

# Perencanaan Jaringan LTE Area Kota Malang Pada Frekuensi 700 MHz Berdasarkan *Coverage And Capacity* Menggunakan *Software Atoll Radio Planning*

Rio Wicaksono<sup>1</sup>, Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.<sup>2</sup>, Sapriesty Nainy Sari, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia – Telp (0341) 567886

Email: riowicaksono@outlook.com

## ABSTRAK

LTE merupakan teknologi berbasis *Internet Protocol* (IP) dengan peningkatan kecepatan dan efisiensi spektrum dibanding teknologi sebelumnya. Frekuensi 700MHz merupakan frekuensi yang paling ideal untuk LTE di Indonesia atas dasar cakupan yang luas, ketersediaan *bandwidth* yang lebar, serta *propagation loss* yang lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi lain yang telah beroperasi di Indonesia. Namun, frekuensi 700 MHz diperkirakan baru siap digunakan pada tahun 2020. Penentuan jumlah *site* yang akan digunakan mengacu pada perhitungan *coverage* dan *capacity dimensioning*. Kemudian lokasi dipilih berdasarkan lokasi *site existing* di Kota Malang dan dengan meminimalisir *blank spot area*. Perencanaan ini menggunakan *software Atoll Radio Planning* dengan model propagasi Okumura-Hatta. Perhitungan *dimensioning* menunjukkan bahwa jumlah eNodeB yang dibutuhkan dalam perencanaan sebanyak 25 *site* eNodeB, dimana 7 *site* diantaranya merupakan *site* rekomendasi dan 18 *site* menggunakan *existing sites* di Kota Malang. Hasil simulasi menunjukkan perencanaan ini memiliki nilai *best signal level* -62,15 dBm dengan *signal level* yang dikategorikan baik, yaitu >-90 dBm mampu mencakup daerah seluas 106,09 km<sup>2</sup>. Nilai RSRP rata-rata yang diperoleh -95,04 dBm. Nilai *throughput* rata-rata yang diperoleh sebesar 68.135 Kbps, dengan nilai *throughput* terbaik (> 40 Mbps) mencakup area seluas 98,2 km<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** LTE, Atoll, RSRP, *throughput*

## ABSTRACT

LTE is an *Internet Protocol* (IP) based technology with speed and spectral efficiency enhancement than previous technologies. The 700 MHz frequency is the most ideal frequency for LTE in Indonesia because of the broad coverage area, bandwidth availability, as well as the propagation loss is smaller than the other frequencies that have been operating in Indonesia. But, the 700MHz frequency is estimated ready in 2020. Determination of the number of sites is based on the calculation of coverage and capacity dimensioning. The selected location is considered by the location of the existing site in Malang and to minimize the blank spot area. This planning used *Atoll Radio Planning* software with Okumura - Hatta propagation model. Dimensioning calculation showed that the number of eNodeB that required in the planning is about 25 sites where 7 sites including a site recommendations and 18 sites using existing sites in Malang. The simulation results showed that this planning has the best signal level amounted to -62.15 dBm with signal levels well categorized, ie > -90 dBm is capable of covering an area of 106.09 km<sup>2</sup>. The value of average RSRP amounted to -95.04 dBm. The value of average throughput amounted to 68.135 Kbps, with the best throughput values (> 40 Mbps) covers an area of 98.2 km<sup>2</sup>.

**Key:** LTE, Atoll, RSRP, *throughput*

## I. PENDAHULUAN

*Long Term Evolution* (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) sebagai standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi untuk memperbaiki standar *mobile phone* generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3.5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G) [1].

Spektrum frekuensi LTE yang banyak digunakan di dunia saat ini adalah 700, 800, 1800, 2100, dan 2600 MHz. Penggunaan frekuensi 700 MHz merupakan yang paling ideal

untuk LTE di Indonesia. Frekuensi 700 MHz akan menghemat investasi pengembangan jaringan LTE secara nasional karena menggunakan *site* yang lebih sedikit jika dilihat dari sisi cakupan areanya sehingga pengeluaran akan lebih kecil [2]. Selain itu, frekuensi 700 MHz juga menawarkan penetrasi sinyal yang baik di dalam gedung, *basement* dan elevator [3].

Peningkatan penetrasi pengguna internet di Indonesia dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (2004-2014) rata-rata sebesar 3% per tahun. Pada tahun 2014 penetrasi pengguna internet telah mencapai 31% [4]. Sementara itu, trafik data *mobile* di Asia Tenggara dan Oceania jika dihitung dari tahun 2015 diprediksi akan meningkat sekitar 9 kali lipat pada 2020,

dan 40% jumlah pengguna *mobile* diantaranya telah menggunakan LTE [5].

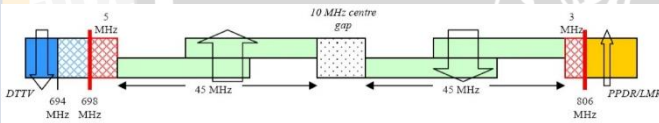
Namun seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pengguna LTE, trafik data akan meningkat, sehingga membutuhkan *bandwidth* yang lebih lebar. Berdasarkan hal tersebut maka akan dilakukan perencanaan LTE di Kota Malang pada frekuensi 700 MHz.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Standar Frekuensi 700 MHz

Berdasarkan keputusan ITU-R WRC07 untuk wilayah Asia Pasifik berada pada *region 3*, harus menggunakan *range* 694-806 MHz untuk *mobile broadband* (LTE/Wimax). Frekuensi LTE FDD berdasarkan APT-AWF14, Gambar 1 menunjukkan alokasi *bandwidth* yang dapat digunakan adalah 45 MHz dengan *guard band* 5 MHz pada 698-803 MHz, dan terdapat *center gap* sebesar 10 MHz. Sedangkan spektrum LTE TDD dapat menggunakan keseluruhan dari 694-806 MHz yaitu 108 MHz yang digunakan untuk *uplink* dan *downlink* secara bersamaan [1].

*Guard band* pada rentang 694-698 MHz berguna untuk memastikan tidak terjadi interferensi dari layanan televisi pada band yang berdekatan. Sedangkan *guard band* pada rentang 803-806 MHz berguna untuk menghindari interferensi dari layanan *radio trunking*.



