

Perencanaan *Cell Plan* di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru Menggunakan Software Mapinfo

Ahmad Sofyan Lubis*, Yusnita Rahayu**

*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: sofyanlubis93@gmail.com

ABSTRACT

LTE technology is a technological evolution of the UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) on the three-generation (3G). Mobile telecommunications service providers have the opportunity to use technology through frequency refarming. Before applying the LTE technology, cell planning based on capacity and coverage need calculated in orde to calculated the number of site eNodeB. This research aims to provide of placement site and the number of sites required for the implementation of eNodeB of frequency 1850MHz. Calculation the number of site eNodeB is based on capacity dimensioning and coverage planning. The results showed the number of sites required in the Sub-district Bukit Raya Pekanbaru is 31 site.

Keyword: LTE, Cell Planning, Mapinfo, Capacity Planning, Coverage Planning.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya permintaan layanan telekomunikasi dan informasi di Indonesia, membuat perusahaan-perusahaan di bidang telekomunikasi saling berlomba-lomba dalam meningkatkan sistem teknologi, terutama pada sistem komunikasi nirkabel dan meningkatkan kualitas pelayanannya. Industri komunikasi nirkabel kini telah memasuki fase generasi empat (4G) yaitu *Long Term Evolution* (LTE) yang merupakan evolusi dari generasi tiga (3G) yaitu *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS).

Saat ini Indonesia sudah mulai digelar layanan teknologi seluler LTE yang mampu memberikan kecepatan pada sisi *uplink* sampai dengan 50 Mbps dan *downlink* 100 Mbps, sehingga LTE dapat mendukung semua jenis layanan yang dibutuhkan oleh *user* seperti, *voice*, *data*, *video* dan IPTV (Harri Holma dan Antti Toskala, 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetia Muhharam (2016) pada skripsinya dengan judul "*Mekanisme Aggregation Pada Jaringan 4G LTE-Advanced*". Hasil dari penelitian adalah berupa hasil simulasi menggunakan *software* Atoll, dimana dengan menggunakan metode *carrier aggregation* didapatkan *throughput* sebesar 557,224 Mbps dan untuk non *carrier aggregation* didapatkan *throughput* sebesar 102,534 Mbps dengan kanal *bandwidth* 5 MHz pada frekuensi 900 MHz.

Penelitian yang dilakukan oleh Alexander Engels (2013) pada tesisnya dengan judul "*Dimensioning, Cell Site Planning and Self-Organization of 4G Radio Network*". Penelitian yang dilakukan adalah perencanaan dan optimasi jaringan LTE dengan rincian mengenai analisis optimasi untuk kapasitas dan cakupan yang telah dilakukan dalam rangka pengembangan beserta perbandingan untuk mendapatkan

akurasi dari lokasi *site* yang direncanakan dan untuk mendapatkan kebutuhan konfigurasi jaringan yang lebih presisi.

Skripsi ini bertujuan untuk menghitung jumlah pelanggan seluler dan kapasitas trafik pada jaringan LTE, untuk mendapatkan jumlah kebutuhan eNodeB dalam kurun waktu lima tahun ke depan yaitu hingga tahun 2021 dengan metode FDD (*Frequency Division Duplex*) dengan *bandwidth* 20 MHz. Simulasi perencanaan dilakukan dengan menggunakan *software* Mapinfo untuk membuat lokasi *cell* perencanaan.

II. LANDASAN TEORI

Teknologi jaringan seluler terus mengalami peningkatan mulai dari sistem komunikasi analog menjadi sistem komunikasi digital. Evolusi dari teknologi jaringan seluler terbagi menjadi beberapa generasi, yaitu generasi pertama (1G), generasi kedua (2G/2,5G), generasi ketiga (3G/3,5G), dan generasi keempat (4G).

2.1 Generasi Keempat (4G)

LTE merupakan standar teknologi *wireless communication* yang dikembangkan oleh 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan pada teknologi sebelumnya. Pada teknologi UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2 Mbps pada sisi *uplink*, sedangkan pada LTE kecepatan transfer data dapat mencapai 50 Mbps pada sisi *uplink* dan 100 Mbps pada sisi *downlink*. Sehingga LTE dapat mendukung semua jenis layanan yang dibutuhkan oleh *user* seperti, *voice*, data, *video* dan IPTV.

Kemampuan dan keunggulan teknologi LTE dengan teknologi sebelumnya selain dari kecepatan transfer data, LTE juga memberikan *coverage* dan *capacity* yang lebih besar, dengan biaya operasional yang lebih murah, mendukung penggunaan *multiple antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* dan juga dapat terhubung dan terintegrasi dengan teknologi sebelumnya (Prasetia Muhharam, 2016).

