

Handwritten signature and date: 19/8/18

PERANCANGAN JARINGAN 4G LONG TERM EVOLUTION (LTE) 1800 MHz di KOTA MATARAM

Ridho Ahmad Magfurillah¹, Tito Yuwono², Ida Nurcahyani³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
 Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

¹13524035@students.uii.ac.id

²005240102@uui.ac.id

³ida.nurcahyani@uui.ac.id

Abstrak - Perancangan jaringan *Long Terms Evolution* (LTE) di kota Mataram memang sudah ada, namun belum dapat mencakup keseluruhan daerah di kota Mataram. Penelitian ini akan mengkaji perancangan jaringan LTE pada frekuensi 1800 MHz dengan metode perencanaan kapasitas (*capacity planning*) dan perencanaan cakupan (*coverage planning*) pada 2 pembagian wilayah kota Mataram, yaitu daerah *urban* dan *sub-urban*. Pada perencanaan kapasitas, didapatkan jumlah site pada daerah urban sebanyak 20 site dengan luas site 2,098 km² dan radius sel sebesar 0,6432 km. Sementara pada daerah *sub-urban* terdapat 18 site dengan luas sebesar 1,2346 km² dengan radius sebesar 0,4934 km. Penelitian ini juga menggunakan 2 model propagasi yang disesuaikan dengan kondisi bangunan di setiap wilayahnya, yaitu model propagasi Okumura-Hatta pada daerah *sub-urban* dan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami pada daerah *urban*.

Kata Kunci: Kota Mataram, Perancangan LTE, Okumura-Hatta, COST-231 Walfisch-Ikegami, *Pathloss*.

I. PENDAHULUAN

Perancangan LTE diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan cakupan area layanan yang ditunjukkan oleh jumlah *base station*. Dalam hal ini, diusahakan agar rancangan tersebut dapat memenuhi kapasitas trafik dari area cakupan [2].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, aspek yang diperhatikan dalam perencanaan jaringan LTE adalah data kependudukan pada daerah tersebut [2]. Penelitian lainnya yaitu membandingkan 2 metode perencanaan yaitu perencanaan cakupan dan perencanaan kapasitas [4]. Sementara pada penelitian lainnya yang mensimulasikan rugi-rugi saluran antara model propagasi Okumura-Hatta dan COST-231 Walfisch-Ikegami [6].

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan jaringan LTE untuk daerah Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat (NTB). Dipilihnya Kota Mataram sebagai objek dari penelitian ini dikarenakan Kota Mataram sebagai pusat pemerintahan provinsi NTB.

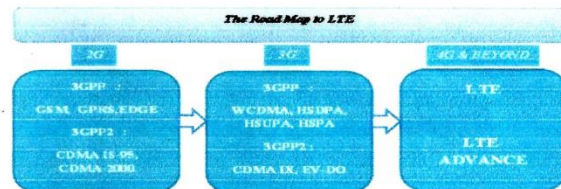
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan LTE yang mencakup keseluruhan wilayah Kota Mataram berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Penelitian ini

juga menganalisa kualitas jaringan berdasarkan *pathloss* dengan 2 model propagasi yang berbeda serta *Received Signal Code Power* (RSCP).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Long Terms Evolution (LTE)

LTE (*Long Terms Evolution*) merupakan standarisasi teknologi akses radio yang diperkenalkan oleh 3GPP yang mendukung throughput yang sangat tinggi dan latency yang sangat rendah. LTE yang merupakan evolusi dari GSM dan WCDMA dimulai pada tahun 2004 dengan alasan kebutuhan internet yang sangat cepat guna mendukung layanan *mobile broadband* yang kedepannya sangat diperlukan untuk mendukung segala aktivitas [1].



Gambar 1. Perkembangan jaringan 4G LTE

B. Capacity Planning

Capacity Planning (perencanaan kapasitas) dilakukan untuk menetapkan jumlah pelanggan, nilai *Offered Bit Quantity* (OBQ) dan kapasitas sel. Perencanaan ini dilakukan berdasarkan beberapa pendekatan, diantaranya jenis layanan, jumlah penduduk, keadaan *traffic* layanan, pertumbuhan penduduk / tahun, penetrasi populasi dalam jangka waktu tertentu dan kapasitas BTS dalam jangka waktu tertentu [2].

