasil bagi antara luas daerah perencanaan dengan luas cakupan suatu sel dengan persamaan pada rumus 2.9 berikut ini.

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{LuasAreaPerencanaan}}{\text{LuasCakupanSelCoverage}} (\text{sel})$$

2.5 Peta Morfologi Universitas Riau

Seperti yang telah disebutkan pada pembahasan *link budget* selain pemilihan teknologi, faktor geografis juga memiliki andil dalam menentukan cakupan dari LTE. Dengan luas tertentu maka harus diperhitungkan berapa perangkat yang harus terpasang. Wilayah Kampus Bina Widya Universitas Riau dengan luas wilayah 362 Hektar atau 3.62 km^2 Kampus Bina Widya Universitas Riau merupakan Universitas dengan jumlah mahasiswa 26.998 dan Dosen 953 tentu

memiliki tingkat mobilitas pengguna jaringan telekomunikasi yang sangat tinggi.

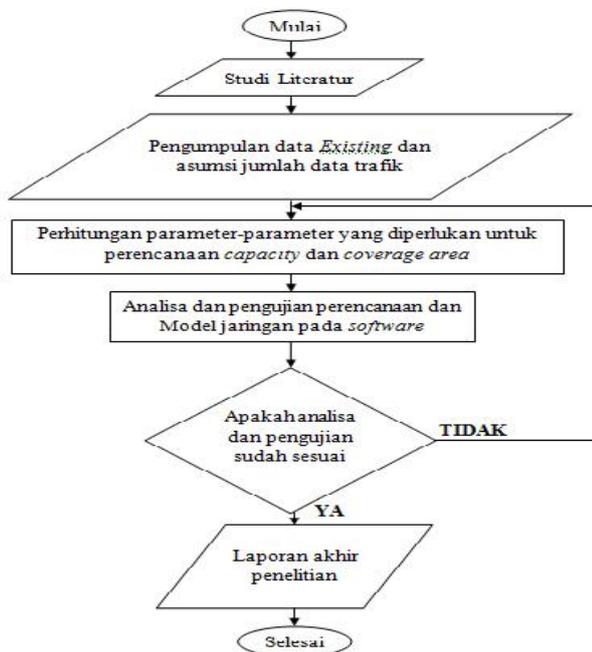
2.6 *Software Radio Planning Atoll*

Perangkat lunak Atoll adalah sebuah *software* yang digunakan untuk perancangan *radio network* dan *optimization network*. Perangkat lunak ini mendukung perancangan jaringan seluler. Dalam perencanaan jaringan seluler, Atoll menyediakan template untuk masing-masing standar teknologi. Hal ini lebih memudahkan untuk melakukan simulasi perencanaan.