2.2 Capacity Planning

Capacity planning dapat diartikan sebagai total jumlah maksimum *user* yang dapat didukung dalam satu sel, agar layanan yang dibutuhkan oleh *user* dapat terpenuhi.

2.2.1 Forecasting Jumlah Pelanggan

Forecasting jumlah pelanggan merupakan langkah awal dalam melakukan perencanaan jaringan pada suatu daerah. *Forecasting* jumlah pelanggan bertujuan untuk mengetahui jumlah pelanggan yang akan menggunakan layanan dari jaringan yang akan dibangun.

$$P_t = (1 + x\%)^t$$

Keterangan :

P_t = Jumlah penduduk tahun t

P_0 = Jumlah penduduk awal

$X\%$ = Tingkat pertumbuhan penduduk

t = Jumlah tahun dari 0 ke t

Estimasi jumlah pelanggan seluler dapat hitung dengan total teledensitas, yaitu perbandingan antara jumlah pengguna telepon seluler dengan jumlah penduduknya.

$$P = x\% \times P_t$$

Keterangan :

P = Jumlah Pengguna Seluler

P_t = Jumlah penduduk tahun t

$X\%$ = Teledensitas seluler (%)

2.2.2 Traffic Capacity LTE

Perhitungan kapasitas trafik atau mengestimasi kebutuhan trafik pada jaringan LTE menggunakan formula *single throughput*. Perhitungan dilakukan pada saat jam sibuk dengan tujuan agar didapatkan kapasitas maksimum jaringan yang akan dibangun dan dengan jenis layanan yang berbeda-beda, sehingga jumlah eNodeB yang diperlukan dapat diketahui. Adapun formula *single throughput* sebagai berikut :

$$\text{Throughput} = \text{session time} \times \text{duty ratio} \\ \times \text{bearer rate} \times \left(\frac{1}{1 - \text{BLER}} \right)$$

Dari persamaan diatas maka akan didapatkan *throughput* layanan pada *uplink* dan *downlink*. Selain *throughput* layanan, dibutuhkan parameter lain untuk menghitung *single user throughput* yaitu *peak to average ratio*. *Peak to average ratio* merupakan asumsi kelebihan trafik pada suatu jaringan, dimana nilai tersebut diasumsikan sebesar 20%.

Sehingga perhitungan *single user throughput* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Single User Throughput} = \frac{\sum[(T/s) \times \text{BHS} \times \text{Pr} \times (1 + \text{PAR})]}{3600}$$

Single throughput merupakan banyaknya *throughput* yang dibutuhkan pada masing-masing layanan untuk satu *user*. Setelah nilai *single throughput* di dapatkan, langkah selanjutnya yaitu menghitung *network throughput*. *Network throughput* merupakan total kebutuhan *throughput* yang dibangkitkan pada suatu layanan. Perhitungan *network throughput* dihitung dengan menggunakan persamaan (Huawei, 2013).

$$\text{Network Throughput(UL)} \\ = \text{Total Jumlah User} \\ \times \text{Single user throughput}$$

$$\text{Network Throughput(DL)} \\ = \text{Total Jumlah User} \\ \times \text{Single user throughput}$$

2.2.3 Load Factor LTE

Perhitungan nilai *load factor* atau *throughput per cell* pada jaringan LTE dilakukan untuk mengetahui total kapasitas *uplink* dan *downlink* pada satu sel. Adapun langkah-langkah untuk menghitung *load factor* yaitu menghitung MAC layer *throughput* untuk *uplink* dan *downlink*, kemudian menghitung *cell average throughput* berdasarkan pada nilai dari *average SINR distribution*.

Perhitungan MAC layer *throughput* untuk *uplink* dan *downlink* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini (Huawei, 2013):

$$\text{UL MAC Throughput} + \text{CRC} \\ = (\text{NRE} - \text{NrREUL}) \times \text{Code bit} \\ \times \text{Code rate} \times \text{Nrb} \times C \times 1000$$

$$\text{DL MAC Throughput} \\ = (\text{NRE} - \text{NcRE} - \text{NrRE}) \\ \times \text{Code bit} \times \text{Code rate} \times \text{Nrb} \\ \times C \times 1000$$

Selanjutnya menghitung nilai *average throughput* dengan menggunakan persamaan berikut ini (Prasetia Muharram, 2016):

$$\text{Cell average throughput(MAC)} \\ = \sum_{n=1}^{n=8} P_n \times R_n$$

Sehingga *throughput per cell* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini (Huawei, 2013):

$$\text{Throughput per cell (IP)} \\ = \text{Cell average throughput(MAC)} \times A \times B \\ \times C$$