Untuk mendapatkan peramalan *traffic* yang sesuai dapat dilakukan dengan melakukan estimasi jumlah penduduk dalam beberapa tahun kedepan. Kemudian melakukan perhitungan kepadatan pelanggan per km². Selanjutnya peramalan *traffic* layanan yang terdiri dari penetrasi layanan, *bandwidth* (BW) setiap layanan, *busy hour call attempt* (BHCA), dan durasi panggilan. Setelah parameter-parameter tersebut didapatkan, maka dapat dihitung nilai *Offered Bit Quantity* (OBQ) di masing-masing area layanan dan keseluruhan. Adapun rumus dalam mencari nilai OBQ adalah [4]:

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW \text{ (bps/km}^2\text{)} \quad (1)$$

dimana σ merupakan simbol dari kepadatan pengguna (jiwa/km²), p merupakan simbol dari penetrasi layanan (%), d melambangkan lama panggilan efektif (detik), $BHCA$ merupakan jumlah penetrasi panggilan pada jam sibuk (%), BW simbol dari jumlah penggunaan *bandwidth* (Kbps).

$$L = \frac{\text{Kapabilitas Sel}}{\text{OBQ total}} \quad (2)$$

Setelah mendapatkan nilai luas cakupan sel dari rumus tersebut, maka nilai dari radius sel dan jumlah sel yang dibutuhkan dapat dicari dengan rumus [4]:

$$\text{Radius} = \frac{\sqrt{\text{Luas cakupan sel}}}{2,6} \quad (1\text{-sectoral}) \quad (3)$$

$$\text{Radius} = \frac{\sqrt{\text{Luas cakupan sel}}}{1,3 \times 2,6} \quad (2\text{-sectoral}) \quad (4)$$

$$\text{Radius} = \frac{\sqrt{\text{Luas cakupan sel}}}{1,95 \times 2,6} \quad (3\text{-sectoral}) \quad (5)$$

$$\text{Jumlah sel yang dibutuhkan} = \frac{\text{Luas wilayah}}{\text{Luas cakupan sel}} \quad (6)$$

A. Radio Link Budget

Link budget adalah perhitungan jumlah daya dan losses pada saat pengiriman sinyal, mulai dari *transmitter* (Tx) sampai *receiver* (Rx). *Link budget* menghitung seluruh *gain* dan *loses* pada sistem transmisi dari awal pengiriman sinyal hingga sinyal itu diterima. Adanya penghalang seperti gedung dan pepohonan juga menjadi alasan diperlukannya perhitungan *link budget*. *Link budget* juga dihitung dengan melihat spesifikasi yang ada pada antena [6]. Tujuan *link budget* adalah untuk mengidentifikasi *pathloss* maksimum yang diizinkan antara pemancar hingga penerima atau *maximum allowed pathloss* (MAPL)

Perhitungan MAPL (*Maximum Allowed Pathloss*) akan mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima pada *receiver-UE* (*user equipment*). Salah satu parameter kualitas pada penerima yang dapat dilakukan perhitungan adalah nilai RSCP (*Received Signal Code Power*). Nilai RSCP didapat setelah perhitungan EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*). EIRP merupakan nilai daya yang dipancarkan antena untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antena. Rumus EIRP dapat dituliskan [10]:

$$\text{EIRP(dB)} = \text{Tx power dBm} + \text{Antena Gain dBi} - \text{Cable Loss} \quad (2.7)$$

Sedangkan rumus RSCP dapat dituliskan:

$$\text{RSCP dBm} = \text{EIRP} - \text{wall loss} - \text{body loss} - \text{path loss} - \Sigma(\text{handover} + \text{fading margin}) \quad (2.8)$$

Tabel 1. Standar Nilai RSCP [7]

RSCP	
RANGE	GRADE
-130 to -100	Poor
-100 to -90	Intermediate
-90 to -80	Very Good
-80 to -30	Excellent

Tabel 1 berisi informasi mengenai standar rentang nilai RSCP dimana nilai RSCP yang ideal untuk diterapkan pada jaringan LTE adalah berkisar antara -90 dBm hingga -30 dBm yaitu berada pada tingkat *very good* dan *excellent*.

B. Karakteristik Propagasi Gelombang Radio

1. Model propagasi Okumura – Hata

Pemodelan Okumura-Hata merupakan formula empirik untuk estimasi perhitungan *pathloss* propagasi sinyal berdasarkan pengukuran Okumura terhadap propagasi sinyal di Tokyo. Kemudian oleh Hata pengukuran tersebut didekati dengan pendekatan pada daerah urban. Model ini terbagi dalam beberapa skenario, yaitu untuk daerah metropolitan, daerah urban, daerah suburban, dan daerah rural [8].

Pemodelan Okumura-Hata merupakan pemodelan umum yang sering digunakan pada area layanan sub-urban maupun pada daerah-daerah yang tidak banyak terdapat gedung-gedung bertingkat secara rapat. Rumusan model propagasi Okumura-Hata dapat dituliskan sebagai berikut [2]:

$$Pl = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log hB - a(hR) + 44,9 - 6,55 \log hB \log d + C \quad (9)$$

$$a(hR) = 1,1 \log f - 0,7 hR - 1,56 \log f - 0,8 \quad (10)$$

dimana Pl merupakan simbol dari *pathloss* (dB), f melambangkan *frekuensi* (MHz) yang digunakan, hB yang melambangkan tinggi *base station* (m), hR merupakan ketinggian dari *user equipment* (m), d merupakan jarak antara *base station* dan *user equipment* (m) dan $a(hR)$ adalah faktor koreksi tinggi antena *base station*.