Gambar 1 Alokasi frekuensi LTE FDD

### B. Prediksi Penduduk Kota Malang

Peramalan penentuan jumlah penduduk Kota Malang pada tahun 2020, dilakukan dengan menentukan model peramalan. Model peramalan (*trend*) yang digunakan berdasarkan statistik laju pertumbuhan penduduk tiap kecamatan selama 6 tahun terakhir serta nilai *error* (MSE) terkecil dari tabulasi data jumlah penduduk. Model peramalan yang dibandingkan untuk digunakan antara lain model linier, eksponensial dan parabolik [6].

#### a. Model Linier

$$Y_t = \alpha + bt \quad (1)$$

#### b. Model Eksponensial

$$Y_t = \alpha \cdot b^t \quad (2)$$

#### c. Model Parabolik

$$Y_t = \alpha + bt + ct^2 \quad (3)$$

dimana :

$Y_t$  = Penduduk pada tahun proyeksi t

$\alpha$  = Penduduk pada tahun dasar

$b$  = Rata-rata pertumbuhan penduduk

$t$  = Selisih tahun proyeksi dengan tahun dasar

### C. Coverage Dimensioning

*Coverage dimensioning* merupakan tahap awal pada perencanaan, yaitu melakukan perhitungan *link budget* yang bertujuan untuk menghitung nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) antara UE dan eNodeB [7].

Berdasarkan nilai MAPL akan dicari jari-jari sel berdasarkan *coverage dimensioning* sesuai dengan model propagasi yang digunakan. Perencanaan ini menggunakan model propagasi Okumura-Hatta. Persamaan 4 dan 5 merupakan model Okumura-Hatta yang digunakan pada perencanaan [8] :

#### a. Daerah Urban

$$MAPL_{urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log r \quad (4)$$

#### b. Daerah Suburban

$$MAPL_{SubUrban} = MAPL_{Urban} - 2 \left[ \log \left( \frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5,4 \quad (5)$$

dimana :

$h_{BTS}$  = Tinggi antenna BTS (m)

$h_{ms}$  = Tinggi antenna Mobile Station (m)

$r$  = Jarak BTS dengan Mobile Station

$C_1$  = 69,55 untuk  $400 \leq f \leq 1500$  MHz

$C_2$  = 26,16 untuk  $400 \leq f \leq 1500$  MHz

$a(h_{ms})$  = Faktor koreksi ketinggian antenna MS (m)

$a(h_{ms}) = [1,1 \log(f) - 0,7] h_{ms} - [1,56 \log(f) - 0,8]$   
(untuk *small city*)

### D. Capacity Dimensioning

Perhitungan *capacity dimensioning* bertujuan untuk mendapatkan *site* yang diperlukan dari sisi kapasitas kanal. Hal tersebut didapat berdasarkan *network throughput* yang dibutuhkan pada suatu daerah berbanding *throughput* yang mampu terlayani tiap sel.

*Throughput* tiap *user* pada kondisi jam sibuk dapat diperoleh dengan Persamaan 6 [9] :

$$SUT = \frac{\left( \frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times BHS \times PR \times (1 + PAR)}{3600} \quad (6)$$

dimana :

SUT = *Single User Throughput*

BHSA = *Service attempt in busy hour*

PR = Penetrasi jaringan tiap daerah

PAR = Penetrasi rata-rata tiap daerah

Rata-rata *throughput* sel DL dan UL didapatkan dengan menyesuaikan jenis modulasi, *code bit*, *code rate*, SINR, dan SINR *probability*.

$$DL \text{ Cap. +CRC} = (168 - 36 - 12) \times (\text{Code bits}) \times Nrb \times (\text{Code rate}) \times C \times 1000 \quad (7)$$

$$UL \text{ Cap. +CRC} = (168 - 24) \times (\text{Code bits}) \times Nrb \times (\text{Code rate}) \times C \times 1000 \quad (8)$$

dimana:

- CRC = 24
- 168 = Jumlah RE dalam 1 ms
- 36 = Jumlah *control channel* RE dalam 1 ms
- 12 = Jumlah RS RE *downlink* dalam 1 ms
- 24 = Jumlah RS RE *uplink* dalam 1 ms
- C = MIMO TRX

Sehingga untuk mendapatkan *throughput* tiap sel dalam level IP layer maka akan dikalikan dengan parameter pada *protocol layer*.

$$\frac{\text{Throughput}}{\text{Cell}} = (\text{DL or UL}) \text{ capacity } \times a \times b \times c \quad (9)$$

$$\text{Network Throughput} = (\text{SUT}) \times (\text{Tot. Target User}) \quad (10)$$

$$\text{Number of site} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Site Capacity}} \quad (11)$$

Dimana :

$$\text{Site Cap.} = \frac{\text{Throughput}}{\text{Cell}} \times \text{Num. of Antena Sectoral} \quad (12)$$

### E. Penggunaan Existing Sites di Kota Malang

Menara bersama adalah menara yang dapat digunakan secara bersama. Umumnya menara yang dapat digunakan secara bersama ini adalah tipe makro sel dimana memiliki ketinggian 22-100 meter [10]. Lokasi menara telekomunikasi di Kota Malang didapat dari Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Malang. Data tersebut akan digunakan sebagai arahan bagi peneliti untuk menentukan lokasi yang sesuai untuk lokasi eNodeB. Kemudian diolah menggunakan *software* Atoll untuk mendapatkan hasil arahan menara telekomunikasi yang dapat dialokasikan sebagai eNodeB. Pemilihan menara juga harus memperhatikan kualitas layanan jaringan yang akan dihasilkan, seperti *signal level*, RSRP dan *throughput*.

### F. Reference Signal Receive Power

*Reference Signal Receive Power* (RSRP) adalah *power* rata-rata pada RE yang membawa *reference signal* dalam *subcarrier*. UE mengukur *power* dari banyak *resource element* yang digunakan untuk membawa *reference signal* [11].

$$\text{RSRP} = P_t - L_p - L_{fad} \quad (13)$$

dimana :

RSRP = RSRP tiap *cell* n dan *user* (dBm)

$P_t$  = Daya transmisi eNB (dBm)

$L_p$  = *Path loss* (dB)

$L_{fad}$  = *Shadowing* dengan log-normal dan deviasi (dB)

Adapun nilai pelaporan RSRP berdasarkan 3GPP didefinisikan memiliki nilai minimum -140 dBm.

