

# ANALISIS KEBUTUHAN PARAMETER JARINGAN LTE DENGAN SISTEM REFARMING FREKUENSI PADA DAERAH URBAN METROPOLITAN CENTRE

Sri Indah Rezkika, Sari Novalianda, Andri Ramadhan

Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar Medan  
 Jl. Pintu Air IV No.214 Kwala Bekala Padang Bulan Medan  
 e-mail: [sriindahrezkika@gmail.com](mailto:sriindahrezkika@gmail.com)

## Abstrak

Salah satu upaya yang dilakukan oleh operator seluler untuk mempertahankan kualitas layanan data adalah membangun teknologi 4G Long Term Evolution. Namun, terbatasnya spektrum frekuensi yang tersedia menciptakan suatu sistem yang disebut dengan refarming frekuensi sebagai solusi untuk membangun teknologi 4G LTE (Long Term Evolution). Pada tulisan ini, untuk memprediksikan jumlah kebutuhan parameter jaringan LTE meliputi link budget, path loss, cell radius, coverage area, dan eNodeB pada daerah metropolitan centre dengan menentukan model propagasi path loss COST231-Hata, frekuensi kerja 1800 MHz, tinggi antenna pemancar 70 m dan tinggi antenna penerima 3 m. Dari analisis yang dilakukan secara perhitungan pada lokasi urban metropolitan centre diperoleh nilai MAPL sebesar 195,16 dBm, cell radius sebesar 0,087 km, coverage area seluas 0,039 km, dan jumlah sel eNodeB sebanyak 2 buah.

**Kata-Kata Kunci :** Refarming Frekuensi, Long Term Evolution, Metropolitan Centre

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah pelanggan memberikan pengaruh pada kualitas data yang diterima. Semakin banyak pengguna yang mengakses data, maka kualitas layanan data yang diterima semakin menurun karena prinsipnya adalah *sharing bandwidth*. Salah satu upaya yang dilakukan oleh operator seluler untuk mempertahankan kualitas layanan data adalah membangun teknologi 4G Long Term Evolution. Namun, terbatasnya spektrum frekuensi yang tersedia menciptakan suatu sistem refarming frekuensi sebagai solusi untuk membangun teknologi 4G Long Term Evolution. Refarming frekuensi adalah penataan ulang frekuensi yang ada untuk teknologi baru, seperti LTE. Frekuensi yang telah ditata-ulang frekuensinya dapat digunakan untuk pembaharuan teknologi sehingga dapat memudahkan operator seluler mengimplementasikan teknologi baru tersebut dengan memanfaatkan frekuensi *existing* [1].

Jaringan teknologi seluler generasi keempat ini sudah mampu menjangkau hampir 100% di kota Medan, termasuk titik-titik strategis seperti Bandara Internasional Kualanamu, mal, perkantoran, gedung pemerintahan, daerah residensial, dan tempat wisata. Jumlah pelanggan yang menggunakan teknologi 4G LTE sudah mencapai 5000 pelanggan di kota Medan [2].

Penulisan ini bertujuan untuk menganalisis perhitungan kebutuhan parameter jaringan LTE dengan sistem refarming frekuensi pada daerah urban metropolitan centre. Kebutuhan parameter yang digunakan adalah *link budget*, *path loss*, *cell radius* (jari-jari sel), *coverage area* (cakupan area / luas sel) dan eNodeB.

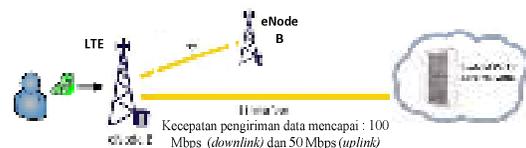
## II. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini membahas tentang konsep dasar mengenai jaringan LTE, sistem *refarming* frekuensi, dan kebutuhan parameter yang mempengaruhinya.

### 2.1 Long Term Evolution

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari Third Generation Partnership Project (3GPP) untuk memperbaiki standar mobile phone generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. Kemampuan LTE dalam hal pengiriman data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Kemampuan dan keunggulan dari Long Term Evolution (LTE) terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam pengiriman data, tetapi juga karena Long Term Evolution dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple-antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya, dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada [3].