2. Model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami

Model empirik ini merupakan kombinasi antara model J. Walfisch dan F. Ikegami. Tingkat akurasi dari model empirik ini cukup tinggi karena dalam lingkungan *urban* khususnya dalam propagasi diatas bangunan (*multiple diffraction*) merupakan hal utama. Berikut ini merupakan rumusan untuk mencari nilai *pathloss* pada model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami [5]:

$$Pl = Lo + Lrts + Lmsd ; Lrts + Lmsd > 0 \quad (11)$$

$$Pl = Lo ; Lrts + Lmsd \leq 0 \quad (12)$$

Dimana untuk mencari Lo menggunakan rumus [4]:

$$Lo = 32,44 + 20 \log (f) + 20 \log (d) \quad (12)$$

Dimana untuk mencari $Lrts$:

$$Lrts = -16,9 - 10 \log (w) + 10 \log (f) + 20 \log (hroof - hr) + Lori \quad (13)$$

Dimana untuk mencari $Lori$ menggunakan rumus :

$$L ori = -10 + 0,354 \frac{\varphi}{deg} ; 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ$$

$$L ori = 2,5 + 0,075 \left(\frac{\varphi}{deg} - 35 \right) ; 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \quad (14)$$

$$L ori = 4 + 0,114 \left(\frac{\varphi}{deg} - 35 \right) ; 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ$$

Dan untuk mencari $Lmsd$ adalah :

$$Lmsd = Lbsh + Ka + Kd \log (d) + Kf \log (f) - 9 \log b$$

$$Lbsh = -18,1 + hTx - hroof ; hb > hroof \quad (15)$$

$$= 0 ; hb < hroof$$

$$Ka = 54 ; hb > hroof \quad (16)$$

$$= 54 - 0,8 (hb - hroof) ; d \geq 0,6 \text{ km dan } hb \leq h \text{ roof}$$

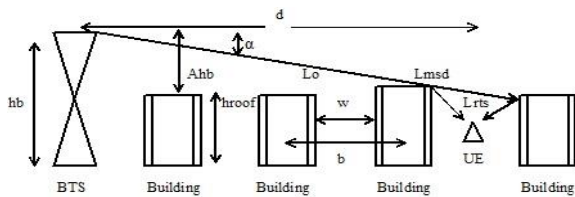
$$= 54 - 0,8 (hb - hroof) \frac{d}{0,5} ; d < 0,5 \text{ km and } hb \leq h \text{ roof}$$

$$Kd = 18 ; hb > hroof$$

$$= 18 - 15 \frac{hb - hroof}{h \text{ roof} - hb} ; hb < hroof \quad (17)$$

$$Kf = 0,7 \left(\frac{f}{9,25} - 1 \right) ; \text{for medium sized city}$$

$$= 1,5 \left(\frac{f}{9,25} - 1 \right) ; \text{for medium sized city} \quad (18)$$



Gambar 2. Parameter pada Model COST-231

(Walfisch-Ikegami) [4]

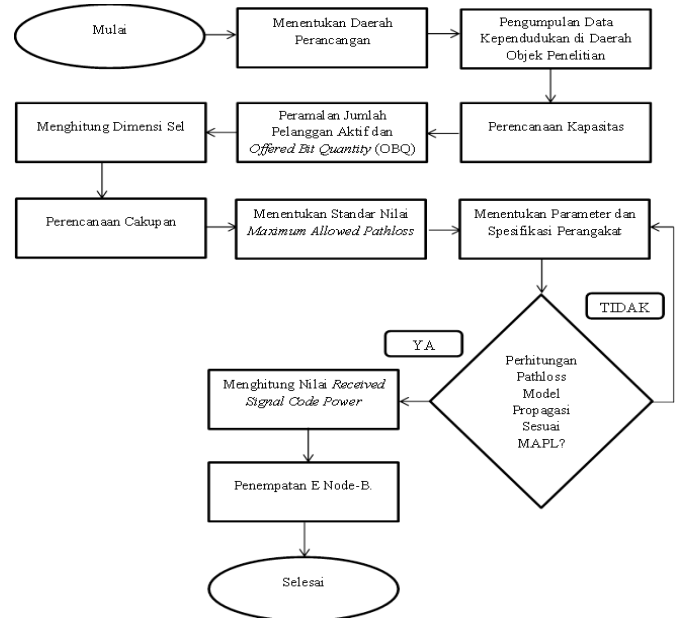
dimana Pl merupakan simbol *Path Loss* (dB), f merupakan frekuensi (MHz) yang digunakan, hb merupakan tinggi *base station* (m), hr yang merupakan simbol dari tinggi *user equipment* (m), $hroof$ melambangkan tinggi *rooftop* (m), d merupakan jarak antara *base station* dan UE, b adalah jarak

antara dua gedung (m), dan w melambangkan lebar jalan raya (m).