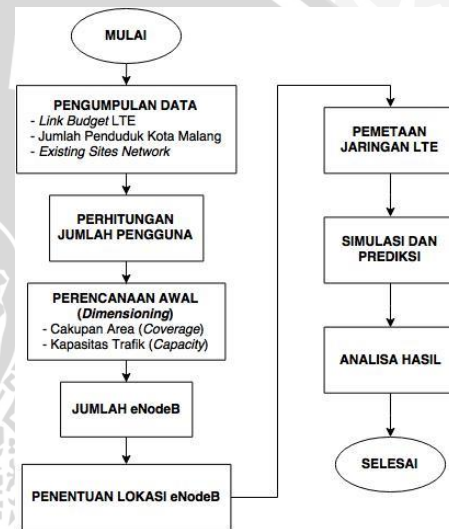
### G. Software Atoll Radio Planning

Atoll *Radio Planning* adalah *software* desain jaringan dan optimasi yang mendukung operator nirkabel di seluruh level jaringan, mulai dari perencanaan awal untuk densifikasi dan optimasi nirkabel. Atoll mendukung *multi-format* dan multi-

resolusi data geografi. Resolusi tinggi *datasheet* perkotaan dan nasional didukung dan ditampilkan secara interaktif sebagai beberapa lapisan termasuk teknik dan prediksi plot. Atoll juga dilengkapi dengan vektor kartografi *editor* terpadu dan terintegrasi dengan alat GIS (*Geographic Information System*) terkemuka seperti *MapInfo* dan *ArcView* [12].

## III. METODE

Proses perencanaan ini secara umum terdiri dari beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, perencanaan awal wilayah, penentuan jumlah eNodeB yang dibutuhkan, penentuan lokasi eNodeB, pemetaan jaringan LTE, simulasi dan prediksi perencanaan, serta analisa hasil perencanaan.



Gambar 2 Diagram alir metode penelitian

Perencanaan ini menggunakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang tidak langsung didapat oleh peneliti, misalnya penelitian orang lain atau mencari melalui dokumen, baik dokumen dari instansi pemerintah ataupun literatur. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yang berasal dari *manufacture* telekomunikasi, jurnal, dinas terkait serta *text book*. Data spesifikasi perangkat yang dikumpulkan adalah spesifikasi eNodeB dan UE. Spesifikasi tersebut akan digunakan sebagai nilai parameter perhitungan *link budget* pada *coverage planning*.

Tabel 1 Data dan sumber yang digunakan dalam penelitian

No	Data	Sumber
1	Jumlah penduduk Kota Malang	Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil
2	Persentase penetrasi internet dan pengguna internet <i>mobile</i>	Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet (2014)
3	Persentase pengguna LTE pada 2020	Ericsson <i>Mobility Report</i> (2014)
4	Spesifikasi eNodeB dan UE	LTE <i>Encyclopedia</i> Huawei Technologies (2010) LTE for UMTS (2011)
5	Contoh trafik model layanan	Huawei Technologies (2010)
6	<i>Existing sites network</i>	Dinas Komunikasi dan Informasi

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Perhitungan Jumlah Penduduk Tahun 2020

Model peramalan (trend) yang digunakan berdasarkan nilai *error* (MSE) terkecil dari tabulasi data penduduk tiap kecamatan selama 6 tahun terakhir. Dari hasil tabulasi tersebut didapatkan nilai MSE terkecil yaitu trend kuadratik. Sehingga, perhitungan prediksi jumlah penduduk menggunakan trend kuadratik.

Tabel 2 Perbandingan nilai MSE antar model peramalan

Kecamatan	MSE		
	Linier	Kuadratik	Eksponensial
Blimbing	13.128.307	9.914.772	13.547.790
Klojen	5.058.463	4.860.163	5.067.374
Kedung Kandang	21.146.290	8.821.561	14.035.147
Sukun	2.265.329	2.096.217	2.344.727
Lowokwaru	63.351.868	31.841.976	62.284.112

Dengan menggunakan trend kuadratik akan didapatkan persamaan kuadratik tiap kecamatan, kemudian didapatkan prediksi jumlah penduduk seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Prediksi jumlah penduduk Kota Malang pada 2020

Kecamatan	Jumlah Penduduk 2020	Luas Wilayah ( $km^2$ )	Kepadatan Penduduk per $km^2$
Blimbing	180.067	17,77	10.133
Klojen	105.471	8,83	11.944
Kedung Kandang	188.473	36,89	5.109
Sukun	209.942	20,97	10.011
Lowokwaru	245.922	22,6	10.881
<b>Jumlah</b>	<b>929.425</b>	<b>107,06</b>	<b>-</b>

Jumlah pengguna LTE didapat dengan mengalikan prediksi jumlah penduduk setiap kecamatan pada tahun 2020 dengan nilai presentase rata-rata pengguna *mobile internet* berdasarkan usia, nilai persentase penetrasi pengguna internet di Jawa Timur, nilai persentase pengguna internet melalui perangkat *mobile* di Jawa dan Bali serta nilai persentase pengguna LTE di Asia Pasifik pada tahun 2020.

Tabel 4 Prediksi jumlah pengguna LTE di Kota Malang

Kecamatan	Prediksi Penduduk 2020	Faktor Pengali			Pengguna LTE 40%
		Usia Pengguna 77,78%	Penetrasi Internet 49%	Pengguna Mobile 92%	
Blimbing	180.067	140.049	68.624	63.134	25.254
Klojen	105.471	82.031	40.195	36.979	14.792
Kedung Kandang	188.473	146.587	71.828	66.081	26.433
Sukun	209.492	162.934	79.838	73.451	29.380
Lowokwaru	245.922	191.268	93.722	86.224	34.490
<b>Total</b>	<b>929.425</b>	<b>722.869</b>	<b>354.206</b>	<b>325.870</b>	<b>130.348</b>

Dari hasil perkalian prediksi penduduk dengan beberapa faktor pengali tersebut akan didapatkan jumlah pengguna LTE

pada tahun 2020 di Kota Malang sejumlah 130.348 pengguna seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Pada peta *clutter* Kecamatan Kedung Kandang terdapat penyebaran penduduk yang tidak merata. Berdasarkan data penyebaran penduduk per kelurahan pada 2015, sekitar 49,84% penduduk Kedung Kandang hanya tersebar pada 4 kelurahan di dekat pusat Kota, diantaranya Kelurahan Sawojajar, Mergosono, Kotalama, dan Lesanpuro. Oleh sebab itu Kecamatan Kedung Kandang akan dikategorikan ke dalam 2 tipe daerah, urban dan suburban. Penyebaran penduduk Kecamatan Kedung Kandang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Penyebaran penduduk Kedung Kandang

Daerah	Luas Wilayah ( $km^2$ )	Jumlah Pengguna	Pengguna per $km^2$
Urban	6,97	13.174	1.890
Suburban	29,92	13.259	443

##### B. Coverage Dimensioning

*Coverage dimensioning* merupakan langkah perencanaan jaringan dari spesifikasi alat dan parameter *input* jaringan secara teknik, diantaranya dengan mempertimbangkan daya pancar, daya terima, *path loss*, sensitivitas alat, dan lain-lain. Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui luas wilayah cakupan sebuah eNodeB. Kemudian akan didapatkan jumlah eNodeB yang dibutuhkan berdasarkan *coverage dimensioning*.