2.2.4 Perhitungan Jumlah Site

Perhitungan jumlah site pada jaringan LTE dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan (2.30), dimana persamaan tersebut menghitung jumlah sel pada *uplink* dan *downlink*. Adapun persamaan untuk menghitung jumlah sel *uplink* pada jaringan LTE sebagai berikut (Huawei, 2013).

$$\text{Number of cell} = \frac{\text{UL Network Throughput}}{\text{Throughput per cell}}$$

$$\text{Number of cell} = \frac{\text{DL Network Throughput}}{\text{Throughput per cell}}$$

Adapun untuk menghitung jumlah *site* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini (Huawei, 2013):

$$\text{Number of site} = \frac{\text{Number of cell}}{\text{Number of cell per site}}$$

2.3 Coverage Planning

Coverage planning merupakan bagian dari cell planning yaitu pada proses dimensioning, untuk menghitung jumlah selayang dibutuhkan guna mencakup seluruh daerah layanan (Prasetya Muharram, 2016).

2.3.1 Path Loss / Propagasi

Path loss secara umum di definisikan sebagai penurunan kuat medan secara menyeluruh sesuai dengan bertambah jauhnya jarak antara pemancar dan penerima. Perhitungan nilai path loss diperlukan untuk menghitung:

1. Link budget
2. Radius sel

Perhitungan $loss$ menggunakan model Walfisch – Ikegami.

2.3.2 Model Propagasi Walfisch – Ikegami

Model path loss ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu: *Free space loss* (L_0), *roof top to street diffraction* (L_{rts}) dan *multiscreen diffraction* (L_{msd}), sehingga persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$L_b(dB) = L_0 + L_{rts} + L_{msd}$$

Untuk menghitung nilai L_0 , L_{rts} dan L_{msd} dapat menggunakan persamaan:

$$L_0(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log_{10}(w) + 10 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \Delta h_{mobile} + L_{ori}$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \times 10 \log_{10}(d) + k_f \times 10 \log_{10}(f) - 9 \log_{10}(b)$$

Adapun parameter untuk model ini adalah sebagai berikut:

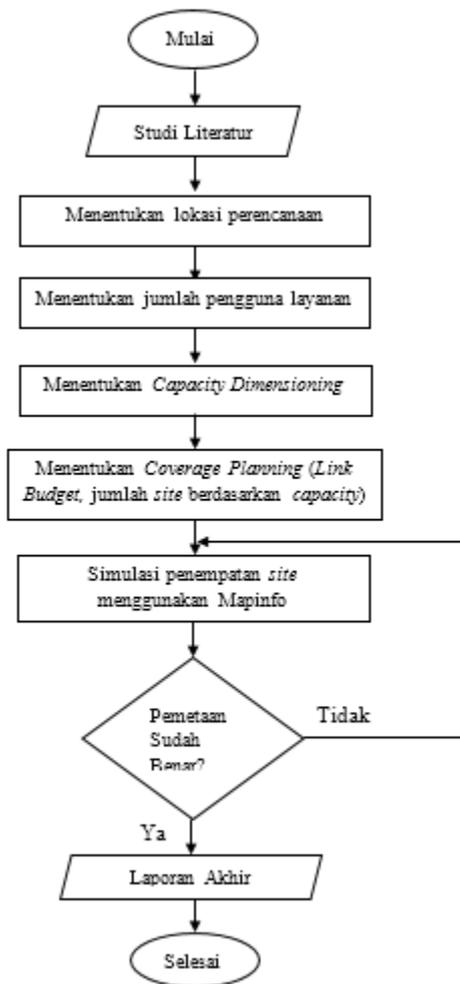
Tabel 1. Parameter *Loss Propagation*

Parameter	Nilai
Frekuensi <i>Carrier</i>	1930 MHz
Tinggi (hm)	1,5 m
Tinggi BTS (hb)	15 m
Tinggi gedung (hr)	9 m
Jarak antar gedung (b)	20 m
Lebar jalan (w)	10 m
Δhm	7,5 m
Δhb	Δhb
Lori	0,01 dB
Lbsh	-15,21 dB
Ka	54
Kd	18
Kf	-2,34

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 1 menunjukkan tentang bagaimana proses perencanaan cell plan di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru. Proses dimulai dari studi literatur, berupa membaca bahan-bahan pelajaran tentang perencanaan jaringan LTE serta Mapinfo. Setelah itu hasil dari perhitungan jumlah kebutuhan eNodeB akan di simulasikan ke dalam peta, untuk meletakkan posisi cell. Berikut adalah diagram alir penelitian dari perencanaan cell plan di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru.