Arsitektur jaringan 4G Long Term Evolution dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur jaringan 4G Long Term Evolution

Arsitektur jaringan Long Term Evolution terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

- eNodeB adalah istilah sebutan kata BTS untuk teknologi Long Term Evolution (LTE) yang berfungsi sebagai pengirim data dan untuk

*Radio Resource Management* (RRM) yang bertugas untuk mengontrol dan mengawasi pengiriman sinyal, serta menguji kelayakan data yang melewati eNodeB.

- b. EPC adalah sebuah sistem yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah sistem dimana pada bagian *core network* menggunakan *all-IP (Internet Protocol)*, yang berarti bahwa deretan angka biner antara 32 bit sampai 128 bit yang dipakai sebagai alamat identifikasi tiap *user equipment* dalam jaringan internet. EPC terdiri dari [3]:
  - i. *Mobility Management Entity* (MME) berfungsi sebagai pengontrol setiap *node* pada jaringan akses LTE.
  - ii. *Home Subscription Service* (HSS) berfungsi sebagai tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua *user*. HSS juga menyimpan lokasi *user* pada level yang dikunjungi *node* pengontrol jaringan.
  - iii. *Serving Gateway (SGW)* berfungsi sebagai pengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap *user*, sebagai penghubung antara teknologi LTE dengan teknologi 3GPP lain, seperti 2G dan 3G.
  - iv. *Packet Data Network Gateway (PDN GW)* berfungsi sebagai penyedia hubungan bagi UE ke jaringan paket, penyedia *link* hubungan antara teknologi LTE dengan teknologi *non-3GPP* (WIMAX).
  - v. *Policy and Charging Rules Function (PCRF)* berfungsi untuk menangani QoS (*Quality of Services*) serta mengontrol *rating* dan *charging*.

**2.2 Refarming frekuensi**

*Refarming* frekuensi adalah suatu sistem dalam penataan ulang frekuensi yang ada untuk teknologi yang baru, seperti teknologi *Long Term Evolution*, sehingga dapat memudahkan operator seluler mengimplementasikan teknologi baru tersebut dengan memanfaatkan frekuensi *existing*. Digunakannya sistem *refarming* frekuensi 1800 MHz dikarenakan memiliki pertimbangan lebih hemat karena ekosistemnya sudah terbentuk, tidak memerlukan investasi besar, dan bisa menggunakan antena yang sudah ada. Namun, alokasi frekuensi 1800 MHz masih perlu ditata.

Konfigurasi spektrum kanal operator seller di frekuensi 1800 MHz sebelum ditata-ulang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Posisi kanal operator seluler di frekuensi 1800 MHz sebelum ditata-ulang**

Total lebar pita di frekuensi 1800 MHz adalah 75 MHz. Telkomsel memiliki sumber daya 22,5 MHz

dalam 3 blok yang terpisah, XL memiliki 22,5 MHz dalam dua blok terpisah, Indosat memiliki 20 MHz dengan 2 blok terpisah, dan Tri memiliki total 10 MHz yang sudah menyatu sejak awal.

Konfigurasi spektrum kanal operator seluler di frekuensi 1800 MHz sesudah ditata-ulang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Posisi kanal operator seluler di frekuensi 1800 MHz sesudah ditata-ulang**

Posisi kanal milik empat operator seluler ditempatkan secara berdampingan agar bisa menyediakan layanan 4G LTE secara maksimal. Adapun cara untuk menata ulang frekuensi 1800 MHz adalah sebagai berikut [4]:

1. Cara pertama adalah dengan memulai proses migrasi atau perpindahan frekuensi di area yang memiliki trafik kecil terlebih dahulu untuk meminimalisasi resiko (*risk management* dan *risk assessment*), misalnya pada kawasan di luar pulau Jawa. Tujuannya agar berlangsung secara *seamless* dan tidak mengganggu 180 juta pelanggan 2G yang menempati frekuensi tersebut.
2. Kedua, selama proses migrasi atau pemindahan ini operator harus memiliki apa yang disebut dengan frekuensi penyangga. Frekuensi tersebut berfungsi seperti halte bis untuk transit sebelum berpindah ke alokasi sebenarnya (tempat permanen).