Tabel 6 menunjukkan *link budget* arah *uplink*. Perhitungan *link budget* arah *uplink* menghasilkan nilai MAPL (*Maximum Allowed Path Loss*) sebesar 152,09 dB.

Tabel 6 *Link budget* LTE arah *uplink*

Parameter	Satuan	Unit / Formula	Nilai
eNodeB Height	m	-	30
UE Height	m	-	1,5
Bandwidth	MHz	A	20
Resource Block	-	$B = A / (12 \times 15 \text{ kHz})$	100
Allocated RBs	-	C	8
Max Total Tx Power	dBm	D	23
Subcarr. to Distribute Power	-	$E = 12 \times C$	96
Subcarrier Power	dBm	$F = D - 10 \log E$	3,18
Tx Body Loss	dB	G	0
EIRP per Subcarrier	dBm	$H = F - G$	3,18
SINR	-	I	-5
Rx Noise Figure	dB	J	2,3
Thermal Noise	dBm	$K = 10 \log (1.38 \times 10^{-23} \times T \times A \times 1000)$	-132,22
Receiver Sensitivity	dBm	$L = I + J + K$	-134,92
Rx Antenna Gain	dB	M	15
Rx Cable Loss	dB	N	0
Interference Margin	dB	O	1
MSRS	dBm	$P = L - M + N + O$	-148,92
<b>PATH LOSS</b>	dB	$S = H - P$	<b>152,09</b>

Tabel 7 menunjukkan *link budget* arah *downlink*. Perhitungan *link budget* arah *downlink* menghasilkan nilai MAPL (*Maximum Allowed Path Loss*) sebesar 150,42 dB.

Tabel 7 *Link budget* LTE arah *downlink*

Parameter	Satuan	Unit / Formula	Nilai
eNodeB Height	m	-	30
UE Height	m	-	1,5
Bandwidth	MHz	A	20
Resource Block	-	$B = A / (12 \times 15 \text{ kHz})$	100
Allocated RBs	-	C	100
Max Total Tx Power	dBm	D	46
Subcarr. to Distribute Power	-	$E = 12 \times C$	1200
Subcarrier Power	dBm	$F = D - 10 \log E$	15,21
Tx Antenna Gain	dBi	G	15
Tx Cable Loss	dB	H	2
EIRP per Subcarrier	dBm	$I = F + G - H$	28,21
SINR	-	J	-1
Rx Noise Figure	dB	K	7
Thermal Noise	dBm	$L = 10 \log (1.38 \times 10^{-23} \times T \times A \times 1000)$	-132,22
Receiver Sensitivity	dBm	$M = J + K + L$	-126,22
Rx Antenna Gain	dBi	N	0
Rx Cable Loss	dB	O	0
Interference Margin	dB	P	4
MSRS	dBm	$Q = M - N + O + P$	-122,22
<b>PATH LOSS</b>	dB	$T = I - Q$	150,42

Berdasarkan perhitungan *link budget* sebelumnya, MAPL yang digunakan dalam perhitungan jari-jari sel adalah MAPL dengan nilai terkecil yaitu MAPL *downlink*. Hal ini dikarenakan makin kecil MAPL maka jari-jari sel akan makin kecil. Sehingga sisi *uplink* dan *downlink* dapat tercakup sepenuhnya.

Tabel 8 *Path loss* berdasarkan morfologi area

Parameter	Urban	Suburban
MAPL (dB)	150,42	150,42
Penetration Loss (dB)	14	10
Shadow Fading Margin (dB)	8	2,8
Standard deviation (dB)	6	6
Average Power Loss of Delay Spread (dB)	3	9
<b>Path Loss per Clutter Type (dB)</b>	<b>125,42</b>	<b>128,62</b>
<b>Jari-jari Sel (km)</b>	<b>1,13</b>	<b>2,56</b>

Tabel 9 menunjukkan nilai jari-jari sel dan luas sel yang didapat menggunakan model propagasi Okumura-Hatta. Kemudian untuk menentukan jumlah sel, dapat dihitung dengan membagi luas area tiap kecamatan di Kota Malang dengan besar luas sel.

Tabel 9 Jumlah eNodeB berdasarkan *coverage dimensioning*

Kecamatan	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Jari-jari sel (r)	Luas Sel (km <sup>2</sup> )	Jumlah eNodeB
Blimbing	17,77	1,13	6,473	3
Klojen	8,83	1,13	6,473	1
Kedung Kandang	36,89	2,56	33,227	2
Sukun	20,97	1,13	6,473	3
Lowokwaru	22,6	1,13	6,473	4

Berdasarkan *coverage dimensioning* didapatkan jumlah eNodeB yang diperlukan untuk perencanaan di Kota Malang

sebanyak 13 *site* dan 39 sel dimana setiap *sitenya* mempunyai 3 sel karena menggunakan antena 3-*sectoral*.

### C. Capacity Dimensioning

Jumlah eNodeB yang diperlukan secara *capacity dimensioning* bergantung dari *network throughput* tiap kecamatan berbanding dengan besarnya kapasitas sel. Pada Tabel 10 dan 11 menunjukkan nilai tersebut beserta jumlah eNodeB yang dibutuhkan tiap kecamatan.