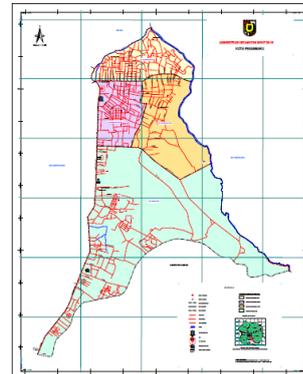
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Wilayah Perencanaan

Kecamatan Bukit Raya merupakan salah satu dari dua belas Kecamatan yang ada di Kota Pekanbaru Provinsi Riau dan Kecamatan terbesar nomor empat dari Kecamatan yang lain di Kota Pekanbaru. Kecamatan Bukit Raya merupakan wilayah urban, dikarenakan wilayah tersebut masih dekat dengan wilayah pusat Kota Pekanbaru dan wilayah Kecamatan Bukit Raya juga merupakan kawasan bisnis yang berupa, pertokoan, pergudangan dan hotel.

Wilayah tersebut juga memiliki beberapa kantor Pemerintahan dan Universitas sehingga Kecamatan Bukit Raya masih dikategorikan sebagai wilayah urban.

Luas wilayah Kecamatan Bukit Raya mencapai 22,05 Km², atau sekitar 3,49 persen dari luas ibu Kota Pekanbaru.



Gambar 2. Peta Kecamatan Bukit Raya

Gambar 2 diatas merupakan peta administrasi Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru.

3.3 Capacity Planning

Tujuan dari *capacity planning* adalah untuk mengetahui jumlah estimasi trafik yang dibutuhkan oleh pelanggan seluler berdasarkan jenis layanan di suatu daerah.

3.3.1 Jumlah Penduduk

Jumlah pengguna layanan pada jaringan telekomunikasi berbasis seluler merupakan salah satu faktor penting dalam menghitung atau menentukan kapasitas yang disediakan oleh sistem dan trafik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan layanan yang dibutuhkan oleh pengguna layanan seluler.

Jumlah penduduk di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru sampai dengan Tahun 2015 yaitu berjumlah berjumlah 97.950 jiwa dan laju penduduk sebesar 1,44% pertahun.

3.3.2 Service Model

Pada penelitian ini, perhitungan *throughput* didasarkan pada parameter *service model* milik vendor Huawei seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Service Model

Service Type	UPLINK				DOWNLINK			
	Bearer rate (Kbps)	Session Time (s)	Session Duty Ratio	BLER	Bearer rate (Kbps)	Session Time (s)	Session Duty Ratio	BLER
VoIP	26,9	80	0,4	1%	26,9	80	0,4	1%
Video phone	62,53	70	1	1%	62,53	70	1	1%
Video conference	62,53	1800	1	1%	62,53	1800	1	1%
Real time gaming	31,26	1800	0,2	1%	125,06	1800	0,4	1%
Streaming media	31,26	3600	0,05	1%	250,11	3600	0,95	1%
Ims signaling	15,63	7	0,2	1%	15,36	7	0,2	1%
Web browsing	62,53	1800	0,05	1%	250,11	1800	0,05	1%
File transfer	140,69	600	1	1%	750,34	600	1	1%
email	140,69	50	1	1%	750,34	50	1	1%
P2P file sharing	250,11	1200	1	1%	750,34	1200	1	1%

(Huawei, 2013)

IV. HASIL DAB PEMBAHASAN

4.1 Capacity Planning

4.1.1 Perhitungan Jumlah Pelanggan

Jumlah pengguna layanan pada jaringan telekomunikasi berbasis seluler merupakan salah satu faktor penting dalam menghitung atau menentukan kapasitas yang disediakan oleh sistem dan trafik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan layanan yang

dibutuhkan oleh pengguna layanan seluler. Jumlah pengguna layanan seluler pada perencanaan ini menggunakan data penduduk Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru. Dimana data tersebut diambil dari situs atau website BPS (Badan Pusat Statistik) Kecamatan Bukit Raya yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Jumlah Pelanggan

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Jumlah Penduduk	97950	97964	97978	97992	98006	98021
Penetrasi Pelanggan Aktif	86,88%	86,88%	86,88%	86,88%	86,88%	86,88%
Jumlah Pelanggan Aktif	85099	85111	85123	85136	85148	85160
Penetrasi Pelanggan LTE	89,3%	89,3%	89,3%	89,3%	89,3%	89,3%
Jumlah Pelanggan LTE	75993	76004	76015	76026	76037	76048