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan pada penelitian ini melewati beberapa proses untuk menyelesaikannya, hal tersebut bisa ditampilkan dalam diagram alir sebagaimana pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

Gambar 3 berisi informasi mengenai tahapan-tahapan dalam penelitian ini dimana setiap tahapan harus dilakukan secara berurutan karena disetiap tahapan saling berkaitan.

B. Kota Mataram

Kota Mataram merupakan ibukota provinsi Nusa Tenggara Barat yang dimana pusat pemerintahan berada di kota ini. Kota yang terletak di bagian barat pulau Lombok ini memiliki penduduk berjumlah 450.226 jiwa. Wilayah kota Mataram memiliki luas 61.3 km² yang terbagi menjadi 6 kecamatan, yaitu kecamatan Mataram, kecamatan Ampenan, kecamatan Cakranegara, kecamatan Sandubaya, kecamatan Sekarbela dan kecamatan Seleparang [9].



Gambar 4. Peta Kota Mataram

Gambar 4 memuat informasi mengenai peta kota Mataram dimana didalam gambar tersebut, wilayah kota Mataram yaitu yang berada dalam rentang melingkar garis merah.

C. Perancangan Jaringan LTE

Perancangan jaringan LTE merupakan salah satu cara untuk mengoptimalkan fungsi dari kemajuan telekomunikasi saat ini. Meskipun banyak penyedia layanan telekomunikasi telah menerapkan LTE sejak beberapa tahun terakhir, namun penerapan tersebut belum mencakup keseluruhan daerah di Indonesia, terlebih di kota Mataram. Beberapa penyedia layanan telekomunikasi telah menerapkan LTE di kota Mataram sejak tahun 2016, namun penerapan ini dirasa kurang optimal dikarenakan masih banyak daerah yang belum terjangkau oleh layanan LTE, terutama di kecamatan-kecamatan perluasan, seperti kecamatan Sandubaya, Selaparang dan Sekarbela [10].



Gambar 5. Kualitas sinyal LTE di kota Mataram [10]

Gambar 5 memuat informasi mengenai kekuatan sinyal di daerah kota Mataram dimana terlihat di beberapa titik dari gambar tersebut memiliki kualitas sinyal yang buruk (berwarna merah) bahkan di beberapa titik lainnya belum tersentuh jaringan LTE.

D. Capacity Planning

1. Menentukan jumlah *user* dan kepadatan potensial pelanggan (σ)

Dalam penelitian ini, jumlah user adalah separuh dari jumlah penduduk pada usia produktif dikarenakan persentasi jumlah pengguna smartphone di Indonesia adalah 39% dari keseluruhan jumlah penduduk [11]. Setelah jumlah user didapat, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai kepadatan potensial pelanggan (σ) yang dapat dicari berdasarkan hasil bagi antara jumlah user pada tahun n dan luas daerah tersebut.

2. Analisis Kebutuhan Offered Bit Quantity (OBQ)

Setelah nilai kepadatan potensial pelanggan didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai OBQ. OBQ sendiri diperlukan untuk merencanakan kebutuhan bit yang ditawarkan kepada pengguna. OBQ sendiri diperlukan untuk merencanakan kebutuhan bit yang ditawarkan kepada pengguna. Selain itu, OBQ juga digunakan dalam mencari nilai luas cakupan sel (L). Dalam mencari nilai OBQ diperlukan beberapa parameter yaitu duration call (d), Busy hours call attempt (BHCA), penetration rate (p) dan bandwidth di setiap layanan yang di tawarkan.

Adapun pada penelitian ini terdapat 6 layanan LTE yang ditawarkan yaitu *Speech (S)*, *Simple Message (SM)*, *Switched Data (SD)*, *Medium Multimedia (MMM)*, *High Multimedia (HM)*, dan *High Interactive Multimedia (HIM)*.