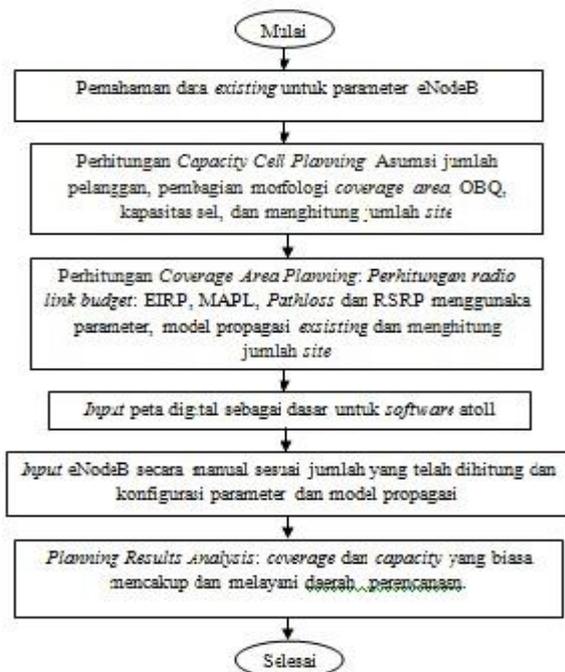
III. METODOLOGI PENELITIAN

Peroses perencanaan jaringan LTE di Universitas Riau dilakukan berdasarkan data parameter eNodeB *Existing* operator seluler Telkomsel dari PT. TELKOMSEL INDONESIA Tbk dan jumlah trafik pelanggan merupakan data asumsi dari jumlah mahasiswa dan dosen Universitas Riau, proses penelitian dimulai dengan mengumpulkan dan memahami studi literatur tentang teknologi seluler 4G LTE yang berfokus pada perencanaan *capacity*, perancangan *coverage*, perhitungan *Link Budget* dan jaringan seluler *existing*, kemudian memahami *software* Atoll sebagai simulasi perancangan *radio network* dan *optimization network* perancangan yang digunakan. Selanjutnya mengumpulkan data parameter eNodeB *existing* pada PT. Telkomsel Indonesia Tbk dan juga mengumpulkan data jumlah mahasiswa dan dosen serta morfologi dan luas wilayah Universitas Riau di kampus Bina Widya, Panam. Tahap selanjutnya setelah data telah terkumpul maka memulai perencanaan dengan melakukan perhitungan dan analisis *capacity* jaringan, *coverage* area dan *link budget*. Tahap akhir perencanaan yaitu melakukan simulasi model jaringan LTE di *software* Atoll dengan data *existing* yang diperoleh. Setelah itu hasil perencanaan akan dicobakan dan dianalisa apakah hasilnya sudah sesuai dengan yang diinginkan. Diagram alir penelitian dari perencanaan jaringan LTE berdasarkan

eNodeB *Existing* di Universitas Riau dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Perencanaan model jaringan

Pada penelitian ini data parameter dasar eNodeB merupakan data *existing* dari eNodeB operator Telkomsel, data *existing* eNodeB operator Telkomsel dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Data parameter eNodeB dan Model Propagasi *Input* eNodeB *Existing* (PT. Telkomsel Indonesia Tbk, 2016)

Model Propagasi	
Frekuensi Carrier	1800 MHz
Bandwidth	10 MHz
Multiplaxing	FDD
Model Propagasi	Cost-231 Hatta
Model Antena	MIMO 2x2
Physical Antena	65deg 17dBi 6Tilt
Modulasi	16QPSK
Tinggi Antena eNodeB	30 m
Tinggi Antena UE	1.5 m

3.1 Capacity Planning

Perencanaan *capacity* merupakan perencanaan secara umum dengan mempertimbangkan banyak faktor yang harus diperhatikan, diantaranya adalah standar parameter yang telah ditetapkan dan permintaan pelanggan untuk memenuhi kebutuhan yang telah ditetapkan serta permintaan untuk memenuhi kebutuhan yang akan datang dengan penyesuaian *capacity planning*.

a. Perhitungan *Offered Bit Quantity* (OBQ)

Perhitungan OBQ dimulai dengan meninjau perhitungan jumlah *use*, jumlah *user* pada penelitian ini didapatkan dari mahasiswa dan dosen di universitas riau dengan asumsi pengguna layanan LTE sebanyak 50% dari jumlah mahasiswa dan dosen di Universitas Riau Kampus Bina Widya. Data jumlah mahasiswa dan dosen juga hasil pengguna layanan 4G LTE operator Telkomsel dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.2 Jumlah Pelanggan Layanan 4G LTE (Universitas Riau, 2016)

Fakultas	Mahasiswa	Dosen
FT	3249	158
FMIPA	2228	122
FE	5823	168
FISIP	4804	103
FKIP	5308	213
FAPERIKA	3016	105
FAPERTA	2575	84
Jumlah	27003	953
Total	27956	
User	13978	

Perhitungan OBQ didapatkan dengan menggunakan persamaan rumus 2.1 didapatkan nilai OBQ pada perencanaan dengan data dapat dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.3 Kapasitas OBQ

service	OBQ		
	Building	Pedestrian	Vhicular
VoIP	4.37184	1.55443	0.91809
Vidio	12.2412	4.89646	4.72159
FTP	40.986	14.5728	16.3944
Jumlah(Mbps)	57.599	21.0237	22.0341
Total (Mbps)	100.6567584		

Untuk mengetahui kapasitas suatu cell LTE dapat dihitung menggunakan persamaan dengan rumus 2.3 dan sehingga untuk menampung user dapat dilihat pada tabel 3.4 merupakan hubungan antara penggunaan bandwidth dan modulasi, pada implementasi eNodeB LTE operator, operator Telkomsel menggunakan bandwidth 10 MHz dengan modulasi 16 QAM didapatkan sebesar 33.6 Mbps kebutuhan pelanggan dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Kapasitas Cell