Tabel 10 Jumlah eNodeB Kecamatan Blimbing, Klojen dan Kedung Kandang

Item	Blimbing (Urban)		Klojen (Urban)		Kedung Kandang (Urban)	
	DL	UL	DL	UL	DL	UL
Total Pengguna di 2020	25.254		14.792		13.174	
Total Network Throughput (IP Layer) (Mbps)	1.015	269,38	594,95	157,8	529,87	140,52
Throughput per Cell (Mbps)	68,86	82,64	68,86	82,64	68,86	82,64
Site Capacity (Mbps)	206,6	247,91	206,6	247,9	206,6	247,91
Jumlah eNodeB	5	1	3	1	2	1
Jumlah eNodeB	5		3		2	
Jumlah Pengguna per eNodeB	5.136		5.136		5.136	
Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	17,77		8,83		6,97	
Luas Sel (km <sup>2</sup> )	3,61		3,07		2,72	
Radius Sel (km)	0,84		0,78		0,73	

Tabel 11 Jumlah eNodeB Kecamatan Sukun dan Lowokwaru

Item	Kedung Kandang (Sub Urban)		Sukun (Urban)		Lowokwaru (Urban)	
	DL	UL	DL	UL	DL	UL
Total Pengguna di 2020	13.259		29.380		34.490	
Total Network Throughput (IP Layer) (Mbps)	287,9	81,79	1.181	313,4	1.387	367,90
Throughput per Cell (Mbps)	68,86	82,64	68,86	82,64	68,86	82,64
Site Capacity (Mbps)	206,6	247,91	206,6	247,9	206,6	247,91
Jumlah eNodeB	2	1	6	1	7	1
Jumlah eNodeB	2		6		7	
Jumlah Pengguna per eNodeB	9.154		5.136		5.136	
Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	29,92		20,97		22,6	
Luas Sel (km <sup>2</sup> )	21,47		3,67		3,37	
Radius Sel (km)	2,06		0,85		0,81	

Berdasarkan *capacity dimensioning*, perencanaan ini membutuhkan 25 eNodeB dengan total 75 sel. Setiap eNodeB dapat melayani sejumlah 5.136 pengguna pada daerah urban dan 9.154 pengguna pada daerah suburban.

**D. Jumlah eNodeB Yang Digunakan**

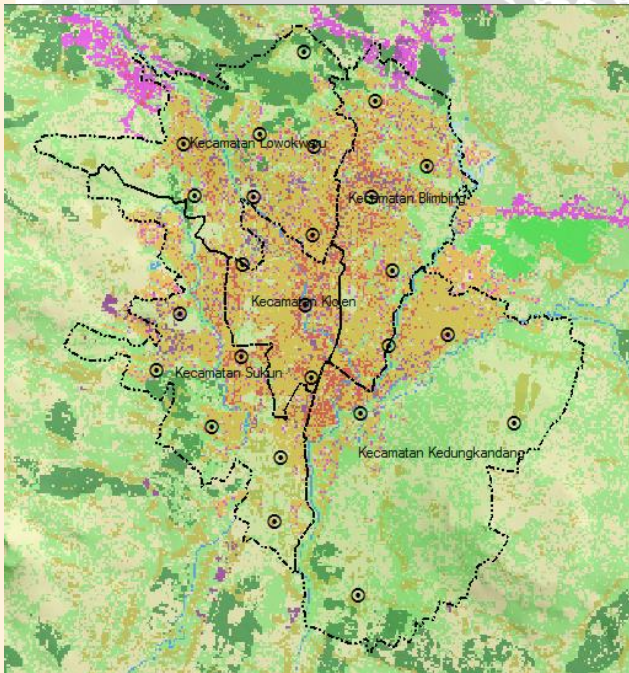
Tabel 12 menunjukkan perbedaan eNodeB yang dibutuhkan dari *coverage* dan *capacity*. Kebutuhan dari sisi *capacity* lebih besar dari sisi *coverage*. Maka dalam perencanaan lokasi eNodeB menggunakan kebutuhan eNodeB yang paling banyak, yaitu sejumlah 25 eNodeB.

Tabel 12 Jumlah eNodeB berdasarkan *coverage* dan *capacity*

Kecamatan	Luas Wilayah km <sup>2</sup>	Morfologi Area	Jumlah eNodeB	
			Coverage	Capacity
Blimbing	17,77	Urban	3	5
Klojen	8,83	Urban	1	3
Kedung Kandang	6,97	Urban	2	2
Sukun	29,92	Sub Urban	3	6
Lowokwaru	22,6	Urban	4	7
<b>Jumlah</b>	-	-	<b>13</b>	<b>25</b>

**E. Pemetaan eNodeB Pada Software Atoll**

Penentuan lokasi site mengacu pada lokasi menara tower bersama *existing*. Jika, terdapat lokasi yang tidak terdapat menara *existing* maka akan diberikan rekomendasi lokasi menara baru yang sesuai dengan pertimbangan cakupan area. Gambar 3 merupakan rekomendasi lokasi *site* yang digunakan pada perencanaan ini yang terdiri dari 25 *site*.



Gambar 3 Rekomendasi lokasi eNodeB di Kota Malang pada software Atoll

Gambar 3 menunjukkan terdapat 25 site yang digunakan, 18 *site* diantaranya menggunakan *existing sites* di Kota Malang dan 7 *site* merupakan rekomendasi lokasi *site* baru yang perlu dibangun untuk memaksimalkan cakupan area. Lokasi *site* rekomendasi diantaranya 2 *site* berada di Kecamatan Blimbing, 1 *site* di Kecamatan Kedung Kandang, 2 *site* di Kecamatan Lowokwaru, dan 2 *site* di Kecamatan

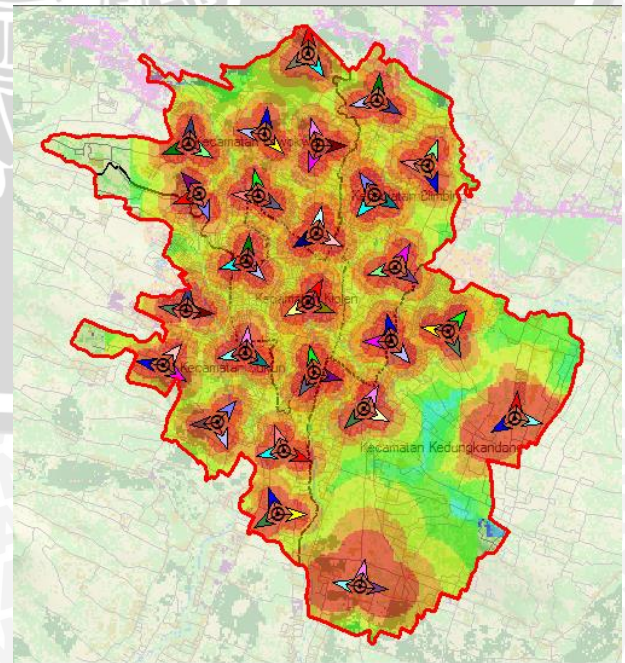
Sukun. Penentuan letak *site* eNodeB dalam skripsi ini berdasarkan efisiensi area yang tercakup *site* terhadap area total Kota Malang serta memperhatikan kepadatan pengguna berdasarkan penyebaran penduduk pada peta *clutter* di daerah yang terlayani tiap sel.. Koordinat lokasi yang digunakan tertera pada Tabel 13.