Berikut adalah parameter-parameter yang digunakan dalam mencari OBQ disertai dengan klasifikasi layanan yang ditawarkan [10]:

Tabel 2. Net User Bitrate dan Penetration Rate

Service Type	Net User Bitrate		Penetration Rate
	Uplink (kbps)	Downlink (kbps)	%
Speech (S)	16	16	10%
Simple Message (SM)	14	14	25%
Switched Data (SD)	64	64	15%
Medium Multimedia (MMM)	64	384	15%
High Multimedia (HM)	128	2000	20%
High Interactive Multimedia (HIM)	128	128	15%

Tabel 2 memuat informasi mengenai net user bitrate dan penetration rate di setiap layanan dimana layanan high multimedia membutuhkan bitrate terbesar dan simple message memiliki penetras yang paling banyak.

Tabel 3. Call Duration dan Busy Hours Call Attempt (BHCA)

Service Type	duration (s)	BHCA
Speech (S)	120	0,9
Simple Message (SM)	30	0,06
Switched Data (SD)	156	0,2
Medium Multimedia (MMM)	139	0,5
High Multimedia (HM)	533	0,15
High Interactive Multimedia (HIM)	180	0,1

Tabel 3 memuat informasi mengenai call duration dan busy hours call attempt dimana layanan high multimedia memakan durasi yang paling laa dan layanan speech memiliki nilai BHCA yang terbesar.

3. Cell Dimensioning

Cell Dimensioning bertujuan untuk menentukan cakupan sel, jumlah sel yang dibutuhkan dan juga menghitung radius sel. Adapun spesifikasi sel yang akan digunakan pada perancangan ini adalah jenis modulasi yang digunakan 64 QAM dengan user bitrate 50,4 Mbps serta bandwidth 10 MHz.

E. Coverage Planning

1. Link Budget

Perhitungan link budget merupakan perhitungan terhadap seluruh parameter dalam transmisi sinyal, mulai gain dan loss pada Tx hingga Rx. Untuk mendapatkan nilai estimasi gain dan loss mulai dari Tx hingga Rx, diperlukan

perhitungan nilai *maximum allowed path losses* (MAPL) baik itu pada arah *uplink* maupun *downlink*.

Tabel 4. Parameter MAPL pada saat *uplink*.

Data rate (kbps)		2400 Kbps
Transmitter – UE		
a	Max. TX power (dBm)	23
b	TX antenna gain (dBi)	0
c	Body loss (dB)	2
d	EIRP (dBm)	21,0 (a + b - c)
Receiver – eNode B		
e	Node B noise figure (dB)	3
f	Thermal noise (dBm)	-104,5 ($k \cdot T \cdot B$)
g	SINR (dB)	-3,3
h	Receiver sensitivity (dBm)	-107,8 (g + h)
i	Fade Margin (dB)	9
j	Interference Margin (dB)	3
k	RX antenna gain (dBi)	19
l	Cable Loss (dB)	2
Maximum allowed path loss		133,8 = d - h - i - j + k - l

Tabel 5. Parameter MAPL pada saat *downlink*

Data rate (kbps)		3600 Kbps
Transmitter – UE		
A	Max. TX power (dBm)	46
B	TX antenna gain (dBi)	17
C	Body loss (dB)	2
D	EIRP (dBm)	61,0 (a + b - c)
Receiver – eNode B		
E	Rx noise figure (dB)	7
F	Thermal noise (dBm)	-104,5 ($k \cdot T \cdot B$)
G	SINR (dB)	-2
H	Receiver sensitivity (dBm)	-106,5 (g + h)
I	Fade Margin	9
J	Interference Margin (dB)	8
K	RX antenna gain (dBi)	0
L	Body Loss (dB)	2
Maximum allowed path loss		148,5 = d - h - i - j + k - l

Tabel 4 dan 5 berisi informasi mengenai parameter MAPL pada saat transmisi *uplink* serta *downlink* dimana MAPL merupakan batas maksimum nilai *pathloss* diperbolehkan.

2. Propagasi Gelombang Radio

Penelitian ini akan mencoba untuk menguji 2 propagasi yaitu model propagasi Okumura-Hatta dan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami. Nantinya nilai *pathloss* dari kedua propagasi ini akan dihitung dan akan disesuaikan sesuai dengan daerah-daerah yang terdapat di kota Mataram. Nilai *pathloss* dari model propagasi Okumura-Hatta dapat dihitung menggunakan persamaan 9, sementara nilai *pathloss* dari model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami dapat dihitung dengan persamaan 11.