Bandwidth (MHz)	Modulation		
	QPSK (Mbps)	16 QAM (Mbps)	64 QAM ((Mbps)
1.4	2.016	4.032	6.048
3	5.04	10.08	15.12
5	8.4	16.8	25.2
10	16.8	33.6	50.4
15	25.2	50.4	75.6
20	33.6	67.2	100.8

b. Perhitungan *Cell Dimensioning* Berdasarkan *Capacity Planning*

Perancangan dimulai dengan Perhitungan luas cakupan, radius dan kemudian perhitungan jumlah eNodeB. Pembagian

morfologi area di universitas Riau dapat dikategorikan sebagai daerah Urban dengan ciri-ciri daerah perencanaan padat penduduk, banyak terdapat bangunan seperti area kelas-kelas perkuliahan atau laboratorium, dan bangunan tinggi seperti pertokoan dan pohon-pohon besar dan tinggi yang tinggi. Penelolahan area perencanaan dapat dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Pengelolaan Area Perencanaan
(Sumber: LAKIP UR, 2012)

	Luas /Hektar	Luas km^2	User km^2	Area
UNRI	3.62	3620	3795	Urban

Mendapatkan luas cakupan berdasarkan kapasitas suatu eNodeB menggunakan persamaan pada rumus 2.3 berikut ini.

$$L = (\text{kapasitas sel} \times 3) / \text{OBQ}_{\text{total}}$$

$$L = 1,001 \text{ km}^2$$

Mendapatkan nilai jari-jari sel berdasarkan kapasitas menggunakan persamaan rumus 2.4 berikut ini.

$$d = \sqrt{\frac{L}{26 \times 195}}$$

$$d = 0,444 \text{ km}^2$$

Jumlah eNodeB yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan rumus 2.5 berikut ini.

$$\text{Jumlah eNodeB} = \frac{\text{LuasAreaPerencanaan}}{\text{LuasCakupanSel}}$$

$$\text{Jumlah eNodeB} = 3,6 \text{ site} \approx 4 \text{ site}$$

3.2 Coverage Planning

Untuk mengetahui nilai MAPL antara UE dengan eNodeB, nilai MAPL dijadikan acuan pada model propagasi sehingga nilai path loss tidak melebihi MAPL

a. *Radio Link Budget*

Parameter *link budget* pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.6, tabel 3.7 dan tabel 3.8 berikut ini

Tabel 3.6 General parameter *link budget*
(Sumber: Andes, 2016)

	Link Budget	FDD 10 MHz	
		Downlink	Uplink
General	Operating Band (MHz)	1800	
	Data Rate (Kbps)	256	128
	Allocated RB	8	5
	Allocated Subcarriers	90	60

Tabel 3.7 Transmitter Link Budget eNodeB

	Link Budget	FDD 10 MHz	
		Downlink	Uplink
Transmitter	Tx RF Power (dBm)	46	23
	Tx Antena Gain (dBi)	18	0
	Feeder Loss per m (dBm)	0.06	0
	Feeder Length (m)	50	0
	Feeder Loss Line Loss (dB)	3	0
	EIRP (dBm)	61	23

Tabel 3.8 Receiver Link Budget eNodeB

	Link Budget	FDD 10 MHz	
		Downlink	Uplink
Receiver	kT (dBm Hz)	-174	
	Thermal Noise per Subcarrier (dbm)	-132.2	-132.2
	Aggregate Thermal Noise (dBm)	-113.7	-116.7
	Noise Figure (dBm)	6	4
	Required SINR at Cell Edge (dB)	-4.1	-5.1
	Fast Fade Margin (dB)	0	0
	Rx Sensitivity (dBm)	-111.8	-117.8
	Rx Antena Gain (dBi)	0	18
	Rx RF Line Loss (dB)	0	3
	Effective Rx Sensitivity (dBm)	-111.8	-132.8
	Geometry Factor (dB)	0	0
	Cell Load (%)	50%	50%
	Interference Margin	0.9	0.7
	Body Loss (dB)	0	0

Perhitungan RSRP Seluruh Skenario dapat dilihat pada tabel 3.9 dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 3.9 Perhitungan RSRP Seluruh Skenario

Parameter	Formula	Bandwidth 10 MHz
EIRP DL (dBm)	J	61
EIRP DL <i>subcarrier</i> (dBm)	$y = j \cdot 10 \log(d)$	66.45
Min MAPL (dB)	z	154.74
<i>Shadowing</i> (dB)	aa	5.36
RSRP (dBm)	$ab = j - z - aa$	-99.1

b. Perhitungan Model Propagasi

Untuk mendapatkan nilai radius pancaran suatu antena eNodeB yang di rencanakan diperlukan perhitungan model propagasi yang digunakan dengan menyesuaikan frekuensi kerja eNodeB dan bentuk area eNodeB. Pada penelitian ini penulis menggunakan frekuensi kerja eNodeB *existing* operator Telkomsel dengan frekuensi 1800 MHz dengan analisis Universitas Riau merupakan daerah Urban, sehingga perencanaan ini menggunakan model propagasi Cost231-Hatta, Pada persamaan ini nilai *path loss* sama dengan nilai MAPL dengan perhitungan menggunakan persamaan rumus 2.6 berikut ini.