**2.3 Link Budget**

Tujuan dari perhitungan *radio link budget* adalah untuk mendapatkan jangkauan wilayah dari sebuah sel yang berdasarkan pada nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) atau nilai *path loss* maksimum yang diperbolehkan antara *transmitter* dan *receiver* untuk memperoleh *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) yang minimum. Proses *link budget* baik untuk arah *uplink* maupun *downlink* digunakan untuk memperoleh nilai *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL). MAPL merupakan maksimal *path loss* (redaman) yang diijinkan antara *transmitter* ke *receiver* [3].

Persamaan untuk memperoleh *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk arah *downlink* maupun *uplink* dapat dihitung dengan Persamaan 1 dan Persamaan 2 [1].

*Downlink* :

$$MAPL = EIRP_{DL} - S_{UE} - LNF - IM_{DL} - L_{pen} - L_{bodyLoss} + G_{EU Antena} \quad (1)$$

*Uplink* :

$$MAPL = EIRP_{UL} - S_{eNB} - LNF - IM_{UL} - L_{pen} - L_{bodyLoss} + G_{eNB Antena} + G_{eNB TMA} \quad (2)$$

dimana :

MAPL = *Maximum Allowable Path Loss*  
 EIRP = *Equipment Isotropic Radiated Power*

$S_{UE}$  = Receiver sensitivity UE (User Equipment)  
 $S_{eNB}$  = Receiver sensitivity eNodeB (BTS)  
 LNF = log normal fading margin  
 IM = Interference Margin  
 G-antena = Antena Gain  
 G-shad = Gain Against Shadowing  
 Lpen = Penetration Loss  
 $L_{BodyLoss}$  = Body Loss

#### 2.4 Model propagasi path loss COST231-Hata

Model Hata merupakan pengembangan dari model Okumura. Hata memperoleh persamaan matematika dengan mencocokkan nilai-nilai yang disediakan oleh kurva-kurva Okumura. Hata juga menyajikan persamaan-persamaan untuk faktor koreksi yang umum digunakan. Model ini cocok untuk rentang frekuensi 150 MHz – 1500 MHz [5]. Hata membuat persamaan standar untuk menghitung redaman lintasan di daerah *urban*, sedangkan untuk menghitung redaman lintasan di tipe daerah yang lain (*sub-urban*, *open area*, dll). Hata memberikan persamaan koreksinya. Prediksi model COST31-Hata untuk daerah *urban* adalah seperti Persamaan 3.

$$L_{urban}(dB) = 69,55 + 26,16 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log(h_b)) \log(d) + C_m \quad (3)$$

dimana :

$f_c$  = frekuensi kerja antara 1500 MHz – 2000 MHz  
 $h_b$  = tinggi efektif antena pemancar antara 30 m – 200 m  
 $h_m$  = tinggi efektif antena penerima antara 1 m – 10 m  
 $d$  = jarak antara BS – MS antara 1 km - 20 km  
 $a(h_m)$  = faktor koreksi untuk tinggi efektif antena MS  
 $C_m$  = 0 dB untuk *medium-sized city* dan daerah *suburban* dan 3 dB untuk *Metropolitan-centre*.

Untuk kota kecil sampai kota sedang (*small to medium sized city*), faktor koreksi  $a(h_m)$  dapat dihitung dengan Persamaan 4.

$$a(h_m) = (1,1 \log(f_c) - 0,7)h_m - (1,56 \log(f_c) - 0,8) \quad (4)$$

Dan untuk kota besar (*large city*), faktor koreksi  $a(h_r)$  diberikan oleh Persamaan 5.

$$a(h_m) = \begin{cases} 8,29(\log(1,54h_m))^2 - 1,1 & f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3,2(\log(11,75h_m))^2 - 4,97 & f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases} \quad (5)$$

#### 2.5 Cell radius

*Cell* adalah area cakupan (*coverage area*) dari *Radio Base Station*, daerah layanan ini dibagi-bagi menjadi daerah yang kecil-kecil yang disebut

*cellular*, yang sifatnya pelanggan mampu bergerak secara bebas di dalam area layanan sambil berkomunikasi tanpa terjadi pemutusan hubungan [6]. Ukuran radius sel dapat dihitung dengan Persamaan 6.