Pada model propagasi Okumura-Hatta, spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Spesifikasi Model Propagasi Okumura-Hatta

Spesifikasi Okumura-Hatta	
Frekuensi	1.800 MHz
Frekuensi <i>Uplink</i>	1.750 MHz
Frekuensi <i>Downlink</i>	1850 MHz
Tinggi Penerima (hR)	1,5-1,85 m
Tinggi Pengirim (hT)	45 m

Sementara pada model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami menggunakan spesifikasi seperti berikut ini :

Tabel 7. Spesifikasi Model Propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami

Spesifikasi COST-231 Walfisch-Ikegami	
Frekuensi	1.800 MHz
Frekuensi <i>Uplink</i>	1.750 MHz
Frekuensi <i>Downlink</i>	1.850 MHz
Tinggi Penerima (hR)	1,5-1,85 m
Tinggi Pengirim (hT)	45 m
Tinggi Bangunan Penghalang	3-33 m
Jarak Antar Bangunan	1-31 m
Lebar Jalan	1-31 m
Sudut Relatif Terhadap Jalan	90°

Tabel 6 dan 7 memuat informasi mengenai spesifikasi di setiap model propagasi yang digunakan, dimana antara model propagasi Okumura-Hatta dan COST-231 Walfisch-Ikegami memiliki perbedaan terhadap parameter penghalang antara Tx dengan Rx.

3. Pemetaan Sel

Langkah terakhir dalam penelitian ini yaitu menentukan lokasi peletakan e-Node B. Dalam menentukan lokasi penempatan e-Node B ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain lokasi peletakan yang tidak boleh terlalu dekat dengan rumah warga, lokasi peletakan harus bisa mencakup pelanggan dalam jumlah besar dan diutamakan daerah-daerah yang tidak tercakup dalam rancangan sebelumnya.

III. HASIL DAN ANALISIS

A. Peramalan jumlah pengguna dan kepadatan potensial pelanggan pada tahun 2018.

Berdasarkan perhitungan hasil kali antara data kependudukan serta persentase jumlah pengguna, didapatkan hasil dimana untuk daerah yang tergolong *urban* memiliki jumlah pengguna potensial sebanyak 1.957,836 jiwa, sedangkan untuk daerah *sub-urban* sebanyak 3.328,188 jiwa.

B. Perhitungan Offered Bit Quantity (OBQ)

Tabel 8. Nilai OBQ di daerah urban

Layanan	σ	d	BHCA	BW	p	OBQ (bps/km ²)
S	1957,83	120	0,9	16	10%	338.314,1016
SM	1957,83	30	0,06	14	25%	12.334,36829
SD	1957,83	156	0,2	64	15%	586.411,1094
MM	1957,83	139	0,5	383	15%	7.817.199,57
HM	1957,83	533	0,15	2000	20%	62.611.602,8
HIM	1957,83	180	0,1	128	15%	676.628,2031
Total OBQ						72.042.490,18

Tabel 9. Nilai OBQ di daerah sub-urban

Layanan	σ	d	BHC A	BW	p	OBQ (bps/km ²)
S	3328,18	120	0,9	16	10%	575.110,9559
SM	3328,18	30	0,06	14	25%	20.967,58693
SD	3328,18	156	0,2	64	15%	996.858,9902
MM	3328,18	139	0,5	383	15%	13.288.707,4
HM	3328,18	533	0,15	2000	20%	106.435.465,
HIM	3328,18	180	0,1	128	15%	1.150.221,91
Total OBQ						122.467.332

Tabel 8 dan 9 berisi informasi mengenai nilai OBQ di daerah urban dan sub urban. Total bit yang ditawarkan pada daerah *urban* sebesar 72.042.490,18 bit/km² (72,042 Mb/km²), sementara jumlah bit yang di tawarkan pada daerah *sub-urban* adalah 122.467.332 bit/km² (122,467 Mb/km²). Nilai ini nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan luas sel yang akan didesain.

C. Dimensi Sel Daerah Urban (Mataram, Ampenan, Cakeranegara)

Berdasarkan persamaan 2, 5 dan 6, maka didapatkan nilai luas *site* sebesar **2,098 km²/sel**, jumlah e-Node B sebanyak **19,08 sel (20 sel, dibulatkan menuju angka yang lebih besar untuk pengoptimalan cakupan)** dan radius dari sel tersebut yaitu **0,6432 km**

D. Dimensi Sel Daerah Sub-Urban (Sekarbela, Sandubaya, Selaparang)

Berdasarkan persamaan 2, 5 dan 6, maka didapatkan nilai luas *site* sebesar **1,2346 km²/sel**, jumlah e-Node B sebanyak **17,21 sel (18 sel, dibulatkan menuju angka yang lebih besar untuk pengoptimalan cakupan)** dan radius dari sel tersebut yaitu **0,4934 km**.