Tabel 13 Koordinat lokasi *site* rekomendasi Kota Malang

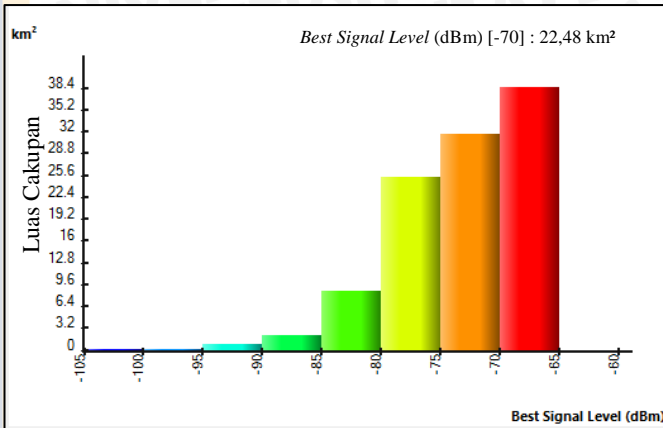
No	Nama / Lokasi Site	Koordinat		Kecamatan
		Longitude	Latitude	
1	Jl. Karya Timur	112,64546	-7,949081	Blimbing
2	Jl. Ters. Grajakan	112,65781	-7,947974	
3	Recom 1	112,64908	-7,928171	
4	Recom 2	112,65122	-7,966455	Kedung Kandang
5	Bumi ayu	112,63391	-8,017267	
6	Jl. Wisnu Wardhana	112,66522	-7,981671	Klojen
7	Recom 3	112.66241	-8.018790	
8	Jl. JA. Soprapto	112,63048	-7,973545	
9	Pasar Besar	112,63251	-7,988248	Lowokwaru
10	Tidar Dieng	112,61196	-7,977442	
11	Dsn. Kasur Tasikmadu	112,63006	-7,916753	
12	Jl. Melati	112,63217	-7,957850	Sukun
13	Jl. Pinang Merah	112,61887	-7,949375	
14	Jl. Sudimoro	112,62871	-7,935593	
15	Recom 4	112,61648	-7,927973	Sukun
16	UNIGA	112,60182	-7,939965	
17	Jl. Bend. Nawangan	112,61075	-7,962482	
18	Jl. M. Rasid Mulyorejo	112,59561	-7,984377	
19	Recom 5	112,59579	-7,952150	
20	Recom 6	112,61233	-7,999910	
21	Recom 7	112,58184	-7,944671	

**F. Distribusi Level Daya Terima**

Dari hasil prediksi mendapatkan nilai *best signal level* rata-rata -62,15 dBm. *Signal level* yang dikategorikan baik, yaitu >-90 dBm mampu mencakup daerah seluas 106,09 km<sup>2</sup>. Hasil prediksi *signal level* pada software Atoll ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Prediksi *signal level* pada software Atoll di Kota Malang

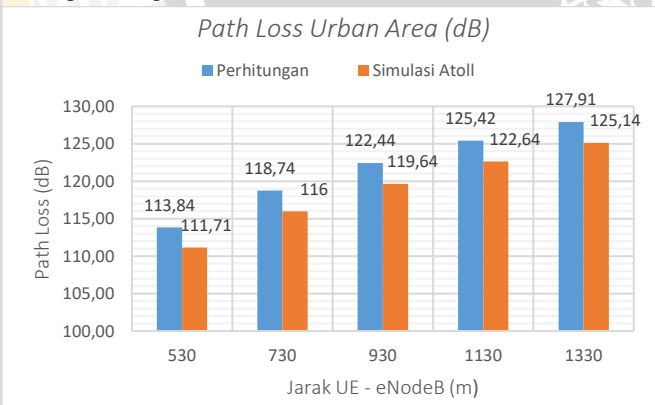


Gambar 5 Histogram *signal level* di Kota Malang

Pada Gambar 5 terlihat distribusi level daya pada perencanaan ini tergolong baik, karena sebagian besar area tercapai *signal level*  $\geq -90$  dBm. Daerah yang memiliki *signal level* kurang baik ( $\leq -90$  dBm) berada di wilayah suburban yang berbatasan dengan daerah lain.

### G. Analisa Model Propagasi Okumura-Hatta

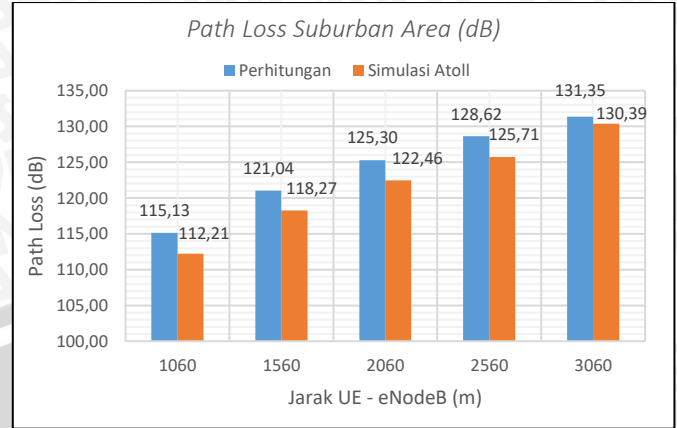
Pada skripsi ini propagasi yang digunakan adalah model Okumura-Hatta. Atoll menghitung *path loss* setiap piksel peta digital menggunakan model tersebut pada simulasi prediksi liputan. Pemetaan digolongkan secara umum berdasarkan karakteristik *clutter* setiap kecamatan. Golongan tersebut terdiri menjadi 2 kategori *clutter*, yaitu *urban* dan *suburban*. Gambar 6 dan 7 menunjukkan perbandingan nilai *path loss* hasil pengukuran Atoll dan perhitungan *dimensioning* terhadap jarak UE dan eNodeB berdasarkan *clutter* area masing-masing daerah.



Gambar 6 Grafik perbandingan nilai *path loss* daerah urban

Perbandingan nilai grafik di atas menggunakan perhitungan model propagasi Okumura-Hatta pada daerah urban. Sehingga simulasi Atoll juga mengambil sample sel dari daerah urban. Hasil simulasi pada grafik merupakan nilai *path loss* pada sel Jl.Karya Timur\_2 di Kecamatan Blimbing.

Terdapat perbedaan nilai *path loss* rata-rata sebesar 2,64 dB antara hasil simulasi Atoll dan perhitungan *dimensioning* dimana nilai perhitungan selalu lebih besar.