$$d = 10^{\frac{MAPL - A - B \log(f) + 13,82 \log(h_b) + a(h_m) - 3}{(44,9 - 6,55 \log(h_b))}} \quad (6)$$

dimana :

$$A \begin{cases} 69,55 ; f = 150 - 1500 \text{ MHz} \\ 46,30 ; f = 1500 - 2000 \text{ MHz} \end{cases}$$

$$B \begin{cases} 26,16 ; f = 150 - 1500 \text{ MHz} \\ 33,9 ; f = 1500 - 2000 \text{ MHz} \end{cases}$$

MAPL = Maximum Allowable Path Loss (dBm)

f = frekuensi kerja (MHz)

$h_b$  = tinggi antena Base Station (m)

$a(h_m)$  = faktor koreksi

#### 2.6 Coverage area

Hasil perhitungan *path loss* arah *uplink* dan *downlink*, akan diambil yang paling maksimum untuk kemudian digunakan dalam perhitungan *coverage cell* untuk memperkirakan cakupan dari sistem dengan spesifikasi yang ditentukan sebelumnya. Setelah diperoleh radius sel maka akan diperoleh eNB *coverage area* atau luas sel. Karena daerah urban merupakan area 3 (tiga) sektoral, maka luas sel atau *cell area* diperoleh dalam Persamaan 7.

$$L = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \quad (7)$$

dimana :

d = radius sel

#### 2.7 eNodeB

Jaringan akses pada *Long Term Evolution* terdiri dari satu elemen, yaitu eNodeB. eNodeB (eNB) merupakan *interface* dengan UE (*User Equipment*). Fungsi eNodeB adalah untuk mengontrol dan mengawasi pengiriman sinyal yang dibawa oleh sinyal radio, berperan dalam autentikasi untuk mengontrol kelayakan data yang akan melewati eNodeB, dan untuk mengatur *scheduling*. Jumlah kebutuhan eNodeB dapat dihitung dengan Persamaan 8 [7].

$$\sum eNodeB = \frac{\sum \text{subscriber yang akan dilayani}}{\sum \text{subscriber per cell}} \quad (8)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

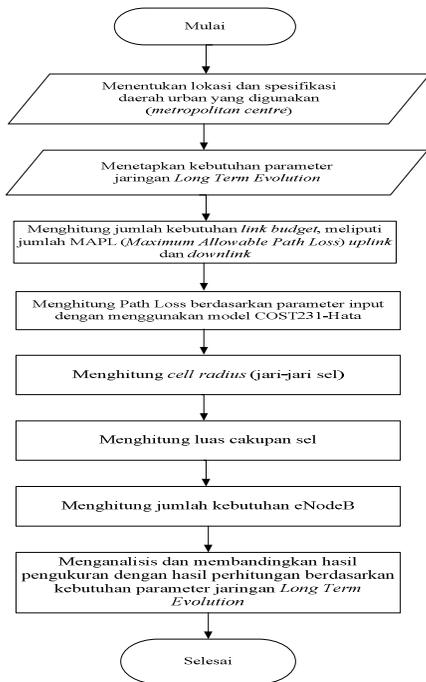
Bagian ini membahas tentang tahapan dalam menganalisis kebutuhan parameter jaringan *Long Term Evolution*.

#### 3.1 Tahapan metode penelitian

Untuk menganalisis kebutuhan parameter jaringan *Long Term Evolution* dengan sistem *refarming* frekuensi pada eNodeB Sun Plaza dan eNodeB USU dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu :

1. Menentukan lokasi penelitian
2. Menetapkan kebutuhan parameter jaringan *Long Term Evolution*
3. Menghitung jumlah kebutuhan *link budget*, meliputi jumlah MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) pada arah *uplink* dan arah *downlink*
4. Menghitung *path loss* berdasarkan parameter input dengan menggunakan model COST231-Hata
5. Menghitung *cell radius* (jari-jari sel)
6. Menghitung luas cakupan sel
7. Menghitung jumlah kebutuhan eNodeB
8. Menganalisis dan membandingkan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan berdasarkan kebutuhan parameter jaringan *Long Term Evolution*.