$$L_p = 46,3 + (33,9 \times \log(fc)) - (13,82 \times \log(hb)) - a(hm) + C + [(44,9 - (6,55 \times \log(hb))] \times \log(d)$$

$$L_p = 154.74 \text{ dB}$$

$$L_p = \text{MAPL}$$

Untuk mendapatkan nilai Log(d) juga dengan menggunakan persamaan rumus 2.6 berikut ini.

$$\text{Log}(d) = \frac{\text{MAPL} - 46,3 + (33,9 \times \log(fc)) - (13,82 \times \log(hb)) - a(hm) + C}{[(44,9 - (6,55 \times \log(hb))]}$$

$$\text{Log}(d) = 0.86$$

c. Perhitungan *Cell Dimensioning* Berdasarkan *Coverage Planning*

Perhitungan jari-jari sel atau radius diperhitungkan untuk mendapatkan nilai banyaknya jumlah eNodeB yang diperlukan untuk mencakup seluruh arean perencanaan di Universitas Riau, adapun untuk mendapatkan

nilai jari-jari sel menggunakan persamaan rumus 2.7 berikut ini.

$$d = 10^{\log(d)}$$

$$d = 7.2 \text{ Km}^2$$

Perhitungan luas cakupan pada penelitian ini menggunakan tiga sektoral pada setiap eNodeB sehingga untuk mendapatkan luas cakupan berdasarkan cakupan area suatu eNodeB menggunakan persamaan rumus 2.8 berikut ini.

$$L = 1.95 \times 2.6 \times d^2$$

$$L = 262.8 \text{ Km}^2$$

Setelah ditemukan luas tiap sel dan jari-jari, maka bisa dihitung jumlah eNodeB yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan rumus 2.9 berikut ini.

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{LuasAreaPerencanaan}}{\text{LuasCakupanSelCoverage}} (\text{sel})$$

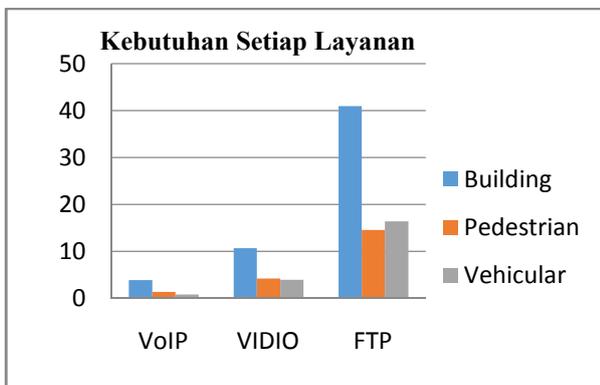
$$\text{Jumlah sel} = 0.01 \text{ site} \approx 1 \text{ site}$$

IV. HASIL DAN ANALISA

Perencanaan jaringan seluler 4G LTE dengan melakukan perhitungan sesuai literatur dan standar serta melakukan simulasi hasil perhitungan menggunakan *software* Atoll.

4.1 Analisis Capacity Planning

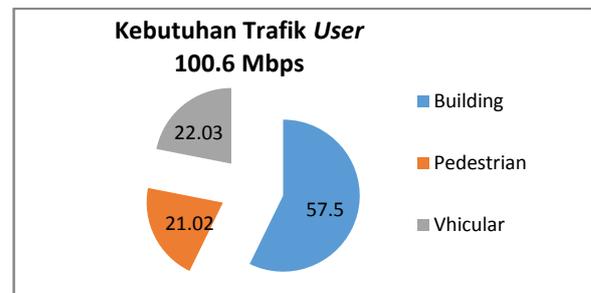
Untuk mendapatkan nilai kebutuhan trafik dilakukan perhitungan OBQ dengan penyesuaian terhadap pemakaian layanan.



Gambar 4.1 Kebutuhan trafik Setiap Layanan

Pada gambar 4.2 kebutuhan trafik pada setiap layanan dipengaruhi oleh jenis pergerakan *user*, untuk layanan yang membutuhkan trafik data paling besar terdapat pada layanan FTP pada jenis *building* dan layanan yang membutuhkan trafik data paling kecil terdapat pada layanan VoIP pada jenis *vehicular*.