4.1.2 Estimasi Perhitungan Trafik LTE

Jenis layanan yang digunakan dalam proses perencanaan jaringan ini adalah layanan VoIP, Video Phone, Video Conference, Real Time Gaming, Streaming Media, IMS Signaling, Browsing, File Transfer, Email dan FTP. Dari layanan yang digunakan tersebut,

perlu dilakukan perhitungan *throughput* per *session* dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Throughput} = \text{session time} \times \text{duty ratio} \times \text{bearer rate} \times \left(\frac{1}{1 - \text{BLER}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Throughput}_{\text{uplink}} &= 80 \times 0,4 \times 26,9 \times \left(\frac{1}{1 - 1\%} \right) \end{aligned}$$

$$= 869,4949 \text{ Kbit}$$

Dengan mengulangi perhitungan yang sama seperti diatas maka akan didapatkan nilai *throughput* untuk semua jenis layanan LTE baik untuk *uplink* dan *downlink* dengan nilai seperti pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. *Throughput per Session*

Jenis Layanan	Uplink	Downlink
	Throughput (Kbit)	Throughput (Kbit)
VoIP	869,5	869,5
Video phone	4421,3	4421,3
Video conference	113690,9	113690,9
Real time gaming	11367,3	90952,7
Streaming media	5683,6	864016,4
Ims signaling	22,1	22,1
Web browsing	5684,5	22737,3
File transfer	85266,7	454751,5
Email	7105,6	1138,79
P2P file sharing	303163,6	909503,03

Setelah didapatkan nilai *throughput* per *session*, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *single throughput* dengan menggunakan persamaan (2.5). Dalam perhitungan *single throughput* dibutuhkan beberapa parameter lain seperti BHSA dan *penetration ratio* yang dapat dilihat pada tabel 5 (Huawei, 2013).

Tabel 5. *Traffic Model*

Service Type	BHSA	Penetration Rate (%)
VoIP	1,3	100
Video phone	0,16	20
Video conference	0,15	15
Real time gaming	0,2	20
Streaming media	0,15	15
Ims signaling	4	30
Web browsing	0,4	100
File transfer	0,2	20
Email	0,3	10
P2P file sharing	0,3	20

Sehingga diperoleh nilai *single throughput* sebagai berikut:

$$\text{Single User Throughput} =$$

$$\frac{\sum[(T/s) \times BHSA \times Pr \times (1 + PAR)]}{3600}$$

$$\text{Single User Throughput} = [(T/s) \times BHSA \times Pr \times (1 + PAR)]$$

$$\begin{aligned} \text{Single User Throughput} &= [(869,5) \times \\ &1,3 \times 100\% \times \\ &(1 + 40\%)] = \\ &1356,4 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Dengan mengulangi perhitungan yang sama seperti diatas maka akan didapatkan nilai *single user throughput* untuk semua jenis layanan LTE baik untuk *uplink* dan *downlink* dengan nilai seperti pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. *Single User Throughput*

Jenis Layanan	Uplink	Downlink
	Throughput (Kbit)	Throughput (Kbit)
VoIP	1356,41212	1356,41212
Video phone	169,778424	169,778424
Video conference	3069,65455	3069,65455
Real time gaming	545,629091	4365,73091
Streaming media	153,458182	23328,4418
Ims signaling	31,8283636	31,8283636
Web browsing	2728,58182	10913,8909
File transfer	4092,8	21828,0727
email	255,80	409,276364
P2P file sharing	21827,7818	65484,218
Total	34231,7244	130957,304

Sehingga *single user throughput* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5).

$$\text{Single User Throughput} =$$

$$\frac{\sum[(T/s) \times BHSA \times Pr \times (1 + PAR)]}{3600}$$

Untuk *uplink single user throughput busy hour*:

$$\begin{aligned} &= (1356,412 + 169,778424 + 3069,65455 + 545,62 \\ &9091 + 153,458182 + 31,8283636 + 2728,58182 \\ &+ 4092,8 + 255,80 + 21827,7818) / 3600 \\ &= 9,5088 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Untuk sisi *downlink single user throughput busy hour* :

$$\begin{aligned}
 &= (1356,41 + 169,778424 + 3069,65455 + 4365,73 \\
 &091 + 23328,4418 + 31.8283636 + 10913,8909 + 2 \\
 &1828,0727 + 409,276364 + 65484,2182) / 3600 \\
 &= 36,3770 \text{ Kbps}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan *single user throughput*, langkah selanjutnya adalah menghitung *network throughput* pada *uplink* dan *downlink*. *Network throughput* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Network Throughput (UL)} \\
 &= \text{Total Jumlah User} \\
 &\times \text{Single user throughput}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Network Throughput (UL)} \\
 &= 76.048 \times 9,5088 \times 10^3 \\
 &= 723,125 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Network Throughput (DL)} \\
 &= 76.048 \times 36,3980 \times 10^3 \\
 &= 2766,3980 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Network Throughput