Gambar 7 Grafik perbandingan *path loss* daerah suburban

Perbandingan nilai *path loss* dari grafik Gambar 7 menggunakan perhitungan model propagasi Okumura-Hatta pada daerah suburban. Sehingga simulasi Atoll juga mengambil contoh sel dari daerah suburban. Hasil simulasi Atoll pada grafik merupakan nilai *path loss* pada sel Ds. Baran Tempuran\_3 di Kecamatan Kedung Kandang.

Terdapat perbedaan nilai *path loss* rata-rata sebesar 2,48 dB antara hasil simulasi Atoll dan perhitungan *dimensioning* dimana nilai perhitungan juga selalu lebih besar.

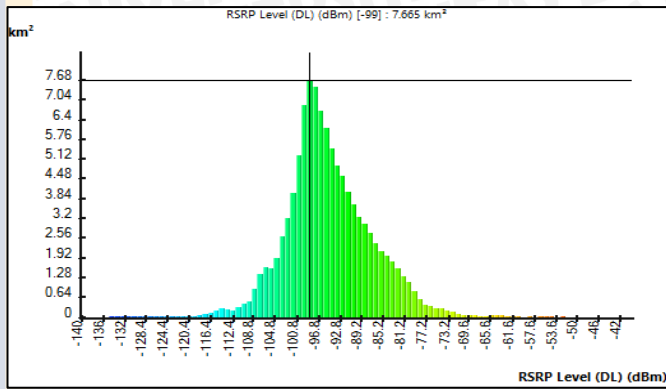
Nilai *path loss* hasil pengukuran Atoll dan perhitungan *dimensioning* untuk setiap daerah memiliki perbedaan rata-rata dengan selisih 2,64 dB untuk urban dan 2,48 dB untuk suburban. Standar deviasi untuk nilai *path loss* hasil pengukuran dan perhitungan yang diizinkan adalah maksimal sebesar 14 dB sehingga prediksi yang dilakukan Atoll pada perencanaan ini dapat digunakan.

### H. Distribusi Reference Signal Receive Power (RSRP)

Pada simulasi distribusi *signal level* menunjukkan nilai-nilai parameter *power* yang ditransmisikan menuju *user*. Sedangkan *Reference Signal Receive Power* (RSRP) adalah *power* rata-rata pada RE yang membawa *reference signal* dalam *subcarrier*. UE mengukur *power* dari banyak *resource element* yang digunakan untuk membawa *reference signal*.

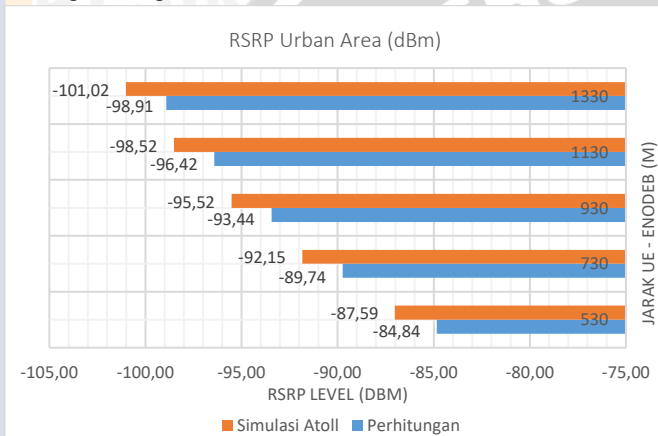
Hasil simulasi Atoll menunjukkan nilai rata-rata RSRP yang diperoleh pada keseluruhan area Kota Malang adalah -95,04 dBm. Nilai RSRP dengan cakupan terluas yaitu -99 dBm dengan luas 7,665 km<sup>2</sup>. Adapun nilai pelaporan RSRP berdasarkan 3GPP didefinisikan memiliki nilai minimum -140 dBm.

Histogram menunjukkan persebaran nilai RSRP yang diperoleh pengguna di area Kota Malang terhadap luas cakupannya. Histogram distribusi RSRP terhadap luas area dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 8.



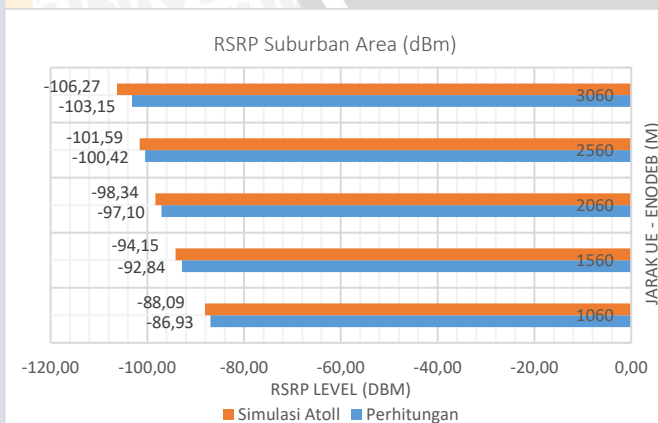
Gambar 8 Histogram distribusi parameter RSRP

Kemudian pada Gambar 9 dan 10 menunjukkan perbandingan nilai RSRP hasil simulasi Atoll dan perhitungan rumus terhadap jarak UE dan eNodeB berdasarkan clutter area masing-masing daerah.



Gambar 9 Grafik perbandingan nilai RSRP di daerah urban

Nilai RSRP berdasarkan perhitungan pada grafik di atas menggunakan nilai *path loss* perhitungan *dimensioning* daerah urban. Sehingga simulasi Atoll juga mengambil contoh sel dari daerah urban. Hasil simulasi pada Gambar 9 merupakan nilai RSRP pada sel Jl. Karya Timur\_2 Kecamatan Blimbing. Terdapat perbedaan nilai RSRP rata-rata sebesar 2,29 dBm antara hasil simulasi Atoll dan perhitungan rumus dimana nilai perhitungan selalu lebih baik.