Secara keseluruhan, metodologi penelitian yang dilakukan untuk analisis kebutuhan parameter jaringan LTE ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir metode penelitian

### 3.2 Spesifikasi daerah penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di daerah urban *metropolitan centre* (eNodeB Sun Plaza) dengan spesifikasi daerah yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi daerah penelitian

No.	Parameter	Metropolitan Centre
1	Tinggi gedung rata-rata ( <i>h</i> )	24 m
2	Jarak antar gedung ( <i>b</i> )	18 m
3	Lebar jalan ( <i>w</i> )	20 m

### 3.3 Parameter MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*)

Parameter - parameter yang digunakan untuk perhitungan *link budget* meliputi MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter MAPL untuk daerah *urban metropolitan centre*

Parameter Downlink	Nilai	Satuan
eNB Tx Power	49	dBm
eNB Gain	18	dB
Feeder Loss	2	dB
EIRP	65	dBm
Bandwidth Frequency	20	MHz
SINR	4,3	dB
Sensitivity	-146,7	dB
UE Noise Figure	8	dB
Interference Margin	6	dB
Receiver Noise (Thermal Noise)	-159	dB
UE Antenna Gain	0	dB
Penetration Loss	16	dB

### 3.4 Parameter *path loss*

Parameter - parameter yang digunakan untuk perhitungan *path loss* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter *path loss* daerah *urban metropolitan centre*

No.	Parameter	Metropolitan Centre
1	Frekuensi ( $f_c$ )	1800 MHz
2	Tinggi antena eNodeB ( $h_b$ )	70 m
3	Tinggi antena MS ( $h_m$ )	3 m
4	Jarak antara eNodeB dan MS ( $d$ )	0,24 km; 0,28 km; 0,32 km; 0,35 km; 0,42 km; 0,43 km; 0,44 km; 0,45 km

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan parameter jaringan LTE, maka dapat dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

### 4.1 Analisis Perhitungan MAPL

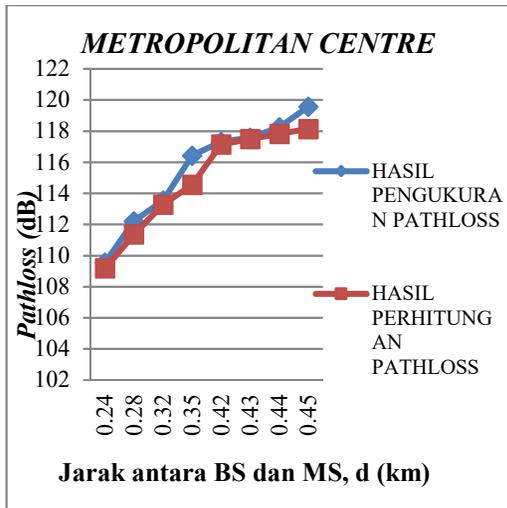
Analisis perhitungan MAPL di daerah urban *metropolitan centre* dipengaruhi oleh parameter - parameter yang terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

$$\begin{aligned}
 \text{MAPL}_{\text{DL}} &= \text{EIRP}_{\text{DL}} - S_{\text{UE}} - \text{LNF} - \text{IM}_{\text{DL}} - L_{\text{pen}} \\
 &\quad - L_{\text{bodyLoss}} + G_{\text{UE Antena}} \\
 &= 65 \text{ dBm} - (-146,7) \text{ dB} - 8 \text{ dB} - 6 \text{ dB} \\
 &\quad - 16 \text{ dB} - 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 179,7 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Dari analisis perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) yang diperoleh di daerah *urban metropolitan centre* adalah sebesar 179,7 dBm.

**4.2 Analisis Perhitungan path loss**

Dari analisis perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan model propagasi COST231-Hata maka diperoleh grafik path loss yang terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Path loss model COST231-Hata di daerah urban metropolitan centre

Dari analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil pengukuran path loss lebih besar dibandingkan hasil perhitungan menggunakan model COST231-Hata. Hal ini disebabkan oleh jumlah penghalang yang banyak pada saat pengukuran di lapangan.