E. Perhitungan Pathloss Propagasi.

1. Pathloss Pada Model Propagasi Okumura-Hatta

Tabel 10. Perhitungan pathloss pada transmisi uplink dan downlink pada daerah urban dan sub-urban

Tinggi Penerima (m)	PL Urban		PL Sub Urban	
	Uplink (dB)	Downlink (dB)	Uplink (dB)	Downlink (dB)
1,5	126,81979	127,6357492	122,896567	123,712527
1,55	126,676422	127,4910548	122,753199	123,567832
1,6	126,533055	127,3463603	122,609833	123,423138
1,65	126,389688	127,2016659	122,466466	123,278443
1,7	126,246321	127,0569714	122,323099	123,133749
1,75	126,102954	126,912277	122,179732	122,989055
1,8	125,959587	126,7675825	122,036364	122,844436
1,85	125,81622	126,6228881	121,892997	122,699665

Tabel 10 berisi informasi perhitungan pathloss Okumura-Hatta memuat informasi mengenai jumlah *pathloss* berdasarkan tinggi penerima yang merujuk pada persamaan 9 dan 10, dapat dilihat bahwa *pathloss* pada daerah *urban* lebih besar jika dibandingkan dengan *pathloss* pada daerah *sub urban*.

2. Pathloss Pada Model Propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami

Tabel 11. Hasil Perhitungan *pathloss* pada daerah urban dan sub-urban pada saat uplink.

Lebar Jalan	Jarak Antar Bangunan	Tinggi Bangunan	PI Sub-Urban	PI Urban
1	1	3	118,71	123,08
3	3	5	117,91	122,29
5	5	7	118,15	122,53
7	7	9	118,55	122,92
9	9	11	119,0	123,37
11	11	13	119,49	123,86
13	13	15	120,01	124,38
15	15	17	120,56	124,93
17	17	19	121,15	125,52
19	19	21	121,78	126,16
21	21	23	122,46	126,84
23	23	25	123,2	127,57
25	25	27	124,01	128,38
27	27	29	124,9	129,28
29	29	31	125,9	130,28
31	31	33	127,04	131,42

Tabel 11 dan 12 memuat informasi mengenai nilai *pathloss* pada saat *uplink* dan *downlink* pada daerah *urban* dan *sub urban* dimana dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa semakin besar nilai faktor penghalang, maka semakin besar nilai *pathloss* pada transmisinya.

Tabel 12. Hasil perhitungan *pathloss* pada saat *downlink*.

Lebar Jalan	Jarak Antar Bangunan	Tinggi Bangunan	PI Sub-Urban	PI Urban
1	1	3	119,13	123,5
3	3	5	118,33	122,7
5	5	7	118,57	122,95
7	7	9	118,96	123,34
9	9	11	119,42	123,79
11	11	13	119,9	124,28
13	13	15	120,42	124,803
15	15	17	120,98	125,35
17	17	19	121,57	125,94
19	19	21	122,2	126,57
21	21	23	122,88	127,25
23	23	25	123,62	127,9
25	25	27	124,42	128,804
27	27	29	125,32	129,69
29	29	31	126,32	130,70
31	31	33	127,46	131,84

F. Perhitungan RSCP

Berdasarkan tabel 4 dan 5, didapatkan nilai MAPL pada arah *uplink* sebesar 133,8 dB dan MAPL arah *downlink* sebesar 148,5 dB. Dari spesifikasi transmitter yang ada, ketika transmisi *downlink* nilai EIRP berdasarkan Tabel 6 yaitu sebesar 61,0 dBm. Nilai ini kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 5 untuk mendapatkan nilai RSCP. Adapun parameter-parameter yang tidak terdapat pada tabel MAPL sebagai berikut :

Tabel 13 Parameter perhitungan RSCP.

Parameter	Nilai
Wall loss	18 dB
Body loss	2 dB
Path loss 4G	131,84 dB
Handover	0 dB
Fading margin	9 dB

Tabel 13 memuat informasi mengenai parameter untuk mencari nilai RSCP dimana nilai-nilai tersebut diambil dari spesifikasi perangkat yang digunakan.

Dengan parameter tersebut, maka RSCP dapat dicari dengan persamaan 5 dan menghasilkan :

$$\begin{aligned}
 RSCP &= 61,0 \text{ dBm} - 18 \text{ dB} - 2 \text{ dB} - 131,84 \text{ dB} - (0 \text{ dB} + 9 \text{ dB}) \\
 &= -99,84 \text{ dB} \\
 &= -69,84 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 1, nilai RSCP termasuk dalam kategori *excellent* karena berada pada rentang -80 dBm sampai -30 dBm.

G. Pemetaan Sel

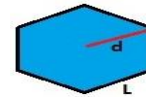
Berdasarkan hasil dari keseluruhan tahapan perencanaan dan analisis kekuatan sinyal, maka didapatkan hasil untuk pemetaan dan peletakan sel yaitu sebagai berikut:



Gambar 6. Pemetaan peletakan e-Node B untuk daerah *urban* dan *sub-urban*.