Dalam menentukan kapasitas dan performansi pada sistem LTE dapat dihitung dengan menggunakan tiga tahapan yaitu menghitung *MAC layer throughput*, menghitung *Cell average throughput* dan menghitung *throughput per cell*.

Adapun contoh perhitungan contoh perhitungan *uplink MAC layer throughput* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{UL MAC Throughput + CRC} \\
 &= (NRE - N_rREUL) \times \text{Code bit} \\
 &\times \text{Code rate} \times Nrb \times C \times 1000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{UL MAC Throughput} \\
 &= (168 - 24) \times 2 \times \frac{1}{3} \times 50 \times 2 \\
 &\times 100 - 24 \\
 &= 19,199976 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Downlink MAC layer throughput:} \\
 \text{DL MAC Throughput} \\
 &= (NRE - N_cRE - N_rRE) \\
 &\times \text{Code bit} \times \text{Code rate} \times Nrb \\
 &\times C \times 1000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DL MAC Throughput} \\
 &= (168 - 36 - 12) \times 2 \times \frac{1}{3} \\
 &\times 100 \times 2 \times 1000 \\
 &= 15,999976 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan dari perhitungan *uplink* dan *downlink MAC layer throughput* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. MAC Layer Throughput

MCS	Code bits	UL MAC throughput	DL MAC throughput
QPSK 1/3	2	19,199976	15,999976
QPSK 1/2	2	28,799976	23,999976
QPSK 2/3	2	38,399976	31,999976
16 QAM 1/3	4	38,399976	31,999976
16 QAM 1/2	4	57,599976	47,999976
16 QAM 4/5	4	92,159976	76,799976
64 QAM 1/2	6	86,399976	71,999976
64 QAM 2/3	6	115,199976	95,999976

Selanjutnya untuk menghitung nilai *average throughput*, adapun nilai dari SINR *probability* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. SINR Probability[3]

MCS	SINR (min)	SINR probability
QPSK 1/3	-1,5 – 0,3	0,28
QPSK 1/2	0,3 – 2	0,25
QPSK 2/3	2 – 4,5	0,17
16 QAM 2/3	4,5 – 6	0,13
16 QAM 1/3	6 – 8,5	0,1
16 QAM 4/5	8,5 – 10,5	0,05
64 QAM 1/2	10,5 – 12,5	0,01
64 QAM 2/3	12,5 – 13,5	0,01

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung *average throughput* untuk *uplink* dan *downlink* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Cell average throughput (MAC)} &= \sum_{n=1}^n P_n \times R_n \\
 \text{UL cell average throughput (MAC)} \\
 &= (0,28 \times 9,19,199976) + (0,25 \times 28,799976) + \\
 &(0,17 \times 38,399976) + (0,13 \times 38,399976) + \\
 &(0,1 \times 57,599976) + (0,05 \times 92,159976) + \\
 &(0,01 \times 86,399976) + (0,01 \times 115,199976) \\
 &= 36,479976 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{UL cell average throughput (MAC)} \\
 & = (0,28 \times 15,999976) + (0,25 \times 23,999976) + \\
 & \quad (0,17 \times 31,999976) + (0,13 \times 31,999976) + \\
 & \quad (0,1 \times 47,999976) + (0,05 \times 76,799976) + \\
 & \quad (0,01 \times 71,999976) + (0,01 \times 95,999976) \\
 & = 30,399976 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

Berikutnya yaitu menghitung *throughput per cell* yang akan dihitung dengan cara merubah *cell layer throughput* ke *layer IP*. Sehingga *throughput per cell* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.26).

$$\begin{aligned}
 & \text{Throughput per cell (IP)} \\
 & = \text{Cell average throughput (MAC)} \times A \times B \\
 & \quad \times C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{UL throughput per cell (IP)} \\
 & = 36,479976 \times 99,34\% \times 99,34\% \times 99,35\% \\
 & = 35,76603 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{DL throughput per cell (IP)} \\
 & = 15,199976 \times 99,34\% \times 99,34\% \times 99,35\% \\
 & = 29,80502 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