Setiap area pada perencanaan ini akan dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan kecepatan pergerakan *user* yaitu *building*, *pedestrian* dan *vehicular*. Pembagian ini dilakukan karena tiap tipe pergerakan *user* memiliki nilai OBQ yang berbeda dan dijumlahkan sehingga mendapatkan nilai kebutuhan trafik *user* yang diberikan eNodeB



Gambar 4.2 Kebutuhan Trafik

Penelitian ini untuk mengetahui jumlah eNodeB yang dibutuhkan menggunakan perhitungan terhadap *capacity planning* dengan menyesuaikan beberapa faktor seperti luas wilayah, jumlah pelanggan, kebutuhan trafik dan luas area cakupan eNodeB.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Berdasarkan Capacity Planning

Capacity Planning	
Morfologi	Urban
Luas Wilayah	3.62 km ²
Luas Cakupan Sel	1.001 km ²
Radius Sel	0.444 km ²
Kebutuhan Trafik	100.6 Mbps
Jumlah eNodeB	4 Site

Jumlah eNodeB berdasarkan *capacity planning* didapatkan 4 Site untuk dilakukan perencanaan di Universitas Riau, pada penelitian ini melakukan simulasi

menggunakan *software* Atoll 3.3 dengan metode penyebaran atau peletakan eNodeB secara manual.

4.2 Analisis Coverage Planning

Perencanaan berdasarkan *coverage* terdiri dari beberapa aspek perencanaan, diantaranya analisis *link budget* dan model propagasi, Perhitungan *Power Link Budget* bertujuan untuk menentukan *power* agar *loss* yang dihasilkan tidak lebih besar dari maksimum yang diizinkan..

Hasil perhitungan pada *coverage planning* dijadikan sebagai parameter kualitas kehandalan eNodeB dalam melakukan *coverage*. Parameter kualitas dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Parameter Kualitas berdasarkan *Coverage Planning*

<i>Coverage Planning</i>	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>
EIRP (dB)	61	23
SINR (dB)	9.168	7.313
MAPL (dB)	161,89	154.74
Path Loss (dB)	154.74	
RSRP (dB)	-99.1	

Hasil perhitungan nilai EIRP pada penelitian ini yaitu 61 dB untuk arah *downlink* dan 23 dB untuk arah *uplink*, hasil EIRP berbeda. Pada arah *downlink* lebih besar nilainya dibandingkan dengan arah *uplink*, hal ini dipengaruhi oleh distribusi antena, kabel *feeder* dan *splitte*.

Estimasi kelayakan kualitas SINR dapat dilihat berdasarkan tabel 2.1 sehingga SINR perencanaan penelitian ini berkategori normal.

Nilai *path loss* lebih kecil atau sama dengan nilai MAPL maka perancangan *link budget* telah memenuhi syarat perhitungan. Pada perencanaan ini nilai MAPL *downlink* dan MAPL *uplink* tidak terlalu jauh perbedaannya karena perencanaan sel diusahakan untuk selalu seimbang antara daya yang dipancarkan untuk *downlink* atau dari

eNodeB ke UE dan *uplink* atau dari UE ke eNodeB agar interferensi yang terjadi dapat di minimalisir.

Reference Signal Receive Power (RSRP) merupakan parameter yang digunakan dalam proses *handover* pada jaringan LTE. Standar kualitas RSRP dapat dilihat pada tabel 2.2 sehingga RSRP perencanaan penelitian ini berkategori normal.

4.3 Hasil Simulasi Dimensioning Menggunakan Software Atoll

Pada penelitian ini perencanaan simulasi dilakukan untuk mengetahui kualitas *coverage* sinyal (*Coverage by signal level*).

Simulasi perencanaan sangat perlu dilakukan untuk melihat hasil dari perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Perencanaan pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Atoll berdasarkan data parameter *existing* eNodeB operator Telkomsel dengan mempertimbangkan kualitas level sinyal. Berikut pada gambar 4.4 merupakan peta universitas riau yang telah dilakukan perencanaan peletakan eNodeB yang berjumlah 4 *site*.