**4.3 Analisis perbandingan jumlah kebutuhan parameter jaringan LTE**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dianalisis bahwa hasil pengukuran jari-jari sel pada daerah metropolitan centre sama dengan hasil perhitungannya. Sedangkan untuk pengukuran luas sel, jumlah sel dan jumlah pelanggan per sel hanya berbeda sedikit dengan hasil perhitungan, hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan jumlah sel dan perhitungan jumlah pelanggan/sel terpenuhi dengan hasil pengukuran untuk wilayah tersebut.

Untuk itu, berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dibuat perbandingan antara perhitungan di lapangan dengan perhitungan prediksi menggunakan rumus seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan hasil perhitungan di lapangan dengan hasil perhitungan prediksi menggunakan rumus

Lokasi Penelitian	Hasil Perhitungan di Lapangan			
	Cell Radius (km)	Luas sel (km)	Sel eNodeB	Pelanggan n/sel
Metropolitan Center	0,087	0,038	3	386
	Hasil Perhitungan Prediksi Menggunakan Rumus			
Metropolitan Center	0,087	0,039	2	385

Dengan membandingkan hasil pengukuran di lapangan dengan hasil perhitungan menggunakan rumus dapat diamati bahwa, hasil pengukuran yang berkaitan dengan jari-jari sel, luas sel, jumlah sel serta jumlah pelanggan per sel di daerah metropolitan centre (Sun Plaza) tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan yang diperoleh. Di lokasi Sun Plaza, hasil pengukuran jari-jari sel sebesar 0,087 km, pengukuran luas sel seluas 0,038 km, pengukuran jumlah sel sebesar 3 sel, pengukuran jumlah pelanggan sebesar 386 pelanggan/sel. Sedangkan berdasarkan perhitungan jari-jari sel sebesar 0,087 km, perhitungan luas sel seluas 0,039 km, perhitungan jumlah sel sebesar 2 sel dan perhitungan jumlah pelanggan sebesar 385 pelanggan/sel.

**V. KESIMPULAN**

Dari pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Di daerah urban metropolitan centre diperoleh nilai MAPL (Maximum Allowable Path Loss) arah uplink sebesar 195,16 dBm sedangkan nilai MAPL arah downlink adalah sebesar 179,7 dBm.
2. Hasil pengukuran path loss lebih besar dibandingkan hasil perhitungan menggunakan model COST231-Hata. Hal ini disebabkan oleh jumlah penghalang yang banyak pada saat pengukuran di lapangan.
3. Nilai cell radius yang diperoleh di daerah urban metropolitan centre adalah sebesar 0,087 km.
4. Luas coverage area yang diperoleh di daerah urban metropolitan centre adalah seluas 0,039 km.
5. Besar estimasi perkiraan kebutuhan sel eNodeB di daerah metropolitan centre adalah 2 buah.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Ariyanti, S., 2013, *Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT Telkomsel*. Buletin Pos Dan Telekomunikasi, Puslitbang SDPPI

[2] Telkomsel, 2015, *Artikel Berita Telkomsel 4G Long Term Evolution*. <http://tekno.kompas.com/read/2015/04/13/10113967/telkomsel.kejar.2.juta.pelanggan.4g.di.2015>, 23 November 2015 jam 20.41 WIB

[3] Uke Kurniawan Usman, Galuh Prihatmoko, Denny Kusuma Hendraningrat dan Sigit Dedi Purwanto, 2012, *Fundamental teknologi Seluler LTE*, Rekayasa Sains, Bandung

[4] Arradian Danang, 2015, *Artikel Berita Cara Menata Ulang Frekuensi 1800 MHz* <http://autotekno.sindonews.com/read/951575/132/dua-cara-menata-ulang-frekuensi-1-800-mhz-1421393634>, 07 April 2016 jam 14.33 WIB

- [5] J. D. Parsons, 2000, *The Mobile Radio Propagation Channel*, University of Liverpool, United Kingdom.
- [6] Nameera, 2010, *Konsep dan Defenisi Sel dalam Dunia Komunikasi Bergerak Telekomunikasi* UMB, Jakarta
- [7] Hidayanto Djamal, 2014, *Perhitungan Total Sistem Seluler Modul 14*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar, UMB, Jakarta