4.1.4 Perhitungan Jumlah Sel

Apabila kebutuhan jumlah sel dihitung berdasarkan kebutuhan trafik dan kebutuhan dihitung berdasarkan jumlah penduduk maka jumlah sel akan dapat dihitung berdasarkan jumlah trafik yang dibangkitkan oleh *user* dan kapasitas sistem. Berikut adalah perhitungan jumlah *sel uplink* dan *sel downlink* yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.30), (2.31) dan (2.32):

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \text{Jumlah Sel UL} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Load Factor}} \\
 & \text{Jumlah Sel UL} = \frac{723,125 \text{ Mbps}}{35,76603 \text{ Mbps}} \\
 & \quad = 20,21821 \text{ sel} \\
 & \text{Jumlah Sel DL} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Load Factor}} \\
 & \text{Jumlah Sel DL} = \frac{2766,3980 \text{ Mbps}}{29,80502 \text{ Mbps}} \\
 & \quad = 92,80316 \text{ sel}
 \end{aligned}$$

2. Jumlah *site*

$$\text{Number of site} = \frac{\text{Number of cell}}{\text{Number of cell per site}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Number of site} & = \frac{20,21821}{3} \\
 & = 7 \text{ site}
 \end{aligned}$$

$$\text{Number of site DL} = \frac{\text{Number of cell}}{\text{Number of cell per site}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Number of site DL} & = \frac{92,80316}{3} \\
 & = 31 \text{ site}
 \end{aligned}$$

4.2 Coverage Planning

4.2.1 Perhitungan *Link Budget*

Pada saat implementasi maka diperlukan perhitungan *link budget* dimana redaman maksimum yang diizinkan berdasarkan spesifikasi dari perangkat *mobile station* dan *base station*. Perhitungan *link budget* dilakukan pada *uplink* dan *downlink* agar mendapatkan kualitas sinyal yang baik. Hasil perhitungan *link budget* digunakan untuk menentukan radius sel dengan menggunakan model propagasi *Walfisch Ikegami* (COST 231).

Tabel 9. *Link Budget*

Transmitter end (UE)	UL	DL
Tx RF Power (dBm)	23	46
Subcarrier to distribute power	48	1200
Subcarrier power (dBm)	6,188	15,208
Tx antenna gain	0	18
Tx Body Loss / cable loss (dB)	0	0,5
EIRP per subcarrier (dBm)	6,188	32,708
Receiver end (eNode B)		
Thermal noise per subcarrier (dBm)	-132,22	-132,22
SINR (dB)	-7	-9
Receiver noise figure (dB)	2	7
Receiver sensitivity (dBm)	-137,22	-134,22
Rx antenna gain	18	0
Receiver cable loss / body loss (dB)	0,5	0
Interference margin (dB)	1	4
Min signal reception strength (dBm)	-153,72	-130,22
Path loss & shadow margin		
Penetration loss (dB)	18	18
Shadow fading margin (dB)	9,4	9,4
Path loss (dB)	132,5	135,528

4.2.2 Perhitungan Radius sel

Dalam skripsi ini, perhitungan radius sel jaringan LTE dihitung dengan menggunakan model propagasi Walfisch – Ikegami, sehingga perhitungan radius sel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

➤ *Loss free space loss*

$$L_0(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$$

$$L_0(dB) = 32,4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(1850)$$

$$L_0(dB) = 97,74 \text{ dB}$$

➤ *Loss rooftop to street diffraction*

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log_{10}(w) + 10 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \Delta h_{mobile} + L_{ori}$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log_{10}(10) + 10 \log_{10}(1850) + 20 \log_{10} 7,5 + 0,01$$

$$L_{rts} 24,18 \text{ dB}$$

➤ *Loss multiscreen*

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \times 10 \log_{10}(d) + k_f \times 10 \log_{10}(f) - 9 \log_{10}(b)$$

$$L_{msd} = -15,21 + 54 + 18 \times 10 \log_{10}(d) + (-2,34 \log_{10}(1850)) - 9 \log_{10}(20)$$

$$L_{msd} = 18,91 \text{ dB} + 18 \log(d) \text{ dB}$$

Sehingga total path loss dari tiga bagian tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L_b(dB) = L_0 + L_{rts} + L_{msd}$$