Gambar 4.3 Peletakan eNodeB

Peletakan eNodeB dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan level sinyal terbaik eNodeB terhadap UE dan kepadatan trafik UE. Sehingga peletakan eNodeB yang dirancang dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.3 Koordinat Peletakan eNodeB

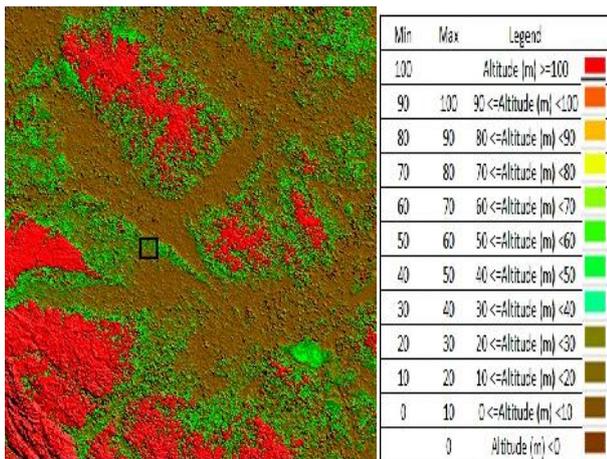
eNodeB	Koordinat	
	Longitude	Latitude
Site-0	0°.28°.35,00" N	101°.22°.50,33" E
Site-1	0°.28°.18,47" N	101°.22°.46,41" E
Site-2	0°.28°.45,87" N	101°.22°.38,53" E
Site-3	0°.28°.43,77" N	101°.22°.16,51" E

Berikut adalah hasil simulasi prediksi sinyal level untuk perencanaan jaringan 4G LTE dengan menggunakan data parameter *existing* operator Telkomsel.



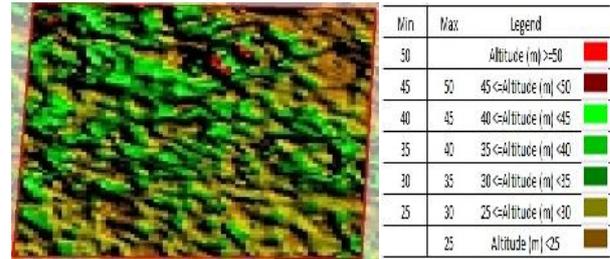
Gambar 4.4 Letak Universitas Riau Pada Peta Pekanbaru

Dibawah ini gambar 4.5 merupakan gambaran wilayah kota pekanbaru dilihat berdasarkan ketinggian daerah morfologi.

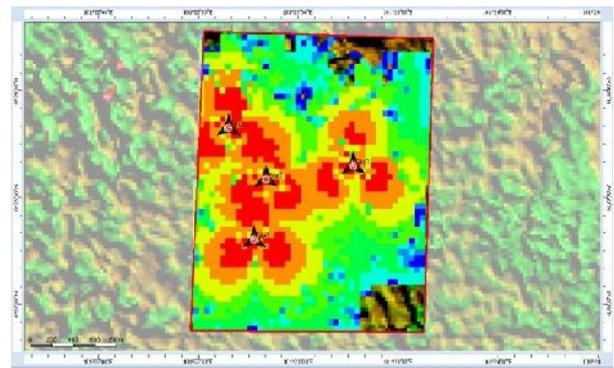


Gambar 4.5 Digital Terrain Model Peta Pekanbaru

Dibawah ini gambar 4.6 merupakan gambaran wilayah kota pekanbaru dilihat berdasarkan ketinggian daerah morfologi.