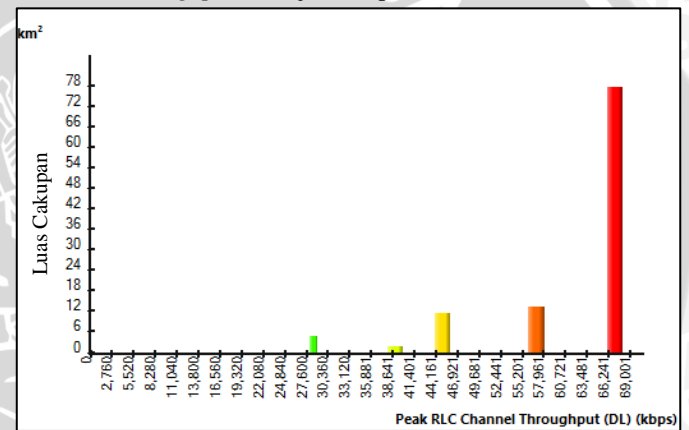


Gambar 10 Grafik perbandingan nilai RSRP daerah suburban

Nilai RSRP berdasarkan perhitungan pada Gambar 10 menggunakan nilai *path loss* perhitungan *dimensioning* daerah suburban. Sehingga simulasi Atoll juga mengambil contoh sel dari daerah suburban. Hasil simulasi pada grafik merupakan nilai RSRP pada sel Ds Baran Tempuran\_3 di Kecamatan Kedung Kandang. Terdapat perbedaan nilai RSRP rata-rata sebesar 1,6 dBm antara hasil simulasi Atoll dan perhitungan rumus dimana nilai perhitungan lebih baik.

### I. Distribusi Throughput

Nilai parameter *throughput* dipengaruhi oleh kualitas kanal, semakin besar nilai *Channel Quality Indicator* (CQI) maka semakin besar pula *throughput* yang didapatkan begitu sebaliknya. Pada perencanaan ini, kontur lahan di Kota Malang sangat mempengaruhi kualitas kanal, karena berada pada daerah dataran tinggi dengan kondisi ketinggian yang beragam. Sehingga terdapat peluang mendapatkan nilai CQI yang kecil terutama pada daerah suburban. Histogram distribusi *throughput* ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Histogram distribusi *throughput*

Simulasi nilai distribusi *throughput* puncak yang diperoleh sebesar 68.135 Kbps. Dan distribusi nilai *throughput* terbaik, > 40 Mbps, berhasil mencakup area seluas 98,2 km<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa DL *throughput* tertinggi hampir menyamai kapasitas *throughput* per *cell* yang dapat dilayani pada perhitungan yang diperkirakan sebesar 68.860 Kbps.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi dalam perencanaan jaringan LTE di Kota Malang maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Prediksi jumlah pengguna LTE di Kota Malang pada tahun 2020 sebanyak 130.348 jiwa di 5 kecamatan.
2. Jumlah site eNodeB yang diperlukan dalam perencanaan sejumlah 25 site dan 75 sel, 18 *site* diantaranya menggunakan *existing sites* di Kota Malang dan 7 *site* merupakan rekomendasi lokasi *site* baru.



3. Penentuan letak *site* eNodeB dalam skripsi ini berdasarkan efisiensi area yang tercakup *site* terhadap area total Kota Malang serta memperhatikan kepadatan pengguna berdasarkan penyebaran penduduk pada peta *clutter* di daerah yang terlayani tiap sel.
4. Berdasarkan simulasi Atoll, perencanaan ini mempunyai nilai signal level rata-rata -62,15 dBm dengan *signal level* yang dikategorikan baik, yaitu >-90 dBm mampu mencakup daerah seluas 106,09 [km]<sup>2</sup>. Nilai rata-rata RSRP yang diperoleh adalah -95,04 dBm dimana sebagian besar cakupan dalam kondisi normal. Nilai tersebut masih berada di bawah nilai minimum RSRP yang diizinkan, yaitu -140 dBm. Nilai throughput tertinggi yang diperoleh sebesar 68.135 Kbps. Hal ini menunjukkan bahwa DL *throughput* tertinggi hampir menyamai kapasitas *throughput* per sel yang dapat dilayani pada perhitungan yang diperkirakan sebesar 68.860 Kbps. Perbedaan nilai path loss yang didapat antara hasil simulasi dan perhitungan *dimensioning* masih dalam standar deviasi dengan selisih sebesar 2,64 dB untuk daerah urban dan 2,48 dB untuk suburban. Sedangkan perbedaan rata-rata nilai RSRP hasil simulasi dan perhitungan sebesar 2,29 dBm untuk daerah urban dan 1,6 dBm untuk daerah suburban. Standar deviasi untuk nilai *path loss* hasil pengukuran dan perhitungan yang diizinkan adalah maksimal sebesar 14 dB sehingga prediksi yang dilakukan Atoll pada perencanaan ini dapat digunakan.

## B. Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai waktu yang tepat untuk implementasi LTE pada frekuensi 700 MHz serta pembagian *bandwidth* setiap operator yang disesuaikan dengan kemampuan operator seluler di Indonesia.

Penelitian selanjutnya dapat menganalisa perbandingan performa jaringan berdasarkan besar alokasi *bandwidth* atau model propagasi yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, hendaknya penentuan trafik pengguna dapat diamati lebih detail dengan memperhatikan kepadatan pengguna tiap kelurahan atau skala yang lebih kecil. Sehingga cakupan sel dapat dioptimalkan ke daerah padat pengguna dengan menggunakan pembelahan sel.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Usman, U.K., Galuh, P., Denny, K.H., Sigit, D.P. 2013. Fundamental Teknologi Seluler LTE. Bandung: Rekayasa Sains.
- [2] Aryanta, Dwi. 2012. Analisis Pengalokasian Frekuensi Teknologi Long Term Evolution (LTE) Di Indonesia. Jurnal Informatika. 3 (3): 48-58.
- [3] ZTE Corporation. 2013. APT 700MHz Best Choice For Nationwide Coverage. London: GSM Association.
- [4] Asosiasi Penyedia Jasa Internet Indonesia. 2015. Profil Pengguna Internet Indonesia 2014. Jakarta: Perpustakaan Nasional RI.
- [5] Ericsson. 2015. Ericsson Mobility Report. Stockholm: Ericsson.
- [6] Isserman, Andrew. 1977. Accuracy of Population Projections for Sub-county Areas. *Journal of American Institute of Planners*. Vol 43, pp- 247- 59.
- [7] Holma, Harri., Toskala, Antti. 2009. LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- [8] Huawei Technologies. 2010. LTE Radio Network Coverage Dimensioning. Shenzhen: Huawei Industrial Base.
- [9] Huawei Technologies. 2010. LTE Radio Network Capacity Dimensioning. Shenzhen: Huawei Industrial Base.
- [10] Ditjen Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi. Jakarta: Ditjen Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum.
- [11] Jansen, Thomas., Balan, Irina., Turk, John., Moerman, I., Kurner, T. 2010. Handover Parameter Optimization in LTE Self-Organizing Networks. Ottawa : IEEE Vehicular Technology Conference.
- [12] Forsk. 2011. Atoll User Manual LTE. Blagnac: Forsk.