Sedangkan untuk menghitung radius sel pada sisi uplink persamaan tersebut dapat ditulis menjadi :

$$149,28 \text{ dB} = 97,74 + 20 \log(d) + 24,18 + 18,91 + 18 \log(d)$$

$$\log(d) = \frac{-8,33}{38} = -0,219$$

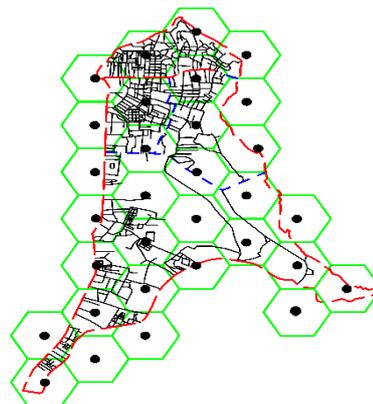
$$d = 10^{-0,219} = 0,60 \text{ km}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan radius sel jaringan LTE untuk uplink yaitu 0,60km, sedangkan untuk downlink didapatkan radius sel 0,723 km.

4.3 Analisa Hasil Perhitungan Perencanaan Jaringan Berdasarkan Capacity

Perencanaan jaringan dihitung berdasarkan kapasitas yang digunakan untuk menentukan jumlah eNodeB berdasarkan kebutuhan trafik yang dibutuhkan oleh user. Sehingga dari perhitungan yang telah dilakukan dibutuhkan sebanyak 31 site dengan bandwith 20 MHZ di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru sampai 5 (lima) tahun ke depan yakni sampai tahun 2021.

Jumlah eNodeB pada dasarnya sangat berpengaruh terhadap bandwith. Semakin besar bandwith yang tersedia, maka jumlah site eNodeB yang dibutuhkan semakin sedikit. Hal tersebut dikarenakan jumlah eNodeB berbanding lurus dengan kebutuhan trafik dan kapasitas dari sistem atau load factor. Adapun hasil penempatan site eNodeB di Kecamatan Bukit Raya menggunakan software Mapinfo dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 3. Penempatan Site eNodeB

Dari gambar 3 diatas dapat dijelaskan jumlah site yang dibutuhkan di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru dengan luas wilayah 22,05 Km² yaitu sebanyak 31 ste eNodeB dengan radius sel 0,73 km.

Penentuan lokasi penempatan menara telekomunikasi tersebut dibagi menjadi beberapa subproses antara lain:

- a. Penentuan lokasi sel memperhatikan beberapa aspek antara lain, ditempatkan di area pusat trafik yang ditandai dengan area wilayah pemukiman yang padat penduduk, dekat dengan akses jalan.
- b. Menggambar area cakupan sel dengan tujuan untuk membuat suatu area yang berkelanjutan tanpa adanya blankspot.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Jumlah site eNodeB yang dibutuhkan di Kecamatan Bukit Raya sampai dengan Tahun 2021 yaitu sebanyak 30 site dengan bandwitdh sebesar 20 MHz.
- b. Berdasarkan perhitungan MAPL dan loss propagasi didapatkan radius sel site eNodeB yaitu 0,735 km.

5.2 Saran

- a. Untuk penelitian selanjutnya dapat membahas tentang perencanaan cell planning menggunakan metode atau subproses penempatan site eNodeB yang lain.
- b. Untuk penelitian selanjutnya dapat membuat peta digital dengan menambahkan informasi mengenai kontur bumi atau tinggi permukaan tanah.
- c. Penelitian selanjutnya dapat membuat perencanaan cell planning dengan menggunakan metode FDD (*Frequency Division Duplex*).

DAFTAR PUSTAKA

- 3GPP TS 36.104 version 11.2.0 release 11. 2012. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Base Station (BS) Radio Transmission and Reception.
- Alexander Engel. 2013. Dimensioning, Cell Site Planning, and Self-Organization of 4G Radio Network, Dissertation Ph.D. Faculty Elektrotechnik und Informationstechnik, Aachen University.
- Ayman ElNashar, Mohammed A. El-saidny dan Mahmoud Sherif. 2014. Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Network. Wiley, Chichester, England.
- Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru. 2015. Hasil Sensus Penduduk 2015 Kecamatan Bukit Raya. BPS. Pekanbaru.
- Harri Holma dan Antti Toskala. 2010. WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE (Fifth Edition). Wiley, Chichester, England.
- Huawei. 2013. LTE Radio Network Capacity Dimensioning. Huawei Technologies Co.
- Huawei. 2013. LTE Radio Network Coverage Dimensioning. Huawei Technologies Co.
- Prasetia Muhharram. 2016. Mekanisme Aggregation Pada Jaringan 4G LTE-Advanced. Skripsi Sarjana. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Yuvraj Singh. 2012. Comparison of Okumura, Hata and Cst-231 Model on Basis of Pathloss and Signal Strength. International journal of Computer Application Volume 59 – No. 11.