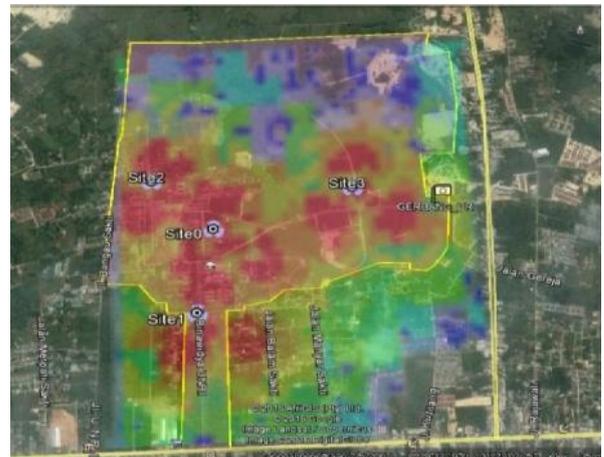


Gambar 4.6 Digital Terrain Model Universitas Riau

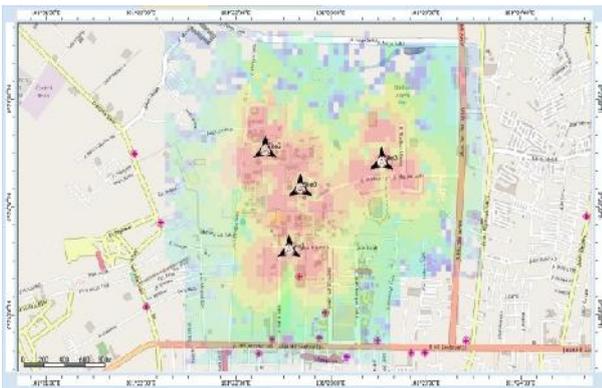


Gambar 4.7 Hasil Simulasi dengan Digital Terrain Model Map

Gambar 4.7 adalah hasil simulasi prediksi cakupan level sinyal Universitas Riau, dari gambar diatas dapat dilihat luas wilayah cakupan level sinyal ditampilkan dengan warna yang berbeda sesuai klasifikasi daerah dan jarak ke eNodeB. Pada gambar juga di atur level sinyal yang akan di tampilkan, pengaturan ini mengacu pada batas minimum nilai RSRP yang didapatkan pada tabel 4.3 yaitu -130 dBm.

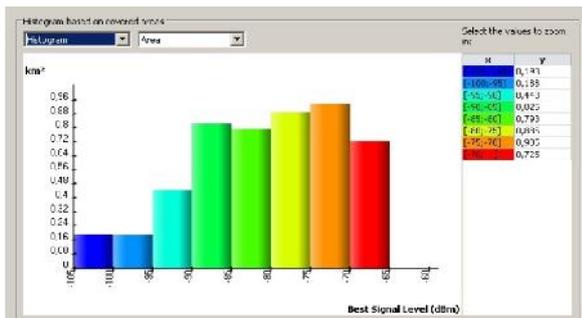


Gambar 4.8 Hasil Simulasi dengan Earth Explorer Map



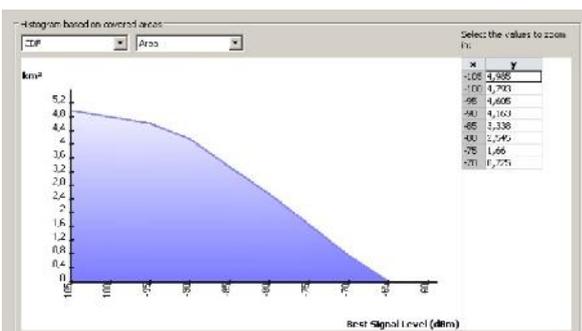
Gambar 4.9 Hasil Simulasi *Hybrid Map*

Selanjutnya gambar 4.11 adalah histogram dari simulasi prediksi sinyal level, dimana presentase nilai sinyal level tertinggi berada pada range -70 dBm sampai -75 dBm, yaitu dengan cakupan sebesar 18,45 %.



Gambar 4.10 Histogram *Signal Level*

Selanjutnya gambar 4.12 adalah CDF dari simulasi prediksi sinyal level, dimana presentase nilai cakupan terluas sinyal level secara keseluruhan perencanaan berada pada level sinyal -105 dBm dengan luas cakupan 4,9Km² dan presentase nilai cakupan terdekat pada level sinyal -75 dBm dengan luas cakupan 1,6 Km²



Gambar 4.11 CDF *Signal Level*

Berikutnya adalah penjelasan data-data cakupan sinyal level pada area Universitas Riau, data yang ditampilkan adalah presentase luas area cakupan berdasarkan level sinyal, presentase luas area, dan luas area cakupan per-Km².

Tabel 4.4 Cakupan *Signal Level*

Name	Surface (km ²)	% of Covered Area	% Computation Zone
Coverage by Signal Level	5.053	100	90
Best Signal Level (dBm) >=-70	0.728	14.407	13
Best Signal Level (dBm) >=-75	1.66	32.852	29.6
Best Signal Level (dBm) >=-80	2.525	49.97	45
Best Signal Level (dBm) >=-85	3.338	66.06	59.4
Best Signal Level (dBm) >=-90	4.188	82.881	74.6
Best Signal Level (dBm) >=-95	4.658	92.183	82.9
Best Signal Level (dBm) >=-100	4.855	96.082	86.4
Best Signal Level (dBm) >=-105	5.053	100	90

Tabel 4.5 adalah hasil simulasi sinyal level untuk luas wilayah cakupan mencapai 5.053 Km² dengan nilai minimum sinyal level -105 dBm, luas cakupan melebihi luas area perencanaan di Universitas Riau yang memiliki luas 3,62 Km² dengan presentase luas wilayah cakupan lebih dari 100 %.