Gambar 6 memuat informasi mengenai titik-titik peletakan e-Node B. Didalam gambar tersebut terdapat 2 sel dengan warna yang berbeda dimana sel dengan warna biru menggambarkan peletakan sel pada daerah urban sementara sel dengan warna kuning merupakan sel pada daerah sub urban.

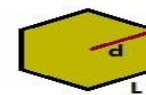
Keterangan :



Gambar 7. Dimensi sel daerah *urban*

Tabel 14 Dimensi sel pada daerah *urban*.

Parameter	Nilai
Teknik Modulasi	64 QAM
<i>Bitrate</i>	50.4 Mbps
<i>Channel Bandwidth</i>	10 MHz
<i>Radius Cell (d)</i>	0,6432 km
<i>Luas Site (L)</i>	2,098 km ²
<i>Jumlah Site</i>	20



Gambar 8. Dimensi sel daerah *sub-urban*

Tabel 15 Dimensi sel pada daerah *sub-urban*.

Parameter	Nilai
Teknik Modulasi	64 QAM
<i>Bitrate</i>	50.4 Mbps
<i>Channel Bandwidth</i>	10 MHz
<i>Radius Cell (d)</i>	0,4934 km
<i>Luas Site (L)</i>	1,2346 km ²
<i>Jumlah Site</i>	18

IV. KESIMPULAN

Perancangan jaringan LTE di kota Mataram menggunakan 2 model propagasi, yaitu model propagasi Okumura-Hatta dan Walfisch-Ikegami yang dimana model propagasi Okumura-Hatta digunakan pada daerah sub-urban dan model propagasi Walfisch-Ikegami digunakan di daerah urban. Perhitungan nilai *pathloss* di setiap model propagasi telah sesuai standar karena tidak melebihi nilai MAPL. Sedangkan nilai RSCP sebesar -69,84 dBm, nilai ini termasuk dalam kategori *excellent* dan dapat di implementasikan. Pemetaan sel telah disesuaikan dengan kualitas sinyal di setiap daerah cakupan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Seifu, "LTE Radio Network Planning: Modeling Approaches for the Case of Addis Ababa," *Addis Ababa Univ.*, 2012.
- [2] N. H. M. R, F. Istiqomah, M. Dickri, and N. Indah, "Perancangan Jaringan Seluler 4G LTE Frekuensi 1780 - 1875 MHz di Provinsi Papua Barat," *Telcom Univ.*, no. 1, pp. 1–11, 2015.
- [3] OpenSignal, "Drive Test Kota Mataram" 2018. [Online] Available: <https://opensignal.com/KotaMataram>.
- [4] I. Santoso and U. Diponegoro, "Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Time Division Dduplex (TDD) 2300 MHz di Semarang Tahun 2015," *Univ. Di*, no. January 2014, 2016.
- [5] M. I. R. Fahmi, "Analisis Perancangan BTS HOTEL Pada Kawasan Kampus di ITS Sukolilo-Surabaya," *Inst. Teknol. Surabaya*, 2016.
- [6] S. Hutauruk, "Simulasi Model Empiris Okumura-Hatta dan Model COST 231 Walfisch-Ikegami untuk Rugi Saluran Pada Komunikasi Selular," *Univ. HKBP Nommensen Medan*, vol. 2011, no. Semantik, 2011.
- [7] C. S. Inc, "The Link Budget and Fade Margin," *Campbell Sci. Inc.*, 2016.
- [8] N. I. Dewa Made Mahendra, Panda Ketut, "Analisis Parameter Jaringan HSDPA Kondisi Indoor dengan Tems Investigation dan G-Nettrack Pro," *Univ. Udayana*, no. July, 2016.
- [9] L. Zhang, "Network Capacity, Coverage Estimation and Frequency Planning of 3GPP Long Term Evolution," *Lingköping Univ.*, 2010.
- [10] BPS, "Mataram Dalam Agka," 2017. [Online]. Available: <https://www.mataramkota.bps.go.id>.
- [11] GoogleEarth, "Maps of Mataram," 2018. [Online]. Available: <https://earth.google.com/web/@-8.58874595,116.12022948,25.94516219a,22991.59815723d,35y,0h,0t,0r/data=CIEaTxJHCiUweDjkY2RiZjU5MWE3ZjVlYzc6MHg4MzBiMTIyYmRkMTAxZGM1GZcjGpO0MSHAIQ-mF2tuBl1AKgxLb3RhIE1hdGFyYW0YAIBKAI>.
- [12] E Market, "4G LTE Smartphone Users ," 2016. [Online] Available : <https://emarketer.com/m/2-billion-consumers-worlwide-smartphones-by-2016/1011694>.
- [13] S. Kusmaryanto, "Quadrature Amplitudo Modulation-64," *Univ. Brawijaya*, 2013.
- [14] ECC, "ECC Report 199," *ECC*, no. May, 2013.