Tujuan dari simulasi prediksi cakupan level sinyal adalah untuk mengetahui apakah sinyal dapat diterima dengan baik oleh pelanggan, berdasarkan parameter sinyal pada tabel 2.11, sinyal yang diterima baik oleh UE berada pada *range* -70 dBm sampai -105 dBm. Dari data tabel 4.5 dijelaskan bahwa 100 % area telah tercakupi sinyal pada batas minimum -105 dBm. Disimpulkan hasil perencanaan LTE di Universitas Riau telah tercukupi oleh sinyal. Tetapi meskipun hasil perhitungan nilai sinyal level mencapai 100 % nilai RSRP yang didapatkan pelanggan belum tentu 100 % diatas minimum. Nilai RSRP dipengaruhi oleh keberadaan pelanggan disuatu titik tertentu dan juga dipengaruhi oleh jarak pelanggan tersebut ke sel terdekat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perencanaan jaringan 4G LTE berdasarkan kapasitas di Universitas Riau memiliki kebutuhan trafik 100,6 Mbps dengan luas area perencanaan 3,62 km^2 sehingga didapatkan luas cakupan sel sebesar 1.001 km^2 dan Jari-jari sel 0,444 km^2 didapatkan jumlah eNodeB 4 *site*.

2. Perencanaan jaringan 4G LTE berdasarkan *coverage* di Universitas Riau memiliki nilai EIRP, SINR, MAPL, *Path Loss* dan RSRP yang memiliki kualitas sesuai dengan standar yang baik sehingga perancangan dapat dilakukan.

3. Penggunaan *bandwidth* dan modulasi yang digunakan berpengaruh kepada kualitas dan kapasitas jaringan, semakin besar *bandwidth* dan semakin baik modulasi yang digunakan akan berpengaruh kepada kapasitas jaringan eNodeB.

4. Presentase nilai cakupan terluas *best signal level* secara keseluruhan perencanaan berada pada level sinyal -105 dBm dengan luas cakupan 4,9 Km^2 dan presentase nilai cakupan terdekat pada level sinyal -75 dBm dengan luas cakupan 1,6 Km^2

5. Presentase nilai *best signal level* tertinggi berada pada *range* -70 dBm sampai -75 dBm, yaitu dengan cakupan sebesar 18,45 %.

6. Berdasarkan simulasi didapatkan rata-rata level sinyal perencanaan adalah -72,11 dBm

5.2 Saran

1. Untuk melakukan perencanann jaringan seluler dengan simulasi seperti kasus penelitian ini dengan perencanaan secara khusus dikarenakan luas area perencanaan kecil namun memiliki jumlah pelanggan yang sangat banyak, harus memperhatikan perencanaan kapasitas jaringan untuk mendapatkan jumlah eNodeB yang di inginkan dan memperhatikan perencanaan cakupan area untuk mendapatkan *link budget* dan model propagasi yang sesuai.

2. Perencanaan menggunakan data trafik yang lebih lengkap agar perencanaan lebih sesuai dengan kondisi lapangan, sehinggann hasil lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanti, Sri. 2014. *Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel Study of Long Term Evolution Network Planning in Jabodetabek, Case Study of PT. Telkomsel*. Jakarta: Buletin Pos dan Telekomunikasi, Vol.12 No. 4

Fauzi, Muhamad Ridwan. 2015. *Perencanaan Jaringan LTE FDD 1800 MHz di Kota Semarang Menggunakan Atoll*. Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

Firmawan, Andes. Linna Oktavia Sari. 2016. *Perencanaan dan Simulasi Jaringan LTE (Long Term Evolution) di Kota Pekanbaru*. Skripsi Sarjana. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau.

i. El-Feghi, Zakaria Sulimanzubi, A. Jamil, H. Algabroun, 2012. *Long Term Evolution Network Palnning and Performance Measurement*, Jurnal. Facility of Enggineering, University of Tripoli, Tripoli, Libya

Usman, Uke Kurniawan dkk. 2011. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Rekayasa Sains.

Whardhana, Lingga dkk. 2014. *4G Handbook*. Jilid Pertama. Jakarta: Nulis Buku.

_____. 2015. *4G Handbook*. Jilid Kedua. Jakarta: Nulis Buku.

Zulgani, Taufan dkk 2015. *Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) di Banda Aceh*. Jurnal, Jurusan Teknik Telekomunikai, Universitas Universitas Telkom